

**SIMULASI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR
BANK UNTUK PERBAIKAN DROP TEGANGAN
PADA FEEDER BUMIAYU 07 DENGAN ETAP**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI UNNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG



DISUSUN OLEH :

DEDI MAKMUR

NIM 30601700010

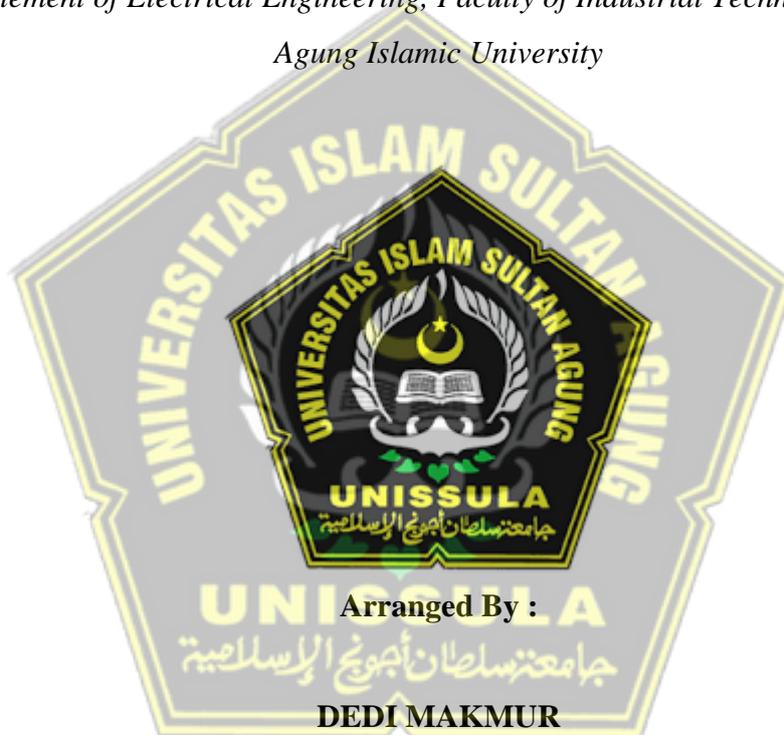
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

FINAL PROJECT

***SIMULATION OPTIMIZATION OF BANK CAPACITOR
PLACEMENT FOR VOLTAGE DROP REPAIR ON FEEDER
BUMIAYU 07 WITH ETAP***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Sultan
Agung Islamic University*



Arranged By :

DEDI MAKMUR

NIM 30601700010

**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “SIMULASI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN DROP TEGANGAN PADA FEEDER BUMIAYU 07 DENGAN ETAP” ini disusun oleh:

Nama : Dedi Makmur
NIM : 30601700010
Program Studi : Teknik Elektro

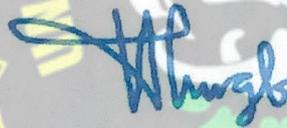
Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

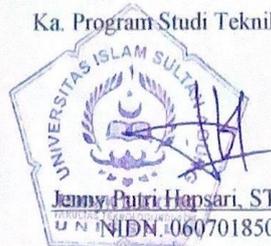


Dedi Nugriho, ST., MT.
NIDN. 0617126602

Gunawan, ST., MT.
NIDN. 0607117101

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST., MT.
NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "SIMULASI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN DROP TEGANGAN PADA FEEDER BUMIAYU 07 DENGAN ETAP" ini telah dipertahankan didepan Penguji Sidang Tugas Akhir Pada :

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji

Tanda Tangan

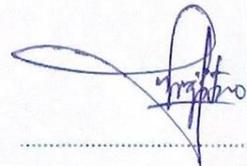
Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT.
NIDN. 0618066301
Ketua



Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT.
NIDN. 0619076401
Penguji II



Agus Suprajitno, ST., MT.
NIDN. 0602047301
Penguji III



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Dedi Makmur
NIM : 30601700010
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul "SIMULASI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN DROP TEGANGAN PADA FEEDER BUMIHAYU 07 DENGAN ETAP" adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 23 Februari 2022

Yang Menyatakan


Dedi Makmur

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dedi Makmur
NIM : 30601700010
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri
Alamat Asal : Jl. Jaya Desa Klampok RT.13/07 Wanasari, Brebes
No. HP / Email : 0895322810411 / dedymakmur44@std.unissula.ac.id

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul **SIMULASI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN DROP TEGANGAN PADA FEEDER BUMIAJU 07 DENGAN ETAP**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 23 Februari 2022

Yang Menyatakan


Dedi Makmur

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan :

Pertama,

Allah SWT yang telah memberikan rahmat taufik dan hidayah serta kasih sayang Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas saya dalam melewati setiap ujian dan cobaan-Nya

Kedua,

Bapak Wito, Ibu Toinah, Duriyah, Mulyadi

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua Orang Tua dan Kakak saya yang tak ada henti-hentinya dalam mendoakan dan memberi semangat serta selalu menjadi motivasi saya dalam menyelesaikan studi saya.

