

TUGAS AKHIR

ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN PADA FEEDER JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN 20 kV DI PT.PLN RAYON NATAL DI MUARASOMA,KAB.MANDAILING NATAL

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)

Disusun Oleh:

YUSUF AFANDY

NPM : 1307220046



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yusuf Afandy

NPM : 1307220046

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisa Perbaikan Drop Tegangan Pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan 20 kV Di PT.PLN Rayon Natal Di Muarasoma,Kab.Mandailing Natal

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Ir. Abdul azis hutasuhut, M.M

Dosen Pembimbing II

Elvy Sahnur Nasution, ST, M.Pd

Dosen Pembimbing I

Indra roza, ST, MT

Dosen Pembimbing II

Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yusuf Afandy
Tempat/tgl. Lahir : Simpanggambir, 08 oktober 1994
NPM : 1307220046
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

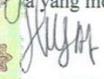
Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

Analisa Perbaikan Drop Tegangan Pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan 20 kV Di PT.PLN Rayon Natal Di Muarasoma, Kab.Mandailing Natal.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

dan, 15 Maret 2019
a yang menyatakan,

Yusuf Afandy



ABSTRAK

Pada penyaluran energi listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi teknis (losses), yaitu rugi daya dan rugi energi, mulai dari pembangkit, transmisi, dan distribusi. Seiring berkembangnya suatu daerah kebutuhan akan tenaga listrik akan selalu meningkat. Dalam penyaluran energi listrik terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi diantaranya adalah jatuh tegangan (drop tegangan). Drop tegangan termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Untuk mengatasi hal tersebut terdapat beberapa metode yang biasa digunakan untuk memperbaiki jatuh tegangan, adapun metodenya yang biasa digunakan adalah dengan pemasangan kapasitor bank, dan memperbesar luas permukaan penampang saluran distribusi. Pemasangan kapasitor bank fungsinya untuk memperkecil arus yang mengalir pada penghantar serta untuk memperbaiki faktor daya sehingga akan mengurangi besarnya rugi—rugi dan daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi. Dalam penelitian ini drop tegangan sebelum pemasangan kapasitor pada feeder GH kota Panyabungan 1,1 kV dan pada feeder Muarasoma 1,2 kV. Setelah pemasangan kapasitor drop tegangan pada feeder GH kota Panyabungan -1,541 kV dan feeder Muarasoma 1,0 kV. Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui bagaimana menganalisa perbaikan drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT. PLN Rayon Natal di Muarasoma. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa penambahan kapasitor sangat berpengaruh dalam perbaikan drop tegangan, semakin banyak kapasitor yang dipasang maka akan semakin kecil drop tegangan yang terjadi, begitu pula sebaliknya.

Kata kunci : Rugi-Rugi, Drop Tegangan, Kapasitor.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH.SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar MUHAMMAD SAW yan mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “Analisa Perbaikan Drop Tegangan Pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan 20 kV di PT.PLN Rayon Natal Di Muarasoma,Kab.Mandailing Natal.”

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Kayamuddin) tersayang dan ibunda (Yusniar) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
3. Bapak Munawar Alfansury, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Ir.Abdul Azis Hutasuhut,M.M. selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Elvy Sahnur Nasution, ST,M.Pd. selaku Dosen Pembimbing II dikampus yang selalu sabar membimbing dan memberikan pengarahan penulis dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini.
7. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Segenap, kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2013 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa. Salam Kompak.
9. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 15 Maret 2019
Penulis

Yusuf Afandy
1307220046

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Jaringan Distribusi	9
2.3 Saluran Distribusi	10
2.4 Pembagian Dari Sistem Distribusi	11
2.5 Drop Tegangan.....	12
2.5.1 Kapasitor Sebagai Perbaikan Jatuh Tegangan	16
2.5.2 Perbaikan Faktor Daya.....	16
2.6 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	16
2.7 Konfigurasi Jaringan Distribusi.	19
2.7.1 Konfigurasi Radial.	19
2.7.2 Konfigurasi Loop	20
2.7.3 Konfigurasi Spindle	21
2.8 Rugi-Rugi Energi	22
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian	24
3.2 Jadwal Penelitian	24

3.3 Perlengkapan Yang Digunakan Dalam Penelitian	25
3.3.1 Perangkat Lunak	25
3.3.2 Perangkat Keras	25
3.4 Jenis Data Penelitian	25
3.5 Sumber Data.....	26
3.6 Proses Jalannya Penelitian	27
3.7 Flowchart Penelitian.	28
BAB 4 ANALISA DAN PEMABAHASAN.....	29
4.1 Jenis Penelitian	29
4.2 Deskripsi Data	29
4.2.1 Gambar Satu Garis Diagram Feeder.....	31
4.3 Perhitungan Yang Dilakukan.....	31
4.3.1 Perhitungan Jatuh Tegangan Sebelum Dipasang Kapasitor GH Kota Padang Sidempuan Sebelum Penambahan Kapasitor.....	31
4.3.2 Perhitungan Pemasangan Kapasitor... ..	35
4.3.3 Setelah Pemasangan Kapasitor	52
4.3.4 Grafik perbandingan tegangan sesudah penambahan kapasitor di GH Panyabungan.....	55
4.3.5 Grafik perbandingan tegangan sesudah penambahan kapasitor di feeder Muarasoma.....	55
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Ekuivalen Saluran Distribusi.....	13
Gambar 2.2 Segitiga Impedansi.....	13
Gambar 2.3 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik.....	17
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	28
Gambar 4.2.1 Satu Garis Diagram Feeder.....	31
Gambar 4.2.2 Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum Penambahan Kapasitor Pada GH Kota Panyabungan.....	34
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum Penambahan Kapasitor Pada Feeder Muarasoma.....	35
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Tegangan Sesudah Penambahan Kapasitor di GH Kota Panyabungan.....	55
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tegangan Sesudah Penambahan Kapasitor Di Feeder Muarasoma.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Drop Tegangan.....	15
Tabel 3.1 Proses Penelitian Di Kantor PT.PLN Rayon Natal.....	24
Tabel 4.1 Data Saluran Dan Transformator Di Gardu Induk Padang Sidempuan..	30
Tabel 4.2 Impedansi Pengantar AAAC.....	30
Tabel 4.3 Tegangan Kirim Dan Tegangan Terima Sebelum Penambahan Kapasitor.....	34
Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Kapasitor Dengan Mempariasikan Nilai $\cos\pi$ Dari 0,8 S/D 0,99.....	51
Tabel 4.4 Tegangan Kirim Dan Tegangan Terima Sesuai Dengan Analisa Data Sesudah Penambahan Kapasitor.....	54

BAB 1

PENDAHULUAN

I.I Latar belakang masalah

Penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen diperlukan suatu jaringan tenaga listrik. Sistem jaringan ini terdiri dari jaringan transmisi, jaringan distribusi (sistem tegangan menengah dan tegangan rendah). Pada penyaluran energi listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi teknis (*losses*), yaitu rugi daya dan rugi energi, mulai dari pembangkit, transmisi, dan distribusi. Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang mensuplai daya listrik ke beban.

Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada peningkatan efisiensi dalam penyaluran energi listrik. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi yaitu dengan mengurangi rugi daya dan meminimalkan drop tegangan pada jaringan. Drop tegangan pada sistem distribusi dapat terjadi pada jaringan tegangan menengah (JTM), transformator distribusi, jaringan tegangan rendah (JTR) dan saluran rumah.

Seiring berkembangnya suatu daerah kebutuhan akan tenaga listrik akan selalu meningkat, tenaga listrik dibutuhkan untuk menunjang proses pembangunan dan mendorong kemajuan suatu daerah dalam berbagai sektor antara lain sektor pembangunan, perekonomian, pendidikan dan bidang teknologi, Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat.

PT.PLN (persero) merupakan salah satu perusahaan listrik yang melayani kebutuhan listrik masyarakat dari kota ke pedesaan. Untuk melayani kebutuhan listrik di pedesaan ini membutuhkan saluran distribusi yang panjang. Hal ini disebabkan karena jauhnya beban pembangkit listrik yang tersedia. Salah satu contoh saluran distribusi ini berada di wilayah kabupaten mandailing natal yang memiliki wilayah yang sangat luas dan memiliki banyak desa yang harus dilayani kebutuhan listrik oleh PT.PLN (Persero).

Dalam penyaluran energi listrik terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi diantaranya adalah “jatuh tegangan”. Besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi tergantung beberapa faktor diantaranya jenis dan panjang saluran penghantar, tipe jaringan distribusi, tipe bahan, faktor daya dan besarnya jumlah daya terpasang serta banyaknya pemakaian beban-beban induktif yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan beban reaktif.

Drop tegangan (tegangan jatuh) termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Drop tegangan merupakan kerugian yang bersifat teknis. Ini disebabkan karena, adanya faktor impedansi (z) sepanjang saluran atau penghantar yang dilalui arus listrik. Drop tegangan adalah terjadinya selisih nilai tegangan antara lain nilai tegangan pada awal jaringan (pusat tenaga, gardu induk, gardu hubung, atau trafo tiang) dengan nilai tegangan pada ujung jaringan (beban atau konsumen). Besar drop tegangan yang terjadi bisa disimbolkan dengan ΔV .

Drop tegangan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik. Ini dipengaruhi oleh besarnya impedansi pada masing-masing titik.

Untuk mengatasi hal diatas tersebut, terdapat beberapa metode yang biasa digunakan untuk memperbaiki jatuh tegangan, adapun metode yang biasa digunakan adalah dengan pemasangan kapasitor bank, dan memperbesar luas permukaan penampang saluran distribusi. Pemasangan kapasitor bank fungsinya untuk memperkecil arus yang mengalir pada penghantar serta untuk memperbaiki faktor daya sehingga akan mengurangi besarnya rugi-rugi dan daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi, sementara dengan memperbesar luas permukaan penghantar saluran berfungsi untuk mengurangi impedansi saluran sehingga dapat memperkecil rugi-rugi yang terjadi pada saluran distribusi.

1.1 Rumusan Masalah

Bagaimana memperbaiki drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kv di PT. Rayon Natal di Muara Soma, Kab. Madina.

1.2 Batasan Masalah

Pada penelitian ini peneliti fokus kepada perbaikan drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT. Rayon Natal Di Muara Soma, Kab Madina. Penulis menulis judul ini karena listrik sangat berperan penting bagi kehidupan sehari-hari.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana menganalisa perbaikan drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT. PLN Rayon Natal di Muara Soma, Kab. Madina.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini memberikan kontribusi untuk menambah ilmu pengetahuan tentang teknik elektro yaitu mengenai analisa perbaikan drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT. Rayon Natal di Muara Soma, Kab. Madina.
2. Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca untuk mengetahui dan memahami bagaimana cara mengatasi apabila drop tegangan listrik pada rumah warga. dengan memahami hal-hal tersebut, dapat membantu pembaca untuk termotivasi agar meneliti perbaikan drop tegangan menggunakan objek yang berbeda.

1.5 Sistematika penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan latar belakang, tujuan, permasalahan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan penjelasan teori penjelasan teori-teori pendukung atau kajian secara umum dari berbagai literatur yang memberikan penjelasan yang berkaitan erat dengan judul yang akan dibahas.

BAB III :METODE PENELITIAN

Berisikan langkah-langkah dan tempat dalam melakukan penelitian

BAB IV :ANALISA DAN HASIL PENGUJIAN.

Pada bab ini menghitung berapa besar drop tegangan yang terjadi pada feeder jaringan dan bagaimana cara mengatasi atau mengurangi besar drop yang terjadi pada feeder jaringan tersebut.

BAB V :PENUTUP

Merupakan bab terakhir yang berisikan kesimpulan dan saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Untuk mendukung penelitian ini, peneliti terdahulu telah melakukan penelitian yang berkontribusi pada penelitian ini. Adapun penelitian tersebut adalah :

Ahmad Yani, (2007). Pemasangan kapasitor bank untuk perbaikan jatuh tegangan, menyimpulkan dengan memasang kapasitor pada rangkaian daya listrik, maka akan didapatkan beberapa keuntungan:

- a. Rugi-rugi Kw / Kvar kecil, yaitu 0,0025 sampai 0,005.
- b. Sederhana pemasangannya/instalasinya dan pemeliharannya, ringan tidak memerlukan pondasi dan tidak ada bagian-bagian yang berputar seperti motor sinkron.
- c. Sebagai keuntungan tambahan bagi konsumen antara lain turunnya Kva yang dibutuhkan, kerugian daya dan tegangan yang stabil.

Erhaneli, Ramadonal (2015) dalam penelitian tentang studi optimasi dalam pemasangan kapasitor dalam perbaikan daya dan drop tegangan pada sistem distribusi feeder ekspres GH Balitan, rayon Sitiung menggunakan simulasi ETAP 7.5. Hasil penelitian menyatakan bahwa pemasangan kapasitor 3 x 300 kVAR pada feeder Ekpres GH Balitan secara teknis layak dilakukan karena bisa menaikkan tegangan ujung yang semula pada Feeder Koto Baru 14,90 kV setelah di pasang kapasitor menjadi 16,90 kV atau naik sebesar 2 kV dan secara kajian finansial juga layak dilakukan karena menggunakan nilai ekonomis.

Ridwan, M (2018) Dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Penggunaan Kapasitor Daya Untuk Memperbaiki Kinerja Dankeandalan Sistem Distribusi 20 Kv Pt. Pln (Persero) Rayon Padang Sidimpuan unit Gh Kota Nopan. Pemasangan kapasitor berguna sebagai kompesator daya reaktif pada beban sehingga memperbaiki faktor daya, mengurangi jatuh tegangan sistem, mengurangi rugi – rugi daya dan memperbesar kapasitas pengeluaran daya. Feeder Muarasipongi GH Kota Nopan disuplay dari GI Padang Sidimpuan dengan panjang saluran 118 km dan tegangan kirim 20 kV. Karena jarak yang jauh maka tegangan pada sisi beban 15.529 kV. Untuk mengatasi hal tersebut telah dipasanga kapasior 2,6 x 300 Kvar di incoming GH Kota Nopan sehingga tegangan pada sisi beban menjadi 17,505Kv. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pemasangan kapasitor tersebut sudah optimal dengan menggunakan MATLAB 5.3. Dari hasil simulasi MATLAB 5.3 pemasangan kapasitor 2.6 x 300 Kvar pada incoming GH Kota Nopan menaikkan tegangan ujung yang semula 16.625 kV. Menjadi 18,389 kV.

Adridzal Abid (2010), hasil penelitiannya menyatakna bahwa penyaluran beban dari jaringan distribusi 20 KV GI Lubuk Alung ke GH Pariaman menuju Lubuk Basung masih dapat dikatakan dalam kondisi ideal dan aman, walaupun adanya drop tegangan yang terjadi bila membandingkan sisi terima di beban ujung saluran pada saat sebelum dan setelah pemasangan kapasitor daya secara paralel pada saluran. Namun, masih dalam batasan toleransi aman dan ideal sesuai dengan toleransi pada perusahaan listrik negara (PLN) di Indonesia yang telah mengeluarkan ketentuan pada SPLN No. 001/78 mengenai pariasi penyaluran

tegangan yaitu maksimum + 5% dan minimum – 10% dari tegangan sistem yang digunakan, untuk sistem tenaga listrik ini yaitu 20+1=21 dan 20-2=18Kv.

A. N. Handayani, Fani Istiana, Yuningtyastuti (2016), dalam penelitiannya Analisis Jatuh Tegangan Dan Rugi Daya Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan *Software* Etap 12.6.0. Jaringan sistem distribusi di Jalan Sawah Besar Raya Kaligawe termasuk wilayah kerja PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Timur. Berdasarkan tegangan keluaran trafo distribusi pada jaringan distribusi di Jalan Sawah Besar diketahui trafo distribusi 1 fasa 50 kVA mengalami kondisi pembebanan yang melebihi kapasitasnya yaitu sebesar 76 kVA. Hal tersebut menyebabkan tegangan pelayanan konsumen paling ujung turun sebesar 166 Volt dari tegangan nominal 220Volt yang melebihi standar SPLN. Berdasarkan SPLN No.1:1978, batas toleransi tegangan pelayanan +5% dan -10% dari tegangan nominal yaitu maksimal 198 Volt. Selain trafo yang mengalami overload, pada jaringan distribusi di Jalan Sawah Besar Raya ditemukan tarikan Saluran Layanan Pelanggan (SLP) dan sambungan rumah yang tidak memenuhi SPLN No.56:1984, permasalahan tersebut mengakibatkan timbulnya jatuh tegangan dan rugi daya. Untuk mengatasi permasalahan jatuh tegangan dan rugi daya, beliau melakukan rencana perbaikan jaringan dengan menggunakan software ETAP 12.6.0 agar besarnya nilai tegangan pada sisi konsumen sesuai standar PLN. Perbaikan jaringan distribusi meliputi penambahan trafo 1 fasa dan penataan ulang SLP (Saluran Layanan Pelanggan) dan SR (Sambungan Rumah).

2.2 Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan semua bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan sumber daya besar dengan rangkaian pelayanan pada konsumen. Sumber daya besar adalah pusat-pusat pembangkit listrik dengan kapasitas daya yang dihasilkan dalam satuan MW (Mega Watt). Pembangkit listrik ini digolongkan atas jenis-jenis tenaga yang digunakan, seperti pembangkit yang menggunakan tenaga air, bahan minyak bumi/batu bara, panas surya, tenaga angin dan lain-lain.

Fungsi utama dari sistem distribusi adalah untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya ke pemakai atau konsumen. Baik buruknya suatu sistem distribusi dinilai dari bermacam-macam faktor, diantaranya menyangkut hal-hal sebagai berikut :

- a. Kontinuitas pelayanan
- b. Efisiensi
- c. Fleksibilitas
- d. Regulasi tegangan
- e. Harga sistem

Dari kelima hal diatas, masalah-masalah yang dihadapi dalam suatu sistem jaringan distribusi adalah bagaimana menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan cara sebaik-baiknya untuk saat tertentu dan juga untuk masa yang akan datang.

Pada sistem distribusi, harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut :

- a. Gangguan terhadap pelayanan (*interruption*) tidak boleh terlalu sering
- b. Gangguan terhadap pelayanan pada suatu daerah tidak boleh terlalu lama

- c. Regulasi tegangan tidak terlalu besar
- d. Biaya system operasional harus serendah mungkin
- e. Harus fleksibel (mudah menyesuaikan diri dengan keadaan yang terjadi, seperti pada sistem perubahan beban yang tidak menelan biaya yang tinggi).

Jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu sebagai berikut :

1. Jaringan Distribusi Primer yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk sub transmisi ke gardu distribusi. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan menengah atau jaringan tegangan primer.
2. Jaringan distribusi sekunder yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Jaringan ini sering disebut jaringan tegangan rendah.

2.3 Saluran Distribusi

Energi listrik tegangan 20 KV di busbar gardu induk, disalurkan melalui feeder-feeder (penyulang) distribusi ke gardu hubung atau dapat langsung dihubungkan ke konsumen. Dari gardu hubung, energi disalurkan ke gardu-gardu distribusi.

Gardu distribusi adalah gardu tempat mengubah tegangan primer menjadi tegangan sekunder, kemudian membaginya ke saluran pengisi primer dan selanjutnya disalurkan ke setiap titik pelanggan. Gardu distribusi berfungsi melayani konsumen tegangan rendah dimana tegangan 20 KV diturunkan tegangannya menjadi 380/220 Volt pada trafo distribusi, untuk kemudian disalurkan pada konsumen melalui jaringan tegangan rendah (jaringan distribusi sekunder). Sistem tegangan distribusi primer di PLN (Persero) cabang

Singkawang adalah grid yang beroperasi secara radial, yang disuplay dari gardu hubung dengan gardu induk sebagai pusat beban.

2.4 Pembagian dari Sistem Dsitribusi

Secara singkat fungsi dari bagian-bagian sistem distribusi di bawah adalah sebagai berikut :

a. Gardu Induk Tranmisi Merupakan gardu yang mensuplai sumber daya listrik besar

b. Saluran Sub Tranmisi

Saluran sub tranmisi adalah saluran yang berfungsi menyalurkan listrik dari sumber daya besar menuju gardu induk pada suatu tegangan sub tranmisi yang terletak didaerah beban.

c. Gardu Induk Sub

Tranmisi Gardu induk berfungsi menerima daya listrik dari saluran sub tranmisi dan menurunkan tegangan saluran distribusi primer.

d. Jaringan Distribusi Primer

Saluran ini adalah saluran yang menghubungkan gardu induk dengan beberapa gardu distribusi pada suatu tegangan primer, Saluran ini biasanya tiga fasa terdiri dari kabel tanah, kabel udara, atau hantaran terbuka.

e. Gardu Hubung

Gardu hubung berfungsi menerima daya listrik dari gardu induk dan menyalurkan tegangan primernya menuju gardu induk.

f. Gardu Distribusi

Gardu distribusi berfungsi mengubah tegangan primer menjadi tegangan sekunder, kemudian membaginya ke setiap titik langganan.

g. Jaringan Distribusi Sekunder

Saluran sekunder adalah saluran diantara gardu distribusi dan langganan, saluran ini berfungsi menyalurkan daya dari gardu distribusi ke rangkaian pemakai.

2.5 Drop Tegangan

Drop tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Jatuh tegangan selalu terjadi pada jaringan, baik pada pelanggan maupun pada perusahaan listrik. Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim (*sending end*) dan tegangan pada sisi terima (*receiving end*). Dengan semakin besar pula perbedaan nilai tegangan yang ada pada sisi kirim dengan yang ada pada sisi terima.

Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah. Di dalam saluran transmisi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan sehingga harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan, sebagian akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya.

Besarnya rugi tegangan pada saluran transmisi tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung). Sebagai contoh dengan menganggap rangkaian pada Gambar 2.1 direpresentasikan sebagai saluran satu fasa, jika variabel dimensi yang digunakan itu mewakili saluran tiga fasa seimbang, jika variabel per unit

yang digunakan $R+jX$ mewakili total impedansi dari saluran atau transformator. Factor daya dari beban $\text{Cos}\phi = \text{Cos}(\phi_{VR} - \phi_I)$ Memberikan factor daya beban yang drop tegangannya maksimum.

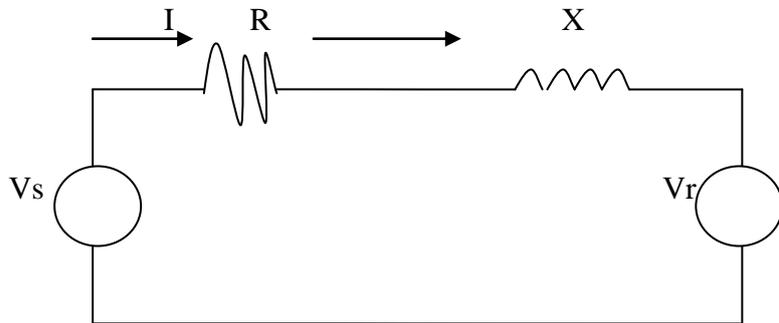
Drop tegangan pada saluran adalah :

$$\Delta V = I (R \cos\phi + X \sin\phi) \dots\dots\dots (2.1)$$

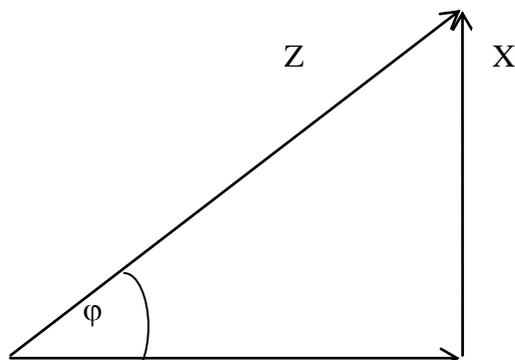
Dengan mengambil turunan parsialnya dan dihubungkan dengan sudut ϕ dan menyamakan hasilnya ke nol,

$$\frac{\partial (\Delta V)}{\partial \phi} = - I R \sin \phi + I X \cos \phi = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$X = \tan^{-1} \frac{X}{R} \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2.1 Rangkaian Ekuivalen Saluran Distribusi



Gambar 2.2 Segitiga impedansi R

Dan dari segitiga impedansi yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, faktor daya beban drop tegangan maksimum adalah :

$$PF = \cos \varphi = \frac{R}{(R^2 + X^2)^{1/2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Juga } \cos \varphi = \cos \left(\tan^{-1} \frac{X}{R} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

Besar persentase drop tegangan pada saluran distribusi primer dapat dihitung dengan :

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\Delta V = V_S - V_R \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan : V_S = Tegangan sumber (Volt)

V_R = Tegangan pada sisi penerima (Volt)

R = Resistansi saluran (Ω)

X = Reaktansi saluran (Ω)

ΔV = Drop tegangan (Volt)

$\cos \varphi$ = Faktor daya beban

Dari persamaan terlihat bahwa nilai drop tegangan ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu daya aktif (P), resistansi dan reaktansi saluran (R dan X) serta daya reaktif (Q). pengaturan daya aktif erat kaitannya dengan pengaturan frekuensi system, Sedangkan pengaturan daya reaktif akan mempengaruhi nilai tegangan, Oleh karena itu dengan melakukan pengaturan nilai daya reaktif kita dapat mengatur nilai tegangan.