Ketiga,

Untuk seluruh Dosen Fakultas Teknologi Industri Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi dalam menyelesaikan studi.



HALAMAN MOTTO

“Dan mereka tidak mengetahui apa – apa dari ilmu Allah, melainkan apa yang dikehendaki-(Nya)” (Al Baqarah : 225).

“Barang siapa belum pernah merasakan pahitnya mencari ilmu walau sesaat, ia akan menelan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya”

(Imam Syafi’i)

“Kebodohan itu merusak, tetapi merasa dirinya paling pintar lebih merusak”

(Gus Baha)



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Rasa syukur penulis kepada kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya sehingga masih berkesempatan untuk menuntut ilmu dalam keadaan sehat wal'afiat. Shalawat serta Salam tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. Aamiin ya Yaa Robbaalalamin.

Penyusun Tugas Akhir ini adalah merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penulisan Tugas Akhir ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan jazaakumullah khoiron katsiroh dan terimakasih yang tiada hingganya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., M.Hum selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Dedi Nugroho, ST., MT., dan Gunawan, ST., MT., selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya hingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Kedua orang tua Bapak Wito dan Ibu Toinah yang saya cintai, akan senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan, perhatian, kesabaran, dan

kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

7. Kepada teman – teman seperjuangan Teknik Elektro 2017 dan Mahapati yang senantiasa memberikan keceriaan, dukungan, semangat, dan doa.
8. Kepada Sahabat – sahabat saya Ndaru, Eko, Bagus, Zidan, Anindya yang telah menjadi teman dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Tidak lupa pula kepada semua pihak yang telah terlibat dan membantu, mendukung, dan mendoakan dalam penyusunan Tugas Akhir, yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan, baik segi materi maupun penyajiannya. Penulis meminta maaf dan membutuhkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga kedepannya laporan ini dapat menjadi lebih baik. Akhirnya penulis sangat berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi para penulis juga. Wallahu'lam.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, 17 Mei 2022



Dedi Makmur

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR.....	i
<i>FINAL PROJECT</i>.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.2.2 Busbar.....	7
2.2.3 Transformator	7
2.2.4 Daya.....	7
2.2.5 Segitiga Daya	9