Untuk menentukan jatuh tegangan sebagai berikut :

Tabel 2.1: Standar Drop tegangan sesuai lokasi kejadian berdasarkan Standar

SPLN No. 72 Tahun 1982

NO	Lokasi Kejadian	Drop tegangan sesuai standar
1	SUTM	5% dari tegangan kerja bagi sistem radial
2	SKTM	2% dari tegangan kerja bagi sistem speindel
3	Trafo distribusi	3% dari tegangan kerja
4	Saluran udara tegangan rendah (SUTR)	4% dari tegangan kerja
5	Sambungan rumah (SR)	1% dari tegangan nominal

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} x 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

$$K=(rcos\phi + sin\phi \dots\dots\dots(2.9)$$

δV : jatuh tegangan

S : daya semu

L : panjang jaringan

Dari persamaan terlihat bahwa nilai drop tegangan ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu daya aktif (P), resistansi dan reaktansi saluran (R dan X) serta daya

reaktif (Q). pengaturan daya aktif erat kaitannya dengan pengaturan frekuensi system, Sedangkan pengaturan daya reaktif akan mempengaruhi nilai tegangan, Oleh karena itu dengan melakukan pengaturan nilai daya reaktif kita dapat mengatur nilai tegangan.

2.5.1 Kapasitor sebagai Perbaikan Jatuh Tegangan

Jika suatu feeder melayani beban induktif dengan faktor daya *lagging* (terbelakang), dengan faktor daya yang rendah akan menambah daya terpasang (kVA) yang lebih tinggi untuk kebutuhan daya aktif yang konstan.

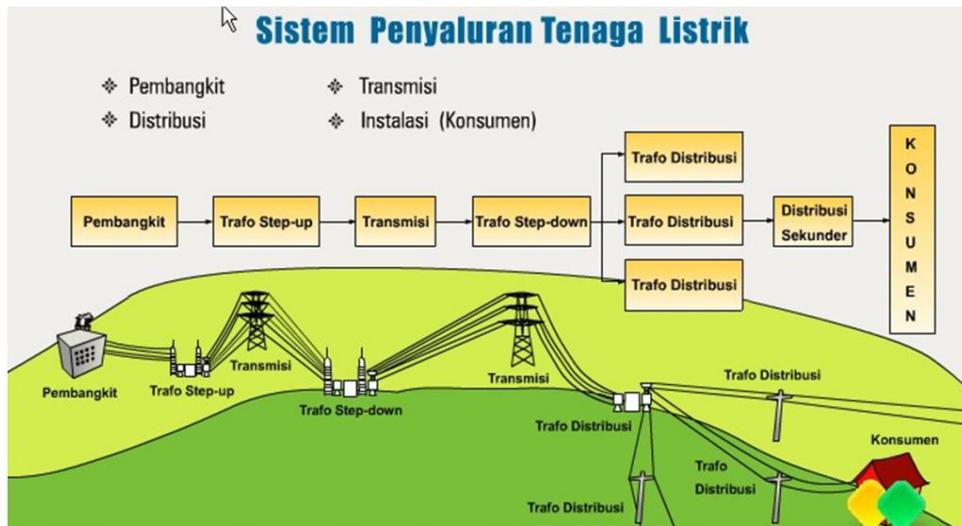
2.5.2 Perbaikan Faktor Daya

Meningkatkan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang kapasitor pada jaringan, kapasitor memiliki sifat alami untuk menyimpan muatan listrik ketika dialiri arus sehingga muatan yang terkumpul akan menimbulkan tegangan listrik. Muatan yang terkumpul memiliki cadangan daya reaktif yang sangat tinggi. Sehingga jika suatu waktu jaringan membutuhkan pasokan daya reaktif, kapasitor bisa memberikan cadangan yang dimiliki pada jaringan yang membutuhkan.

2.6 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik dikatakan sebagai kumpulan/gabungan yang terdiri dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem. Dalam kelistrikan, sering kali timbul persoalan-persoalan teknis, dimana tenaga listrik pada umumnya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu yang jauh dari kumpulan pelanggan, sedangkan pemakai tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar disegala penjuru tempat. Dengan demikian maka penyaluran tenaga listrik dari

pusat tenaga listrik sampai ke tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan teknis.



Gambar 2.3 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Saluran tenaga listrik yang menghubungkan pembangkitan dengan Gardu Induk (GI) dikatakan sebagai saluran transmisi karena saluran ini memakai standar tegangan tinggi dikatakan sebagai saluran transmisi tegangan tinggi yang sering disebut dengan singkatan SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi).

Di lingkungan operasional PLN saluran transmisi terdapat dua macam nilai tegangan yaitu saluran transmisi yang bertegangan 70 kV dan saluran transmisi yang bertegangan 150 kV dimana SUTT 150 kV lebih banyak digunakan dari pada SUTT 70 kV. Khusus untuk tegangan 500 kV dalam praktek saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi, yang disingkat dengan SUTET.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik di Gardu Induk (GI) sebagai pusat beban untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah atau yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV, 12 kV dan 6

kV. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah 20 kV. Jaringan tegangan primer yaitu jaringan tenaga listrik yang keluar dari GI baik itu berupa saluran kabel tanah, saluran kabel udara atau saluran kawat terbuka yang menggunakan standard tegangan menengah dikatakan sebagai jaringan tegangan menengah yang sering disingkat JTM.

Dan sekarang salurannya masing-masing disebut SKTM untuk jaringan tegangan menengah yang menggunakan saluran kabel tanah, SKUTM untuk jaringan tegangan menengah yang menggunakan saluran kabel udara dan SUTM untuk jaringan tegangan menengah yang menggunakan saluran kawat terbuka.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dengan menggunakan trafo distribusi (*step down transformer*) menjadi tegangan rendah dengan tegangan standard 380/220 volt atau 220/127 volt dimana standard tegangan 220/127 volt pada saat ini tidak diberlakukan lagi dilingkungan PLN, tenaga listrik yang menggunakan standard tegangan rendah ini kemudian disalurkan melalui suatu jaringan yang disebut jaringan tegangan rendah yang sering disebut dengan singkatan JTR.

2.7 Konfigurasi Jaringan Distribusi

Konfigurasi jaringan yang diterapkan di suatu daerah merupakan hasil pertimbangan antara alasan-alasan teknis dan ekonomis di lain pihak. Alasan teknis ini berupa keandalan, stabilitas dan kontinuitas pelayanan energi listrik. Sedangkan alasan ekonomis didasarkan pada peralatan material yang digunakan untuk membangun suatu konfigurasi jaringan distribusi. Dari segi keandalan yang ingin dicapai ada dua pilihan konfigurasi jaringan:

- a. jaringan dengan satu sumber pengisian cara penyaluran ini merupakan yang paling sederhana, gangguan yang timbul akan mengakibatkan pemadaman.
- b. jaringan dengan beberapa sumber pengisian keandalannya lebih tinggi, secara ekonomi lebih mahal karena menggunakan perlengkapan penyaluran yang lebih banyak, pemadaman akibat gangguan juga dapat diminimalisir.

2.7.1 Konfigurasi Radial

Ciri dari konfigurasi Radial adalah bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran, tidak ada alternatif saluran lainnya, bentuk konfigurasi ini merupakan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik dari titik sumber ke cabang-cabang atau titik-titik beban yang dilayani.

Ciri-ciri dari konfigurasi jaringan radial sebagai berikut :

- a. Bentuknya sederhana.
- b. Biaya investasinya relatif murah.
- c. Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.

- d. Kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka seluruh rangkaian sesudah titik gangguan akan mengalami pemadaman.

2.7.2 Konfigurasi *Loop*

Konfigurasi jaringan ini merupakan jaringan dengan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan Ring Konfigurasi *Loop* merupakan variasi dari konfigurasi Radial. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran lebih kecil.

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah saklar (*switch*) berupa ABSW (*Air Break Switch*) atau LBS (*Load Break Switch*). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor tersebut dipilih sehingga dapat menyalurkan seluruh daya listrik beban struktur *Loop*, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial. Terdapat 2 jenis konfigurasi jaringan *Loop*, yaitu :

- a. ***Open loop***

Konfigurasi Jaringan *open loop* ini merupakan pengembangan dari sistem radial, sebagai akibat diperlukannya keandalan yang lebih tinggi dan umumnya sistem ini dapat dipasang dalam satu gardu induk, dimungkinkan juga dari gardu

induk lain tetapi harus dalam satu sistem disisi tegangan tinggi karena hal ini diperlukan untuk memudahkan manuver beban pada saat terjadi gangguan atau kondisi-kondisi pengurangan beban. Proteksi untuk sistem ini masih sederhana tetapi harus memperhitungkan panjang jaringan pada titik manuver terjauh disistem tersebut, Sistem ini umumnya banyak digunakan di PLN baik pada SUTM maupun SKTM.

b. *close loop*

Konfigurasi Jaringan *close loop* ini layak digunakan untuk jaringan yang dipasok dari satu gardu induk, memerlukan sistem proteksi yang cukup rumit biasanya menggunakan *relay* arah (*directional relay*). Sistem ini mempunyai kehandalan yang lebih tinggi dibandingkan sistem lainnya, dan sistem ini jarang digunakan di PLN tetapi biasanya dipakai untuk pelanggan-pelanggan khusus yang membutuhkan keandalan tinggi.

2.7.3 Konfigurasi *Spindle*

Sistem *spindle* merupakan sistem yang relatif handal karena disediakan satu buah express feeder yang merupakan feeder atau penyulang tanpa beban dari gardu induk sampai gardu hubung, banyak digunakan pada jaringan SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah). Sistem ini relatif mahal karena pembangunannya mempertimbangkan perkembangan beban di masa yang akan datang, proteksinya relatif sederhana hampir sama dengan sistem *open loop*. Biasanya di tiap-tiap feeder dalam sistem *spindle* disediakan gardu tengah (*middle point*) yang berfungsi untuk titik manuver apabila terjadi gangguan pada jaringan tersebut.

2.8 Rugi –Rugi Energi

Susut energi sangat berpengaruh besar terhadap faktor ekonomis. Rugi-rugi energi dapat berarti pemborosan biaya produksi listrik. Penyaluran energi listrik ini harus diusahakan seefisien mungkin sehingga akan mengurangi biaya produksi energi listrik yang disalurkan. Hal ini dapat berarti penghematan energi listrik sehingga jika kelebihan pasokan energi listrik dapat disalurkan ke wilayah lain yang kekurangan pasokan energi listrik melalui sistem interkoneksi.

Susut energi juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti jauhnya daerah penyaluran tenaga listrik dari sumber atau suplai, *voltage drop*, ketidakseimbangan beban, umur peralatan, diameter penghantar dan lain-lain. Bila susut terlalu besar, sistem penyaluran energi listrik menjadi tidak efisien. *Loss situation* di dalam jaringan distribusi tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan dimana suatu sistem distribusi didalam pendistribusian tenaga listriknya mengalami rugi-rugi energi yang tinggi. *Loss situation* ini dapat diketahui dengan peninjauan terhadap beberapa daerah yang memiliki tingkat pembebanan yang tinggi karena pada daerah dengan tingkat pembebanan yang tinggi kemungkinan terjadi rugi-rugi energi yang terjadi juga sangat besar.

Sedangkan *loss source* adalah sumber atau penyebab terjadinya rugi-rugi energi tersebut. *Loss source* dapat disebabkan karena adanya penurunan tegangan (*voltage drop*), panjang saluran diameter, diameter penghantar, dan lain-lain yang berhubungan dengan *power quality*. Dengan menganalisa *loss situation* dan mengidentifikasi *loss source* maka rugi-rugi energi jaringan distribusi tenaga listrik dapat diketahui. *Losses total* dapat ditentukan jika jumlah energi yang masuk dan meninggalkan daerah kerugian (*loss district*) diketahui, Jumlah energi

yang masuk pada pelanggan seringkali dicatat oleh petugas untuk mengetahui berapa besar energi yang dikonsumsi, pencatatan energi umumnya dilakukan setiap bulan sehingga memungkinkan untuk menemukan *losses* total setiap bulan.

Setiap kondisi di dalam sistem distribusi dan mungkin juga didalam daerah kerugian memiliki informasi yang berbeda karena disebabkan adanya parameter-parameter yang berbeda pula. Didalam perhitungan *technical losses*, berbagai informasi operasional dapat digunakan, namun ketersediaan data yang akan digunakan didalam metode perhitungan yang dipilih harus terpenuhi agar hasil yang diperoleh tepat. Parameter-parameter operasional utama yang digunakan dalam perhitungan *technical losses* adalah :

- a. Jumlah energi yang melalui gardu induk, penyulang atau suplai energi ke konsumen
- b. Pembacaan pada telemetri.
- c. Pemeriksaan pengukuran yang dilaksanakan dalam satu bulan.

Ketersediaan informasi seperti itu seharusnya dapat diterima sebagai suatu metode dalam menyederhanakan perhitungan *technical losses* berdasarkan pengukuran energi yang utama. Jika objek yang akan dianalisa dan informasi awal tentang jaringan yang memiliki rugi-rugi energi telah terpenuhi, maka langkah-langkah untuk menganalisa *loss situation* dan mengidentifikasi *loss source* dalam jaringan distribusi tenaga listrik dapat dilakukan dengan :

- a. Memilih *loss district*
- b. Perhitungan *losses totaly*
- c. Perhitungan *technical losses*
- d. Perhitungan non-*technical losses*

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data-data di PT.PLN Rayon Natal di Muarasoma Kabupaten Mandailing Natal.

3.2 Jadwal Penelitian

Adapun proses penelitian pada PT.PLN Rayon Natal di Muarasoma Kabupaten Mandailing Natal dapat di lihat pada Tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1 Proses Penelitian di kantor PT.PLN Rayon Natal

No	Tgl/Bulan/Tahun	Uraian	Keterangan
1	27-07-2018	Mencatat/foto hasil alat ukur Power Meter PM-15 sebelum pemakaian kapasitor bank	Kantor PT.PLN Rayon Natal di Muarasoma
2	27-07-2018	Mencatat/foto hasil alat ukur Power Meter PM-15 setelah dua jam pemakaian kapasitor bank	Kantor PT.PLN Rayon Natal di Muarasoma

3.3 Perlengkapan Yang Digunakan Dalam Penelitian

Adapun Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

3.3.1 Perangkat Lunak

1. Microsoft Word 2010, digunakan sebagai pengetikan dalam penelitian.
2. Paint, digunakan sebagai pembuatan/edit gambar dalam penelitian.

3.3.2 Perangkat Keras

1. Kapasitor bank, digunakan sebagai alat untuk mengatasi drop tegangan tersebut.
2. Power meter, digunakan sebagai alat ukur untuk menampilkan nilai tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan power.
3. Stop kontak, sebagai penghubung antara peralatan dengan kapasitor bank

3.4 Jenis Data Penelitian

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari peninjauan dan pengukuran di lapangan atau survei langsung dilapangan.

2. Data Sekunder

Merupakan penunjang dari hasil penelitian yang diperoleh dari lapangan. Pengumpulan data sekunder diambil dari kantor-kantor instansi pemerintahan, lembaga penelitian dan studi yang telah ada sebelumnya, data tersebut berupa buku-buku makalah atau laporan.

3.5 Sumber data

Adapun data-data yang diperlukan dalam proses pembuatan laporan ini diperoleh dari:

1. Observasi

Pengambilan data yang sesuai dengan lokasi penelitian untuk selanjutnya di analisis.

2. Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara menanyakan hal – hal yang sekiranya belum penulis ketahui kepada pembimbing lapangan.

3. Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku-buku dan jurnal terkini sesuai dengan penelitian yang dilakukan serta mencari data yang diperlukan mengenai hal-hal atau materi yang dianalisa.

4. Bimbingan

Metode ini dilakukan dengan cara meminta bimbingan untuk hal yang berkaitan dengan analisa dari penelitian ini dari pembimbing, baik dosen maupun di lapangan.

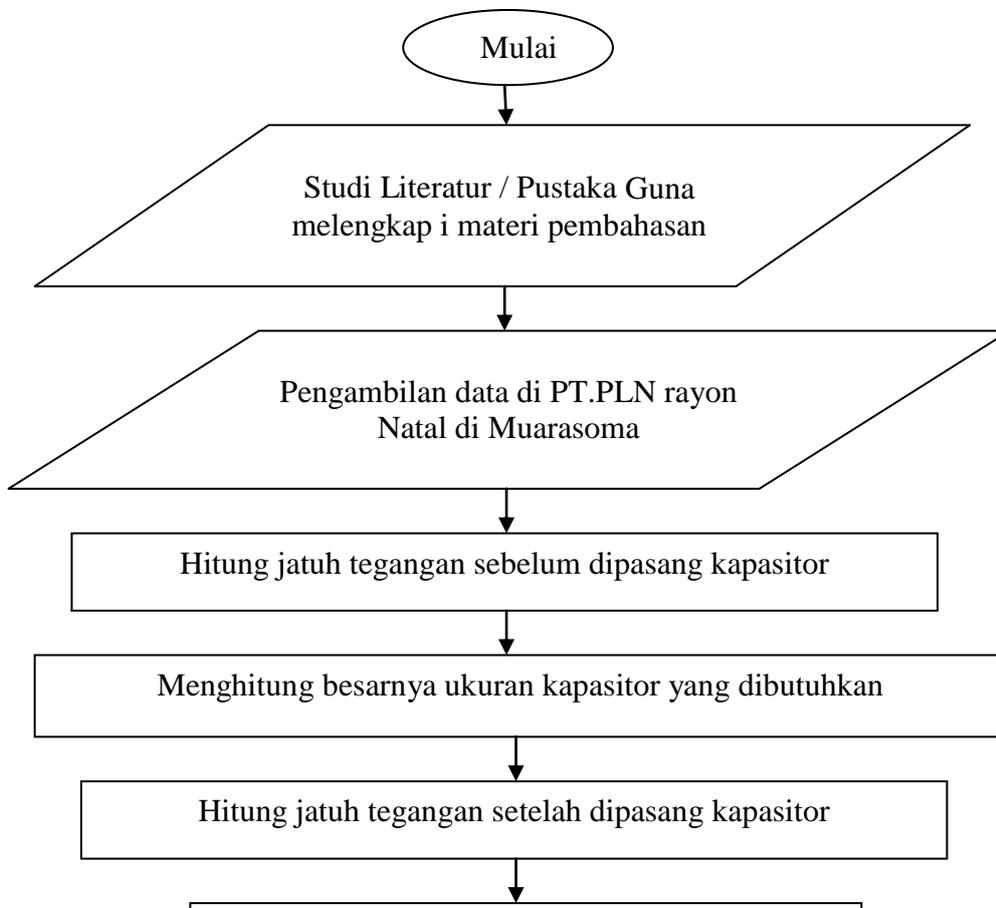
3.6 Proses Jalannya Penelitian

Penelitian dimulai pertama kali dengan merumuskan masalah yang akan dikaji dalam penelitian, dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan sebagai landasan pelaksanaan penelitian.

Jalannya penelitian dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

1. Mengitung jatuh tegangan sebelum dipasang kapasitor
2. Menghitung besarnya ukuran kapasitor yang dibutuhkan untuk mencapai faktor daya atau $\text{Cos } \phi$ yang diinginkan.
3. Menghitung jatuh tegangan sesudah dipasang kapasitor

3.7 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Jenis Penelitian

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menganalisa tentang penggunaan kapasitor bank untuk memperbaiki drop tegangan pada PT.PLN Rayon Natal di Muarasoma Kabupaten Mandailing Natal. Hal ini dilakukan dikarenakan permasalahan yang dialami oleh konsumen listrik adalah mengenai drop tegangan sudah melebihi dari persyaratan yang ditetapkan oleh penyedia listrik PLN, yakni -10% dari tegangan sistem.

Sehingga konsumen banyak mengeluhkan dan mengalami kerugian terutama konsumen rumah tangga. Tegangan yang terukur di sisi terima Feeder Muarasoma adalah 18,9 kV dengan panjang saluran 90 km dari sumber Gardu Induk Padang Sidempuan dan ini sudah melebihi standar. Jika ditinjau dari keandalan sistem berdasarkan jatuh tegangan dapat dikatakan tidak andal. Salah satu cara untuk memperbaiki dan meningkatkan keandalan ini maka dapat dilakukan dengan memasang kapasitor pada saluran atau feeder Muarasoma akan dapat memperbaiki faktor daya (*cos phi*) dan drop tegangan.

4.2 Deskripsi Data

Adapun data-data teknis menjadi input pada perhitungan dalam Tugas Akhir ini diantaranya adalah data transformator di gardu induk Padang Sidimpuan yang di tunjukkan pada Tabel 4.1 .

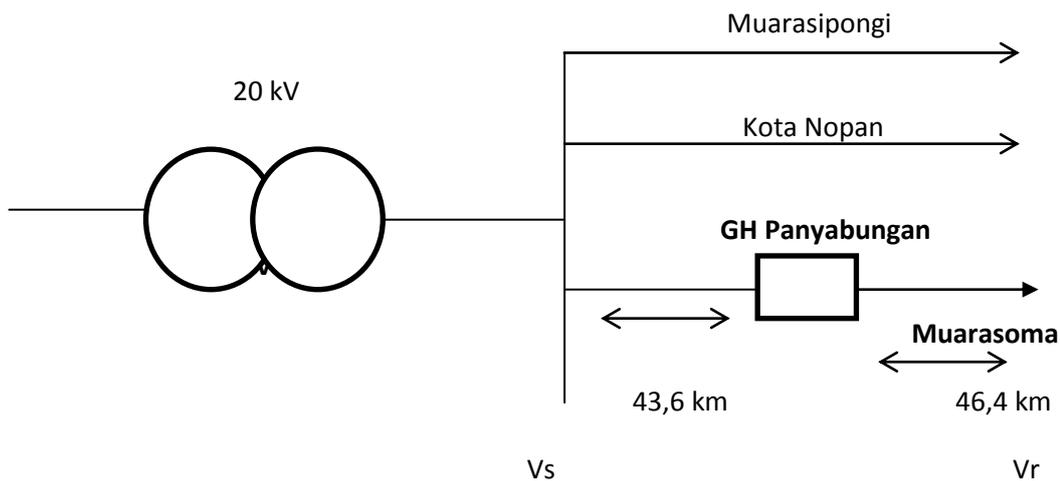
Tabel 4.1 : Data saluran dan Transformator di Gardu Induk Padang Sidimpuan

No	Jenis data	Kapasitas/satuan
1	Arus (I)	25 Amper
2	Daya terpasang (S)	700 KVA
3	Jumlah trafo	18Unit
4	Panjang saluran (L)	43,6 km
5	Faktor daya (Cos ϕ)	0,8
6	Luas penampang (A)	70 mm ²
7	Tegangan kirim (V _S)	20 kV
8	Jumlah fasa	3 Fasa

Sedangkan Tabel 4.2 menunjukkan data impedansi SUTM yakni luas penampang saluran, impedansi urutan positif (Z_1), negatif (Z_2) dan nol (Z_0) serta jumlah urat dari pengantar.

Tabel 4.2 : Impedansi Pengantar AAAC

No	Luas Penampang Saluran (mm ²)	Impedansi Urutan Positif $Z_1 = R_1 + j X_1$	Impedansi Urutan Nol $Z_0 = R_0 + j X_0$	Jumlah urat
1	70	0,4608+j0,3572	0,6088+j1,6447	7



Gambar 4.2.1 satu garis diagram feeder Muarasoma.