2.2.6	Drop Tegangan	10
2.2.7	Faktor Daya	11
2.2.8	Penyebab Faktor Daya Rendah	13
2.2.9	Perbaikan Faktor Daya	14
2.2.10	Kapasitor Bank	15
2.2.11	Perawatan Kapasitor	17
2.2.12	<i>Demand Side Management (DSM)</i>	18
2.2.13	<i>Software ETAP (Electrical Transient and Analysis Program)</i>	19
2.2.14	<i>Optimalisasi Penempatan Kapasitor Menggunakan Optimal Capasitor Placement ETAP Power Station</i>	20
BAB III METODE PENELITIAN		22
3.1	Model Penelitian	22
3.2	Langkah – Langkah Penelitian	23
3.3	Obyek Penelitian	23
3.4	Alat dan Bahan	24
3.5	Data Penelitian	24
3.6	Pengumpulan Data	25
3.7	Rancangan Penelitian	27
3.8	Skenario Penelitian	27
3.9	Deskripsi Penelitian atau <i>Flow Chart</i>	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Hasil Penelitian	30
4.2	Perhitungan Drop Tegangan Sebelum Perbaikan.....	31
4.3	Kapasitas Kapasitor Bank	32
4.4	Menentukan Titik Optimal Penempatan Kapasitor	35
4.5	Evaluasi Drop Tegangan Menggunakan Simulasi Simulasi ETAP ...	35
4.6	Pembahasan	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran.....	39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Arah Arus Listrik.....	7
Gambar 2.2 Trigonometri Daya Aktif, Daya Semu dan Daya Reaktif.....	9
Gambar 2.3 Segitiga Daya.....	9
Gambar 2.4 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Lagging.....	11
Gambar 2.5 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Leading.....	12
Gambar 2.6 Arus Sephasa dengan Tegangan.....	12
Gambar 2.7 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor.....	14
Gambar 2.8 Bagian-Bagian Kapasitor Bank.....	15
Gambar 2.9 Penentuan Rating Kapasitor.....	16
Gambar 2.10 Software ETAP 19.0.1.....	19
Gambar 3.1 Single Line Diagram Gardu Induk Bumiayu.....	22
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian PT. PLN (Persero) UP3 Tegal.....	24
Gambar 3.3 Pemodelan Single Line Diagram Gardu Induk Bumiayu Pada ETAP.....	27
Gambar 3.4 Tegangan Pangkal Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP.....	28
Gambar 3.5 Tegangan Ujung Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP.....	28
Gambar 3.6 Flowchart atau Alur Penelitian.....	29
Gambar 4.1 Simulasi Sistem Tenaga Listrik GI Bumiayu.....	30
Gambar 4.2 Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP.....	31
Gambar 4.3 Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP.....	31
Gambar 4.4 Fitur Optimal Capacitor Placement.....	33
Gambar 4.5 Fitur Run Optimal Capacitor Placement.....	33
Gambar 4.6 Hasil Fitur Optimal Capacitor Placement Pada ETAP.....	34
Gambar 4.7 Hasil Fitur Optimal Capacitor Placement Pada ETAP.....	34
Gambar 4.8 Hasil Simulasi Perbaikan Pada ETAP Setelah Dilakukan Pemasangan Kapasitor Bank Yang Optimal.....	36
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Perbaikan Pada ETAP Setelah Dilakukan Pemasangan Kapasitor Bank Yang Optimal.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Beban harian feeder Bumiayu 07	25
Tabel 3.2 Tegangan Pada Setiap Bus Feeder Bumiayu.....	26
Tabel 3.3 Transformator Yang Digunakan Pada Feeder Bumiayu 07	26
Tabel 4.1 Kapasitas Kapasitor Bank.....	34
Tabel 4.2 Titik Optimal Penempatan Kapasitor	35
Tabel 4.3 Contoh Hasil Perbaikan Drop Tegangan Pada Salah Satu Busbar.....	36
Tabel 4.4 Hasil Simulasi Setelah Dilakukan Perbaikan Pada ETAP 12.6.	37



ABSTRAK

Abstrak - Jaringan listrik 20 KV pada feeder Bumiayu 07 mempunyai permasalahan drop tegangan, kualitas tegangan dan sistem pembebanan tidak sesuai standar yang telah ditentukan. Permasalahan ini disebabkan penambahan beban yang terus meningkat, beban penyulang yang besar, panjangnya sumber tegangan ke pusat beban. Akibat dari permasalahan tersebut mengakibatkan kerugian bagi PT. PLN (persero) dan konsumen, sehingga perlu di adakan perbaikan drop tegangan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan dan perhitungan secara optimal dalam melakukan *study* pemasangan kapasitor bank untuk menanggulangi beban induktif.

Penelitian ini membahas tentang perbaikan drop tegangan pada feeder Bumiayu 07 dengan menggunakan kapasitor bank , penempatan kapasitor bank ditempatkan di titik optimal menggunakan metode *optimal capacitor placement* hingga mendapatkan batasan tegangan yang sudah ditentukan. Software ETAP digunakan untuk membantu mencari nilai drop tegangan dan membuat single line diagram.

Hasil simulasi ETAP menunjukkan nilai drop tegangan sebelum perbaikan sebesar 1477 V atau 7,38% setelah dilakukan perbaikan sebesar 993 V atau 4,9% dimana terjadi penurunan pada drop tegangan dan sudah dibawah batasan.

Kata kunci : Kapasitor bank, ETAP, Drop Tegangan

ABSTRACT

Abstract - The 20 KV electricity network on the Bumiayu 07 feeder has problems with voltage drop, voltage quality and the loading system does not meet predetermined standards. This problem is caused by the increasing load, the large feeder load, the length of the voltage source to the load center. As a result of these problems resulted in losses for PT. PLN (Persero) and consumers, so it is necessary to improve the voltage drop. Therefore, it is necessary to plan and calculate optimally in conducting studies on the installation of capacitor banks to cope with inductive loads.

This study discusses the improvement of the voltage drop on the Bumiayu 07 feeder using a capacitor bank, the placement of the capacitor bank is placed at the optimal point using the *optimal capacitor placement* method to obtain a predetermined voltage limit. ETAP software is used to help find the value of the voltage drop and create a single line diagram.

ETAP simulation results show the value of the voltage drop before repair is 1477 V or 7.38% after repair is 993 V or 4.9% where there is a decrease in the voltage drop and is already below the limit.