4.3 Perhitungan yang dilakukan

4.3.1 Perhitungan Jatuh tegangan sebelum dipasang kapasitor

GH Kota Panyabungan sebelum penambahan kapasitor

Berdasarkan pada Tabel 4.1 dan dengan menggunakan rumus 2.7, 2.8 dan 2.9, maka untuk jatuh tegangan dapat dihitung sebagai berikut :

Arus beban(I)	= 25 Amper
Tegangan (V)	= 20.000 Volt
Panjang saluran (L)	= 43,60 kms
Luas penampang (AAAC)	= 70 mm ²
Cos φ ₂	= 0,80

Daya Semu (S) :

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \\
 &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \\
 &= 866.025 \text{ VA} = 0,866 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

Perhitungan jatuh tegangan dalam persen(%)

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} x100\%$$

Untuk kawat 70 mm^2

$$K = (r \cos \phi + x \sin \phi) \times 100\%$$

$$K = (0,4608 \times 0,8 + 0,3572 \times 0,599) = 0,5826$$

Drop Tegangan (δV):

$$\delta V\% = \frac{S \times L \times K}{V^2} \times 100\%$$

$$\delta V\% = \frac{0,866 \times 43,60 \times 0,5826}{20.000^2} \times 100\%$$

$$\delta V\% = 5,5$$

Jadi besar jatuh tegangan (ΔV) adalah

$$\Delta V = (\delta V)\% \times V_{\text{sumber}}$$

$$\Delta V = 5,5\% \times 20.000$$

$$\Delta V = 1100 \text{ Volt}$$

Tegangan ujung GH Kota Panyabungan (Tegangan Terima = V_R):

$$V_R = V_S - \Delta V$$

$$V_R = 20.000 - 1100$$

$$V_R = 18.900 \text{ Volt}$$

a. Sebelum dipasang kapasitor di feeder Muarasoma

$$\text{Arus beban (I)} = 25 \text{ Amper}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 18.900 \text{ Volt}$$

$$\text{Panjang saluran (L)} = 46,4 \text{ kms}$$

$$\text{Luas penampang (A3C)} = 70 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cos} \phi_2 = 0,99$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$S = 1,732 \cdot 18.900 \cdot 25$$

$$S = 818.394 \text{ VA}$$

$$= 0,818 \text{ MVA}$$

Selanjutnya pendekatan perhitungan jatuh tegangan dalam persen (%)

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} x100\%$$

Untuk kawat 70 mm²

$$K=(rcos\phi + xsin\phi)x 100\%$$

$$K=(0,4608 x 0.8 + 0,3572 x 0,599) = 0,5826$$

Drop Tegangan (δV):

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} x100\%$$

$$\delta V\% = \frac{0,818x43,60x0,5826}{18,900^2} x100\%$$

$$\delta V\% = 5,82$$

Jadi besar jatuh tegangan (ΔV) adalah :

$$\Delta V = (\delta V)\% x V_{sumber}$$

$$\Delta V = 5,82\% x 18.900$$

$$\Delta V = 1169 \text{ Volt}$$

Tegangan ujung feeder Muarasoma (TeganganTerima = V_R):

$$V_R = V_S - \Delta V$$

$$V_R = 18.900 - 1169$$

$$V_R = 17731 \text{ Volt}$$

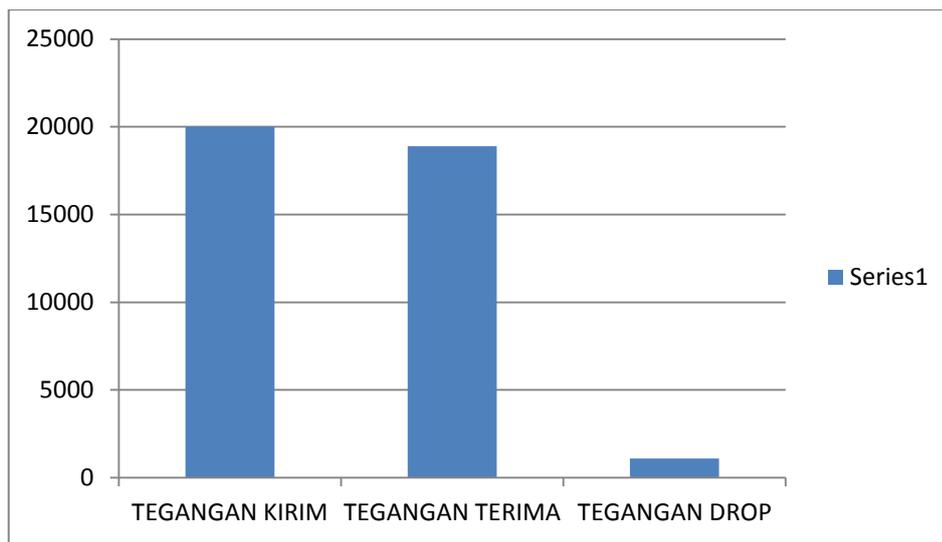
$$= 17,73 \text{ kV}$$

Tabel 4.3. Tegangan kirim dan tegangan terima sebelum penambahan kapasitor.

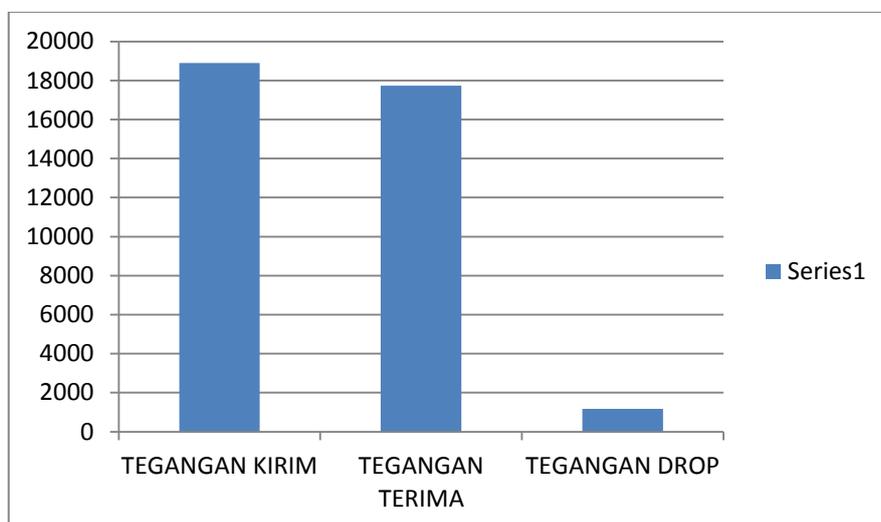
NO	Feeder	Tegangan Kirim (V _s) (kV)	TeganganTerima (V _R) (kV)	Tegangan Drop (ΔV)(kV)

1	GH Kota Panyabungan	20 kV	18,9 kV	1,1 kV
2	Feeder Muarasoma	18,9 kV	17,73 kV	1,17 kV

Dari tabel diatas tegangan kirim GH Kota Panyabungan sebesar 20 kV, dimana tegangan ujung terima sebesar 18,9 kV. Untuk tegangan kirim pada feeder Muarasoma sendiri adalah 18,9 kV, sedangkan tegangan ujung terimanya adalah 17,73 kV.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan tegangan sebelum penambahan kapasitor pada GH Kota Panyabungan



Gambar 4.3 Grafik perbandingan tegangan sebelum penambahan kapasitor pada Feeder Muarasoma

4.3.2 Perhitungan pemasangan kapasitor

Kapasitor adalah komponen yang hanya dapat menyimpan dan memberikan energi yang terbatas yaitu sesuai dengan kapasitasnya, pada dasarnya kapasitor terdiri atas dua keping sejajar yang di pisahkan oleh medium dielektrik. Kapasitor pada sistem daya listrik menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki tegangan dan faktor daya, karenanya menambah kapasitor sistem akan mengurangi kerugian. Dan untuk menentukan nilai kapasitor dengan mempariasikan nilai faldor daya (Cosφ) dari 0,8 s/d 0,99 sebagai berikut :

a. Dengan nilai Cosφ = 0,8

Diketahui GH Kota Panyabungan

$$\text{Arus beban (I)} = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan (Vs)} = 20.000 \text{ V}$$

$$\text{Cos } \phi_1 = 0.80$$

$$\text{Cos } \phi_2 = 0,99 \text{ (COS } \phi \text{ yang di inginkan)}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,80 \\ &= 692.820 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Sin } \phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,599 \\ &= 518.749 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Cosφ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk peritungan Q₂ yaitu:

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan \phi \\ &= 692.820 \cdot 0,142 \\ &= 98380 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\text{Q yang diperlukan} = Q_1 - Q_2$$

$$= 518.749 - 98380$$

$$= 420.369 \text{ VAR}$$

$$= 420 \text{ KVAR}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_l, X_C dan C berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Arus Induktif } (I_l) &= \frac{Q}{\sqrt{3}XV} \\ &= \frac{420 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\ &= 12,12 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi kapasitif } (X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\ &= \frac{20^2}{420} \\ &= 0,952 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitor } (C) &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 0,952} \end{aligned}$$

$$C = 3,34 \cdot 10^{-3} \text{ F}$$

$$= 3,34 \text{ mF}$$

$$\text{Dengan nilai } \cos \phi = 0,82$$

$$\text{Arus beban } (I) = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan } (V) = 20.000 \text{ V}$$

$$\cos \phi_1 = 0.82$$

$$\text{Cos}\phi_2 = 0,99$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,82 \\ &= 710.140 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Sin}\phi \\ &= 1.732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,572 \\ &= 495.366 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Cos ϕ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q_2 yaitu:

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan \phi \\ &= 710.140 \cdot 0,142 \\ &= 100.839 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 495.366 - 100.839 \\ &= 394.527 \text{ VAR} \\ &= 394 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_l, X_C dan C berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Arus Induktif } (I_l) &= \frac{Q}{\sqrt{3} \times V} \\ &= \frac{394 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\ &= 11,37 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi kapasitif } (X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\ &= \frac{20^2}{394} \\ &= 1,015 \Omega \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitor } (C) = \frac{1}{(2 f \pi) X_C}$$

$$= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 1,015}$$

$$C = 3,13 \cdot 10^{-3} F$$

$$= 3,13 \text{ mF}$$

$$C. \text{ Dengan nilai } \cos\phi = 0,84$$

$$\text{Arus beban (I)} = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 20.000 \text{ V}$$

$$\cos\phi_1 = 0,84$$

$$\cos\phi_2 = 0,99$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,84 \\ &= 727.461 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,542 \\ &= 469.385 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Cos ϕ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q₂ yaitu:

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan\phi \\ &= 727.461 \cdot 0,142 \\ &= 103.299 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 469.385 - 103.299 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$= 366.086 \text{ VAR}$$

$$= 366 \text{ KVAR}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_L, X_C dan C berikut

perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Arus Induktif}(I_L) &= \frac{Q}{\sqrt{3} \times V} \\ &= \frac{366 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\ &= 10,56 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi kapasitif}(X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\ &= \frac{20^2}{366} \\ &= 1,092 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitor}(C) &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 1,092} \\ C &= 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ F} \\ &= 2,91 \text{ mF} \end{aligned}$$

D. Dengan nilai $\text{Cos}\phi$ = 0,86

$$\text{Arus beban}(I) = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan}(V) = 20.000 \text{ V}$$

$$\text{Cos } \phi_1 = 0,86$$

$$\text{Cos}\phi_2 = 0,99$$

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$$

$$= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,86$$

$$= 744.781 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,510 \\ &= 441.672 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Cos ϕ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q_2 yaitu:

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan \phi \\ &= 744.781 \cdot 0,142 \\ &= 105.258 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 441.672 - 105.258 \\ &= 336.414 \text{ VAR} \\ &= 336 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_l, X_C dan C berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Arus Induktif}(I_l) &= \frac{Q}{\sqrt{3} X_V} \\ &= \frac{336 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} X 20 \text{ kV}} \\ &= 9,69 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi kapasitif}(X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\ &= \frac{20^2}{336} \\ &= 1,190 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitor}(C) &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 1,190} \end{aligned}$$

$$C = 2,67 \cdot 10^{-3} \text{ F} = 2,67 \text{ mF}$$

C. Dengan nilai $\text{Cos}\phi = 0,88$

$$\text{Arus beban (I)} = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 20.000 \text{ V}$$

$$\text{Cos } \phi_1 = 0,88$$

$$\text{Cos}\phi_2 = 0,99$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,88 \\ &= 762.102 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Sin}\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,599 \\ &= 518.749 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$\text{Cos}\phi$ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q_2 yaitu:

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan \phi \\ &= 762.102 \cdot 0,142 \\ &= 108.218 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 518.749 - 102.218 \\ &= 410.531 \text{ VAR} \\ &= 410,5 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_L, X_C dan C berikut

perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Arus Induktif } (I_L) &= \frac{Q}{\sqrt{3} X V} \\
 &= \frac{410,5 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\
 &= 11,85 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Reaktansi kapasitif } (X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\
 &= \frac{20^2}{410,5} \\
 &= 0,974 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitor } (C) &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\
 &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 0,974} \\
 C &= 3,26 \times 10^{-3} F \\
 &= 3,26 \text{ mF}
 \end{aligned}$$

c. Dengan nilai Cosφ = 0,90

$$\begin{aligned}
 \text{Arus beban } (I) &= 25 \text{ A} \\
 \text{Tegangan } (V) &= 20.000 \text{ V} \\
 \text{Cos } \varphi_1 &= 0,90 \\
 \text{Cos } \varphi_2 &= 0,99 \\
 P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi \\
 &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,90 \\
 &= 779.422 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Sin } \varphi \\
 &= 1.732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,435 \\
 &= 376.721 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Cosφ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q₂ yaitu:

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= P_1 \tan \phi \\
 &= 779.422 \cdot 0,142 \\
 &= 110.677 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Q yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\
 &= 376.721 - 110.677 \\
 &= 266.044 \text{ VAR} \\
 &= 266 \text{ KVAR}
 \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_L, X_C dan C berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Arus Induktif } (I_L) &= \frac{Q}{\sqrt{3} \times V} \\
 &= \frac{266 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\
 &= 7,67 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Reaktansi kapasitif } (X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\
 &= \frac{20^2}{266} \\
 &= 1,503 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitor } (C) &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\
 &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 1,503}
 \end{aligned}$$

$$C = 2,11 \text{ mF}$$

$$C \quad \text{Dengan nilai } \cos \phi = 0,92$$

$$\text{Arus beban } (I) = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan } (V) = 20.000 \text{ V}$$

$$\cos \phi_1 = 0,92$$

$$\cos \phi_2 = 0,99$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi \\
 &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,92 \\
 &= 796.743 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\phi \\
 &= 1.732 \cdot 20.000 \cdot 0,391 \\
 &= 338.615 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Cos ϕ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q₂ yaitu:

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= P_1 \tan \phi \\
 &= 796.743 \cdot 0,142 \\
 &= 113.137 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\
 &= 338.615 - 113.137 \\
 &= 225.478 \text{ VAR} \\
 &= 225 \text{ KVAR}
 \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_L, X_C dan C berikut

perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Arus Induktif } (I_L) &= \frac{Q}{\sqrt{3} \times V} \\
 &= \frac{255 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\
 &= 7,36 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\text{Reaktansi kapasitif } (X_C) = \frac{V^2}{Q}$$

$$= \frac{20^2}{255}$$

$$= 1,56 \Omega$$

Kapasitor (C)

$$= \frac{1}{(2 f \pi) X_c}$$

$$= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 1,56}$$

C

$$= 2,04 \times 10^{-3} F$$

$$= 2,04 \text{ mF}$$

c. Dengan nilai $\text{Cos}\phi = 0,94$

$$\text{Arus beban (I)} = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 20.000 \text{ V}$$

$$\text{Cos } \phi_1 = 0,94$$

$$\text{Cos } \phi_2 = 0,99$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,94 \\ &= 814.063 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Sin}\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,341 \\ &= 295.314 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$\text{Cos}\phi$ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q_2 yaitu:

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan \phi \\ &= 814.063 \cdot 0,142 \\ &= 115.596 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 295.314 - 115.596 \\ &= 179.718 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$=180 \text{ KVAR}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_l, X_C dan C berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Arus Induktif } (I_l) &= \frac{Q}{\sqrt{3} X V} \\ &= \frac{180 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} X 20 \text{ kV}} \\ &= 5,19 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi kapasitif } (X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\ &= \frac{20^2}{180} \\ &= 2,22 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitor } (C) &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 2,22} \\ C &= 1,43 \times 10^{-3} F \\ &= 1,43 \text{ mF} \end{aligned}$$

c. Dengan nilai $\text{Cos}\phi$ = 0,95

$$\text{Arus beban}(I) = 25 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan } (V) = 20.000 \text{ V}$$

$$\text{Cos } \phi_1 = 0,95$$

$$\text{Cos } \phi_2 = 0,99$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,95 \end{aligned}$$

$$= 822.724 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\phi \\ &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,312 \\ &= 270.199 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Cos ϕ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q_2 yaitu:

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan \phi \\ &= 822.724 \cdot 0,142 \\ &= 116.826 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 270.199 - 116.826 \\ &= 153.373 \text{ VAR} = 153 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_l, X_C dan C berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Arus Induktif } (I_l) &= \frac{Q}{\sqrt{3} \times V} \\ &= \frac{153 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\ &= 4,41 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi kapasitif } (X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\ &= \frac{20^2}{153} \\ &= 2,51 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitor } (C) &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 2,61} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 1,22 \times 10^{-3} \text{ F} \\ &= 1,22 \text{ mF} \end{aligned}$$

$$\text{c. Dengan nilai Cos}\phi = \mathbf{0,99}$$

$$\begin{aligned}
\text{Arusbeban}(I) &= 25 \text{ A} \\
\text{Tegangan (V)} &= 20.000 \text{ V} \\
\text{Cos } \varphi_1 &= 0.99 \\
\text{Cos } \varphi_2 &= 0,99 \\
P_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi \\
&= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,99 \\
&= 857.365 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_1 &= \sqrt{3} V \cdot I \cdot \text{Sin } \varphi \\
&= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \cdot 0,142 \\
&= 122.975 \text{ VAR}
\end{aligned}$$

Cos φ yang diinginkan 0,99 sehingga untuk perhitungan Q_2 yaitu:

$$\begin{aligned}
Q_2 &= P_1 \tan \varphi \\
&= 857.365 \cdot 0,142 \\
&= 121.745 \text{ VAR}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q \text{ yang diperlukan} &= Q_1 - Q_2 \\
&= 122.975 - 121.745 \\
&= 1.230 \text{ VAR} \\
&= 1,23 \text{ KVAR}
\end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan di atas dapat dihitung untuk I_L, X_C dan C berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
\text{Arus Induktif } (I_L) &= \frac{Q}{\sqrt{3} X V} \\
&= \frac{1,23 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} \\
&= 0,035 \text{ A}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi kapasitif } (X_C) &= \frac{V^2}{Q} \\ &= \frac{20^2}{1,23} \\ &= 325,203 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitor (C)} &= \frac{1}{(2 f \pi) X_C} \\ &= \frac{1}{2 \times 50 \times 3,14 \times 325,203} \end{aligned}$$

$$C = 9,79 \times 10^{-6} F = 9,79 \text{ mF}$$

Untuk lebih jelasnya maka hasil perhitungan diatas dapat dirangkum kedalam bentuk tabel yang ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 : Rekapitulasi hasil perhitungan nilai kapasitor dengan mempariasikan nilai $\text{Cos}\phi$ dari 0,8 s/d 0,99

No	$\text{Cos}\phi$	Arus Beban (I)	Tegangan (V)	Nilai Capasitor (mF)
1	0,80	25	20.000	3,34
2	0,82	25	20.000	3,13
3	0,84	25	20.000	2,91
4	0,86	25	20.000	2,67
5	0,88	25	20.000	3,26
6	0,90	25	20.000	2,11
7	0,92	25	20.000	2,04
8	0,94	25	20.000	1,43
9	0,95	25	20.000	1,22
10	0,99	25	20.000	9,79

Berdasarkan Tabel diatas dapat di buat dalam bentuk grafik untuk melihat bagaimana menentukan nilai kapasitor yang paling optimum untuk dapat memperbaiki faktor daya dan drop tegangan seperti yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini.

4.3.3 Setelah pemasangan kapasitor

kenaikan tegangan setelah dipasang kapasitor di GH Kota Panyabungan dengan perhitungan sebagai berikut :

a. GH Kota Panyabungan

$$\text{Reaktansi saluran} = 0,3572$$

$$\text{Tegangan (V)} = 20.000 \text{ Volt}$$

$$\text{Panjang saluran (L)} = 43,60 \text{ kms}$$

$$\text{Luas penampang (A3C)} = 70 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cos}\phi^2 = 0,99$$

$$\delta V\% = \frac{LX(Qc1 + Qc2)}{V^2} \times 100\%$$

$$\delta V\% = \frac{43,6 \times 0,3572 (0,99+0,99)}{20.000^2} \times 100\%$$

$$\delta V\% = \frac{30,836}{400.000} \times 100\%$$

$$\delta V\% = 7,709 \%$$

Kenaikan tegangan akibat penambahan kapasitor di GH Kota Panyabungan

$$= 7.709 \% \times 20.000$$

$$= 1.541 \text{ Volt}$$

Tegangan ujung GH kota Panyabungan dengan kapasitor yang terpasang

$$V_R = 20.000 + 1.541 = 21.541 \text{ Volt}$$

b. Feeder Muarasoma sesudah dipasang kapasitor

$$\text{Arus beban (I)} = 25 \text{ Amper}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 20.000 \text{ Volt}$$

$$\text{Panjang saluran (L)} = 46,4 \text{ kms}$$

$$\text{Luas penampang (A3C)} = 70 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cos}\phi_2 = 0,99$$

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \\ &= 1,732 \cdot 21.541 \times 25 \\ &= 932.752 \text{ VA} \\ &= 0,932 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Selanjutnya pendekatan perhitungan jatuh tegangan dalam persen (%)

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} x 100\%$$

$$K = (r\cos\phi + x\sin\phi)$$

Untuk kawat 70 mm^2

$$K = 0,4608 \times 0,99 + 0,3572 \times 0,144 = 0,507$$

$$\delta V\% = \frac{0,932 \times 46,4 \times 0,507}{21.541^2} x 100\% = 4,72$$

Jadi besar jatuh tegangan adalah

$$\Delta V = (\delta V)\% \times V_{\text{sumber}}$$

$$\Delta V = 4,72\% \times 21.541$$

$$\Delta V = 101,673 \text{ Volt}$$

$$= 0,1016 \text{ Kv}$$

Tegangan ujung feeder Muarasoma

$$V_R = 21.541 - 1016$$

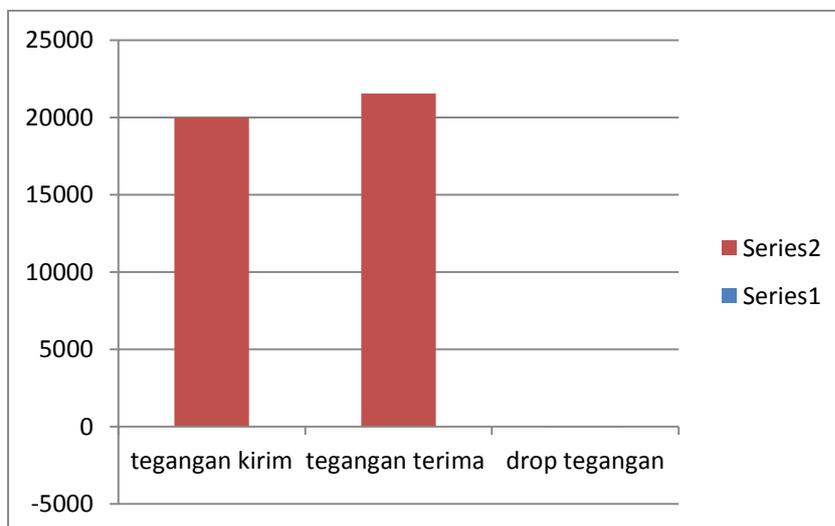
$$V_R = 20.525 \text{ Volt}$$

$$= 20,5 \text{ kV}$$

Tabel 4.4 tegangan kirim dan tegangan terima sesuai dengan analisa data sesudah penambahan kapasitor

NO	Feeder	V Kirim (kV)	V Terima (kV)	V Drop (kV)
1	GH Kota Panyabungan	20 kV	21,5 kV	-1,5 kV
2	Feeder Muarasoma	21,5 kV	20,5 kV	1,0 Kv

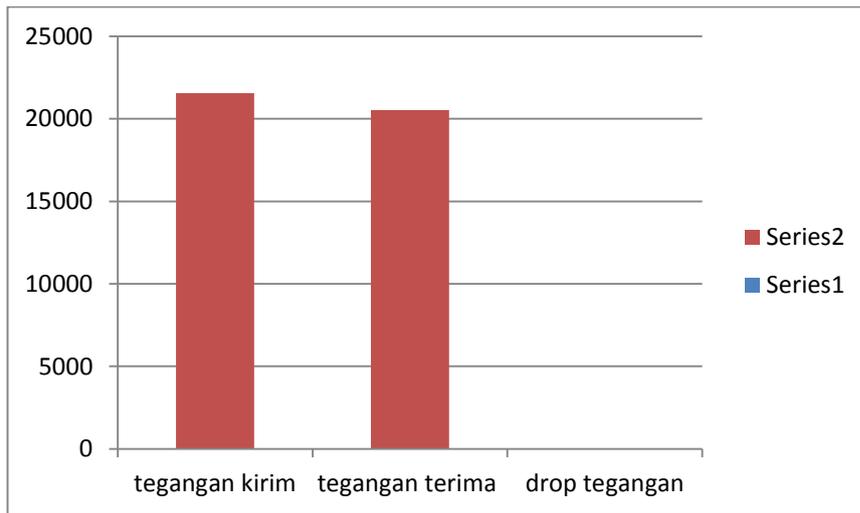
Dari tabel diatas setelah dilakukan penambahan kapasitor tegangan kirim Gardu Hubung Kota Panyabungan 20 kV, membuat tegangan ujung naik sebesar 21,5 kV, maka tegangan kirim ke feder Muarasoma setelah penambahan kapasitor adalah 21,5 kV dan tegangan ujung feder Muarasoma 20,5 kV.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan tegangan sesudah penambahan kapasitor di

GH

Panyabungan



Gambar 4.5 Grafik perbandingan tegangan sesudah penambahan kapasitor

di

feeder Muarasoma

Tabel 4.5 Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor

dapat kita lihat pada tabel di bawah :

NO	FEDER	Sebelum di pasang kapasitor			Sesudah di pasang kapasitor		
		V Kirim kV	V Terima kV	V Drop kV	V Kirim kV	V Terima kV	V Drop kV
1	GH Kota Panyabungan	20	18,9	1,1	20	21,5	-1.5
2	Muarasoma	18,9	17,7	1,2	21.5	20,5	1.0

Dari tabel diatas tegangan kirim GH Kota Panyabungan sebesar 20 kV, dimana tegangan ujung terima sesudah penambahan kapasitor sebesar 21,5 kV. Pada feeder Muarasoma untuk tegangan kirim sendiri adalah 21,5 kV, Sedangkan tegangan ujungnya setelah pemasangan kapasitor adalah 20,5 kV.

Sebelum dipasang kapasitor drop tegangan di GH Kota Panyabungan adalah 1,1 kV dan di feeder Muarasoma 1,17 Kv. Dan setelah dipasang kapasitor di GH Kota Panyabungan drop tegangannya adalah -1,5 kV dan di feeder Muarasoma adalah 1 kV. Maka, sebelum dipasang kapasitor drop tegangannya sangat besar, dan sesudah dipasang kapasitor drop tegangan semakin kecil.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari perhitungan analisa data yang telah dilakukan pada GH Kota Panyabungan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan kirim dan tegangan terima sebelum penambahan kapasitor pada feeder GH kota Panyabungan tegangan kirim 20 kV, tegangan terima 18,9 kV, drop tegangan 1,1 kV. Untuk feeder Muarasoma tegangan kirim 18,9 kV, tegangan terima 17,7 kV, drop tegangan 1,2 kV.
2. Tegangan kirim dan tegangan terima setelah penambahan kapasitor pada feeder GH kota Panyabungan tegangan kirim 20 Kv tegangan terima 21,5 kV, drop tegangan -1,5. Untuk feeder Muarasoma tegangan kirim 21,5 kV, tegangan terima 20,5 kV drop tegangan 1 kV.
3. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa penambahan kapasitor sangat berpengaruh dalam perbaikan drop tegangan, semakin banyak kapasitor yang dipasang maka akan semakin kecil drop tegangan yang terjadi, begitu pula sebaliknya.

5.2 Saran

1. Solusi untuk perbaikan drop tegangan bisa dilakukan dengan perbaikan faktor daya, pemasangan kapasitor, memperbesar luas penampang kawat penghantar, dan penambahan GH.

DAFTAR PUSTAKA

- Yani, A. 2017. *Pemasangan Kapasitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya*. Jurnal.Fakultas Teknik. STT-Harapan.
- Erhaneli, Ramadonal. 2015. *Optimasi Pemasangan Kapasitor Dalam Perbaikan Faktor Daya dan Drop Tegangan pada Sistem Distribusi 20 Kv (Feeder Ekspres GH Balitan Raton Sitiung) Menggunakan Simulasi ETAP 7.5*. Jurnal. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Padang.
- Abid, Adrizal. 2010. *Analisa Perbaikan Drop Tegangan Pada Gardu Hubung Dengan Menggunakan Kapasitor Daya (Aplikasi GH Pariaman-Lubuk Basung)*. Tugas Akhir.Institut Teknologi Padang. Padang.
- Ridwan, M. 2018. *Analisa Penggunaan Kapasitor Daya Untuk Memperbaiki Kinerja Dan keandalan Sistem Distribusi 20 Kv PT. PLN (Persero) Rayon Padang Sidimpuan unit Gh Kota Nopan*. Tugas Akhir. Padang. Institut Teknologi Padang. Padang
- A. N. Handayani, Fani Istiana, Yuningtyastuti, “*Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi Daya Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Software Etap 12.6.0,*” pp. 0–6, 2016. Jurnal. Fakultas Teknik.Universitas Diponegoro.
- Kadir, Abdul. 1998, *Transmisi Tenaga Listrik*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kadir, Abdul. 2000, *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Penerbit Universitas. Indonesia.
- Djiteng Marsudi. Ir.1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit Dan Humas ISTN. Jakarta.
- Pabla A.S. Alih Bahasa Abdul Hadi. Ir.. 1986. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Erlangga.
- William D. Stevenson Jr. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit ; Erlangga, Bandung.

LAMPIRAN 1



LAMPIRAN 2



ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN PADA FEEDER JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN 20 kV DI PT.PLN RAYON NATAL DI MUARASOMA,KAB.MANDAILING NATAL

Yuusuf Afandy¹ NPM. 1307220046, Ir.Abdul Azis Hutasuhut,S.T. M.T², Elvy Sahnur Nasution, S.T, M.Pd³

Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU¹

Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU^{2,3}

Jl. Kapten Muchtar Basri,BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238¹

Email :yusufafandy1994@gmail.com¹

ABSTRAK

Pada penyaluran energi listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi teknis (losses), yaitu rugi daya dan rugi energi, mulai dari pembangkit, transmisi, dan distribusi. Seiring berkembangnya suatu daerah kebutuhan akan tenaga listrik akan selalu meningkat. Dalam penyaluran energi listrik terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi diantaranya adalah jatuh tegangan (drop tegangan). Drop tegangan termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Untuk mengatasi hal tersebut terdapat beberapa metode yang biasa digunakan untuk memperbaiki jatuh tegangan, adapun metodenya yang biasa digunakan adalah dengan pemasangan kapasitor bank, dan memperbesar luas permukaan penampang saluran distribusi. Pemasangan kapasitor bank fungsinya untuk memperkecil arus yang mengalir pada penghantar serta untuk memperbaiki faktor daya sehingga akan mengurangi besarnya rugi—rugi dan daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi. Dalam penelitian ini drop tegangan sebelum pemasangan kapasitor pada feeder GH kota Panyabungan 1,1 kV dan pada feeder Muarasoma 1,2 kV. Setelah pemasangan kapasitor drop tegangan pada feeder GH kota Panyabungan -1,541 kV dan feeder Muarasoma 1,0 kV. Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui bagaimana menganalisa perbaikan drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT. PLN Rayon Natal di Muarasoma. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa penambahan kapasitor sangat berpengaruh dalam perbaikan drop tegangan, semakin banyak kapasitor yang dipasang maka akan semakin kecil drop tegangan yang terjadi, begitu pula sebaliknya.

Kata kunci : Rugi-Rugi,Drop Tegangan,Kapasitor

1. PENDAHULUAN

Penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen diperlukan suatu jaringan tenaga listrik. Pada penyaluran energi listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi teknis (losses), yaitu rugi daya dan rugi energi, mulai dari pembangkit, transmisi, dan distribusi. PT.PLN (persero) merupakan salah satu perusahaan listrik yang melayani kebutuhan listrik masyarakat dari kota ke pedesaan. Dalam penyaluran energi listrik terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi diantaranya adalah “jatuh tegangan”. Drop tegangan (tegangan jatuh) termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Untuk mengatasi hal diatas tersebut, terdapat beberapa metode yang biasa digunakan untuk memperbaiki jatuh tegangan,

adapun metode yang biasa digunakan adalah dengan pemasangan kapasitor bank, dan memperbesar luas permukaan penampang saluran ditribusi.

1.1 Rumusan Masalah

Bagaimana memperbaiki drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT. Rayon Natal di Muara Soma, Kab. Madina.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana menganalisa perbaikan drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT.PLN Rayon Natal di Muara Soma, Kab. Madina.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan semua bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan sumber daya besar dengan rangkaian pelayanan pada konsumen. Fungsi utama dari sistem distribusi adalah untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya ke pemakai atau konsumen. Baik buruknya suatu sistem distribusi dinilai dari bermacam-macam faktor, diantaranya menyangkut hal-hal sebagai berikut :

- a. Kontinuitas pelayanan,
- b. Efisiensi,
- c. Fleksibilitas,
- d. Regulasi tegangan,
- e. Harga system.

Saluran Distribusi

Energi listrik tegangan 20 kV di busbar gardu induk, disalurkan melalui feeder-feeder (penyulang) distribusi ke gardu hubung atau dapat langsung dihubungkan ke konsumen. Dari gardu hubung, energi disalurkan ke gardu-gardu distribusi.

Pembagian dari Sistem Dstribusi

Secara singkat fungsi dari bagian-bagian sistem distribusi di bawah adalah sebagai berikut :

- a. Gardu Induk Tranmisi
- b. Saluran Sub Tranmisi
- c. Gardu Induk Sub
- d. Jaringan Distribusi Primer
- e. Gardu Hubung
- f. Gardu Distribusi
- g. Jaringan Distribusi Sekunder

Drop tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Jatuh tegangan selalu terjadi pada jaringan, baik pada pelanggan maupun pada perusahaan listrik. Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim (*sending end*) dan tegangan pada sisi terima (*receiving end*). Dengan semakin besar pula perbedaan nilai tegangan yang ada pada sisi kirim dengan yang ada pada sisi terima.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan untuk mengetahui bagaimana menganalisa perbaikan drop tegangan pada feeder jaringan distribusi tegangan 20 kV di PT. PLN Rayon Natal di Muarasoma.

Tabel 3.1 Proses Penelitian di kantor PT.PLN Rayon Natal

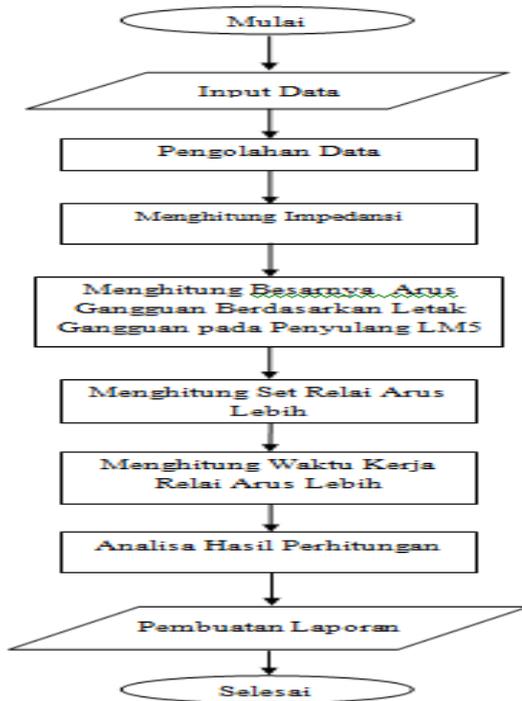
No	Tgl/Bulan/Tahun	Uraian	Keterangan
1	27-07-2018	Mencatat/foto hasil alat ukur Power Meter PM-15 sebelum pemakaian kapasitor bank	Kantor PT.PLN Rayon Natal di Muarasoma
2	27-07-2018	Mencatat/foto hasil alat ukur Power Meter PM-15 setelah dua jam pemakaian kapasitor bank	Kantor PT.PLN Rayon Natal di Muarasoma

2.2 Jalannya Penelitian

Penelitian dimulai pertama kali dengan merumuskan masalah yang akan dikaji dalam penelitian, dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan sebagai landasan pelaksanaan penelitian. Jalannya penelitian dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

- 1.Mengitung jatuh tegangan sebelum dipasang kapasitor
- 2.Menghitung besarnya ukuran kapasitor yang dibutuhkan untuk mencapai faktor daya atau $\cos \phi$ yang diinginkan.
- 3.Menghitung jatuh tegangan sesudah dipasang kapasitor

3.3 Flowchart Penelitian



Gambar 3.3. Flow Chart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Jatuh tegangan sebelum dipasang kapasitor

a. GH Kota Panyabungan sebelum penambahan kapasitor

Arus beban(I)
= 25 Amper

Tegangan (V)
= 20.000 Volt

Panjang saluran (L)
= 43,60 kms

Luas penampang (AAAC)
= 70 mm²

Cos ϕ_2
= 0,80

Daya Semu (S) :

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \\
 &= 1,732 \cdot 20.000 \cdot 25 \\
 &= 866.025 \text{ VA} = 0,866
 \end{aligned}$$

MVA

Perhitungan jatuh tegangan dalam persen(%)

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} \times 100\%$$

Untuk kawat 70 mm²

$$K = (r \cos \phi + x \sin \phi) \times 100\%$$

$$K = (0,4608 \times 0,8 + 0,3572 \times 0,599) = 0,5826$$

Drop Tegangan(δV):

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} \times 100\%$$

$$\delta V\% = \frac{0,866 \times 43,60 \times 0,5826}{20.000^2} \times 100\%$$

$$\delta V\% = 5,5$$

Jadi besar jatuh tegangan (ΔV) adalah

$$\Delta V = (\delta V)\% \times V_{sumber}$$

$$\Delta V = 5,5\% \times 20.000$$

$$\Delta V = 1100 \text{ Volt}$$

Tegangan ujung GH Kota Panyabungan
(Tegangan Terima = V_R):

$$V_R = V_S - \Delta V$$

$$V_R = 20.000 - 1100$$

$$V_R = 18.900 \text{ Volt}$$

b. Sebelum dipasang kapasitor di feeder

Muarasoma

Arus beban(I)	= 25
Amper	
Tegangan (V)	= 18.900
Volt	
Panjang saluran (L)	= 46,4
kms	
Luas penampang (AAAC)	= 70
mm ²	
Cos ϕ_2	= 0,99
S	= $\sqrt{3} \cdot V \cdot I$
I	
S	= 1,732 .
18.900 . 25	
S	=
818.394 VA	
	= 0,818
MVA	

Selanjutnya pendekatan perhitungan jatuh tegangan dalam persen (%)

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} x100\%$$

Untuk kawat 70 mm²

$$K=(rcos\phi + xsin\phi)x100\%$$

$$K=(0,4608 x 0,8 + 0,3572 x 0,599) = 0,5826$$

Drop Tegangan (δV):

$$\delta V\% = \frac{SxLxK}{V^2} x100\%$$

$$\delta V\% = \frac{0,818x43,60x0,5826}{18,900^2} x100\%$$

$$\delta V\% = 5,82$$

Jadi besar jatuh tegangan (ΔV) adalah :

$$\Delta V = (\delta V)\% x V_{sumber}$$

$$\Delta V = 5,82\% x 18.900$$

$$\Delta V = 1169 \text{ Volt}$$

Tegangan ujung feeder Muarasoma
(TeganganTerima = V_R):

$$V_R = V_S - \Delta V$$

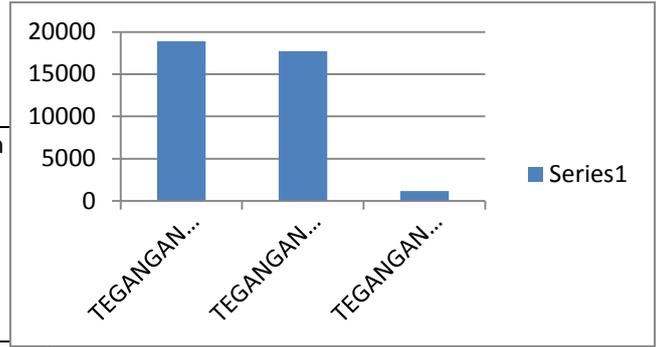
$$V_R = 18.900 - 1169$$

$$V_R = 17731 \text{ Volt}$$

$$= 17,73 \text{ Kv}$$

Tabel 4.3. Tegangan kirim dan tegangan terima sebelum penambahan kapasitor

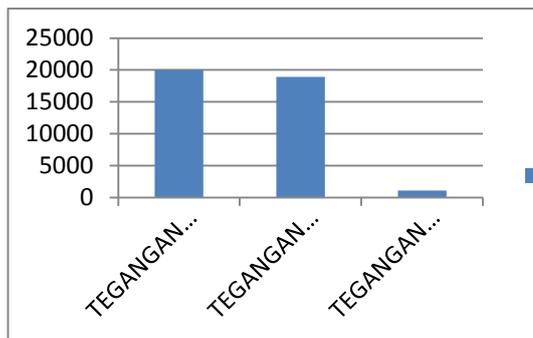
N O	Feeder	Tegangan Kirim (V_s) (kV)	Tegangan Terima (V_R) (kV)	Tegangan Drop (ΔV) (kV)
1	GH Kota Panyabungan	20 kV	18,9 kV	1,1 kV
2	Feeder Muarasoma	18,9 kV	17,73 kV	1,17 kV



Gambar 4.3 Grafik perbandingan tegangan sebelum penambahan kapasitor pada Feeder Muarasoma.

4.2 Perhitungan pemasangan kapasitor Setelah pemasangan kapasitor

Dari tabel diatas tegangan kirim GH Kota Panyabungan sebesar 20 kV, dimana tegangan ujung terima sebesar 18,9 kV. Untuk tegangan kirim pada feeder Muarasoma sendiri adalah 18,9 kV, sedangkan tegangan ujung terimanya adalah 17,73 kV.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan tegangan sebelum penambahan kapasitor pada GH Kota Panyabungan.

kenaikan tegangan setelah dipasang kapasitor di GH Kota Panyabungan dengan perhitungan sebagai berikut :

b. GH Kota Panyabungan

Reaktansi saluran
= 0,3572

Tegangan (V)
= 20.000 Volt

Panjang saluran (L)
= 43,60 kms

Luas penampang (AAAC)
= 70 mm²

Cos ϕ ₂
= 0,99

$$\delta V\% = \frac{LX(Qc1 + Qc2)}{V^2} \times 100\%$$

$$\delta V\% = \frac{43,6 \times 0,3572 (0,99+0,99)}{20.000^2} \times 100\%$$

$$= 1,732 \cdot 21.541 \times 25$$

$$\delta V\% = \frac{30,836}{400.000} \times 100\%$$

$$932.752 \text{ VA}$$

=

$$= 0,932$$

MVA

$$\delta V\% = 7,709 \%$$

Selanjutnya pendekatan perhitungan jatuh tegangan dalam persen (%)

Kenaikan tegangan akibat penambahan kapasitor di GH Kota Panyabungan

$$\delta V\% =$$

$$= 7.709 \% \times 20.000$$

$$\frac{SxLxK}{V^2} \times 100\%$$

$$= 1.541 \text{ Volt}$$

$$K = (r \cos \phi + x \sin \phi)$$

Tegangan ujung GH kota Panyabungan dengan kapasitor yang terpasang

Untuk kawat 70 mm²

$$V_R = 20.000 + 1.541 =$$

$$K = 0,4608 \times 0,99 +$$

$$0,3572 \times 0,144 = 0,507$$

$$21.541 \text{ Volt}$$

$$\delta V\% = \frac{0,932 \times 46,4 \times 0,507}{21.541^2} \times 100\% = 4,72$$

b. Feeder Muarasoma sesudah dipasang kapasitor

Jadi besar jatuh tegangan adalah

Arus beban (I) = 25 Amper

$$\Delta V = (\delta V)\% \times V_{sumber}$$

Tegangan (V) = 20.000 Volt

$$\Delta V = 4,72\% \times 21.541$$

Panjang saluran (L) = 46,4 kms

$$\Delta V = 101,673 \text{ Volt}$$

$$= 0,1016 \text{ kV}$$

Luas penampang (AAAC) = 70 mm²

Tegangan ujung feeder Muarasoma

$$V_R = 21.541 - 1016$$

Cosφ₂ = 0,99

$$V_R = 20.525 \text{ Volt}$$

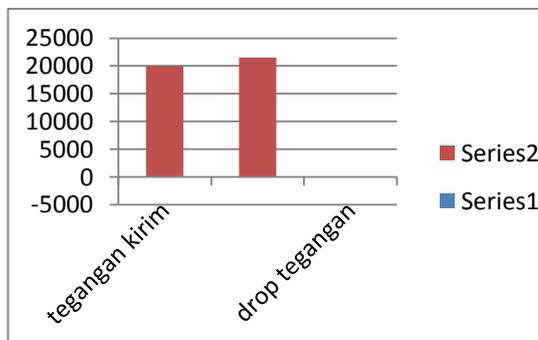
S = √3 . V . I

$$= 20,5 \text{ Kv}$$

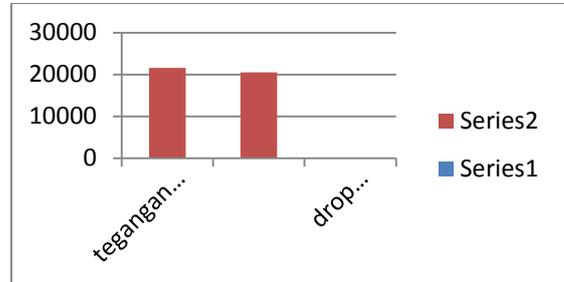
Tabel 4.4 tegangan kirim dan tegangan terima sesuai dengan analisa data sesudah penambahan kapasitor

N O	Feeder	V Kiri m (kV)	V Terim a (kV)	V Dro p (kV)
1	GH Kota Panyabung an	20 kV	21,5 kV	-1,5 kV
2	Feeder Muarasoma	21,5 kV	20,5 kV	1,0 Kv

Dari tabel diatas setelah dilakukan penambahan kapasitor tegangan kirim Gardu Hubung Kota Panyabungan 20 kV, membuat tegangan ujung naik sebesar 21,5 kV, maka tegangan kirim ke feder Muarasoma setelah penambahan kapasitor adalah 21,5 kV dan tegangan ujung feder Muarasoma 20,5 kV.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan tegangan sesudah penambahan kapasitor di GH Panyabungan.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan tegangan sesudah penambahan kapasitor di feeder Muarasoma.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari perhitungan analisa data yang telah dilakukan pada GH Kota Panyabungan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan kirim dan tegangan terima sebelum penambahan kapasitor pada feeder GH kota Panyabungan tegangan kirim 20 kV, tegangan terima 18,9 kV, drop tegangan 1,1 kV. Untuk feeder Muarasoma tegangan kirim 18,9 kV, tegangan terima 17,7 kV, drop tegangan 1,2 kV.
2. Tegangan kirim dan tegangan terima setelah penambahan kapasitor pada feeder GH kota Panyabungan tegangan kirim 20 Kv tegangan terima 21,5 kV, drop tegangan -1,5. Untuk feeder Muarasoma tegangan kirim 21,5 kV, tegangan terima 20,5 kV drop tegangan 1 kV.
3. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa penambahan kapasitor sangat

berpengaruh dalam perbaikan drop tegangan, semakin banyak kapasitor yang dipasang maka akan semakin kecil drop tegangan yang terjadi, begitu pula sebaliknya.

5.2 Saran

1. Solusi untuk perbaikan drop tegangan bisa dilakukan dengan perbaikan faktor daya, pemasangan kapasitor, memperbesar luas penampang kawat penghantar, dan penambahan GH

DAFTAR PUSTAKA

Abid, Adrizal. 2010. *Analisa Perbaikan Drop Tegangan Pada Gardu Hubung*

*Dengan Menggunakan Kapasitor Daya (Aplikasi GH Pariaman-Lubuk Basung). Tugas Akhir.*Institut Teknologi Padang. Padang.

A. N. Handayani, Fani Istiana, Yuningtyastuti, "Analisis Jatuh Tegangan dan

Rugi Daya Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Software Etap 12.6.0," pp. 0–6, 2016. Jurnal. Fakultas Teknik.Universitas Diponegoro.

Djiteng Marsudi. Ir.1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik.* Balai Penerbit Dan Humas ISTN. Jakarta.

Erhaneli, Ramadonal. 2015. *Optimasi Pemasangan Kapasitor Dalam Perbaikan*

Faktor Daya dan Drop Tegangan pada Sistem Distribusi 20 Kv (Feeder Ekspres GH Balitan Raton Sitiung) Menggunakan Simulasi ETAP 7.5. Jurnal. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Padang.

Kadir, Abdul. 1998, *Transmisi Tenaga Listrik.* Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

Kadir, Abdul. 2000, *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik,* Penerbit Universitas. Indonesia.

Pabla A.S. Alih Bahasa Abdul Hadi. Ir.. 1986. *Sistem Distribusi Daya Listrik.* Erlangga.

Ridwan, M. 2018. *Analisa Penggunaan Kapasitor Daya Untuk Memperbaiki*

Kinerja Dan keandalan Sistem Distribusi 20 Kv PT. PLN (Persero) Rayon Padang Sidimpuan unit Gh Kota Nopan. Tugas Akhir. Padang. Institut Teknologi Padang. Padang.

William D. Stevenson Jr. *Analisis Sistem Tenaga Listrik.* Penerbit ; Erlangga, Bandung.

Yani, A. 2017. *Pemasangan Kapasitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya.* Jurnal.Fakultas Teknik. STT-Harapan.