Keywords : Capacitor bank, ETAP, Voltage Drop

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Adanya peningkatan pertumbuhan perekonomian akan meningkatkan juga pada pertumbuhan konsumen PT. PLN (Persero). Kebutuhan energi listrik Jawa-Bali terus mengalami peningkatan akibat dari bertumbuhnya konsumsi listrik yang mencapai 6,4% setiap tahunnya, dari tahun 2017 sampai 2036 kebutuhan tenaga listrik juga diprediksi mengalami peningkatan dengan persentase 6,401%. Sehingga total kebutuhan tenaga listrik pada 2036 yang harus dipenuhi yaitu sekitar 83,932 GW[1]. Beban yang mengalami pertumbuhan ini disertai dengan peningkatan daya reaktif akibat beban induktif pada saluran yang memicu peningkatan penggunaan daya reaktif pada bus. Maka dari hal tersebut, diperlukan perencanaan dan perhitungan secara optimal untuk melakukan *study* pemasangan kapasitor bank guna mencegah adanya beban induktif. Kaitannya dengan sistem gardu distribusi, apabila tidak adanya sumber daya reaktif di daerah sekitar beban pada suatu jaringan maka seluruh kebutuhan beban reaktif tersebut akan dipikul oleh gardu induk yang tersuplai melalui generator pada pembangkit listrik, dengan demikian arus reaktif akan dialirkan kepada jaringan yang memicu faktor drop tegangan, daya menurun, serta rugi-rugi daya yang meningkat. Drop tegangan yaitu selisih tegangan pada sisi kirim dengan sisi terima [2].

Gardu induk Bumiayu 150 KV PT. PLN (persero) yang berlokasi di Pagojengan Kec. Paguyangan Kabupaten Brebes memiliki dua buah trafo yaitu 20 KV dengan jumlah 7 feeder. Pada penelitian ini diambil obyek penelitian feeder 07 dengan panjang saluran 39,75 kms menggunakan penghantar AAAC 240 mm², 150 mm² dan 70 mm² jenis SUTM. Permasalahan yang terjadi yaitu drop tegangan yang sangat kritis, sistem pembebanan dan kualitas tegangan tidak sesuai standar yang telah ditentukan oleh SPLN T6. 001 tahun 2013. Hal ini disebabkan panjangnya saluran tegangan pusat ke pusat beban, perkembangan beban yang terus bertambah, beban penyulang yang besar. Sehingga dampak dari permasalahan tersebut mengakibatkan kerugian bagi PT. PLN (Persero) dan konsumen.

Melihat pemaparan sebelumnya, beberapa cara yang efisien dan efektif dipilih guna memperoleh nilai yang optimal dari sistem penyaluran tenaga listrik untuk memperbaiki jatuh tegangan pada suatu bus atau penyulang diantaranya adalah memasang tap charger, pelimpahan beban ke penyulang lainnya, memperbesar luas permukaan penampang dan pemasangan kapasitor bank. Dari beberapa metode diatas kapasitor bank (pembangkit daya reaktif) yang memungkinkan bekerja lebih efektif dan efisien, baik penggunaan secara paralel maupun seri. Penggunaan kapasitor bank diharapkan dapat memperbaiki kualitas daya listrik yang terdiri dari faktor daya yang diinginkan dan profil tegangan serta dapat mengurangi susut atau rugi-rugi energi pada sistem distribusi tegangan menengah, mengingat dilihat dari segi financial dan memungkinkan bekerja lebih efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang bisa dirumuskan dengan berdasar kepada latar belakang sebelumnya, yaitu :

- a. Bagaimana menentukan titik penempatan kapasitor bank yang optimal terutama yang berlokasi pada feeder Bumiayu 07 ?
- b. Bagaimana menentukan kapasitas kompensasi besaran kapasitor bank pada feeder Bumiayu 07 ?
- c. Berapa besar nilai drop tegangan sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan pada tegangan kerja 20 kV feeder Bumiayu 07 ?

1.3 Batasan Masalah

Perlu dilakukan batasan variabel supaya penulis melihat permasalahan penelitian secara fokus dan terpusat pada penelitian yang akan dilakukan. Oleh sebab itu, berikut batasan – batasan masalah yang dibatasi penulis :

- a. Penelitian difokuskan pada penempatan kapasitor bank yang optimal feeder 20 Kv Bumiayu 07 untuk memperbaiki drop tegangan dengan bantuan *software* ETAP.
- b. Data diambil hanya dari data 20 Kv feeder Bumiayu 07.
- c. Tidak membahas gangguan yang terjadi disistem tenaga, sistem proteksi dan harmonisasi pada kapasitor.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan berikut ini:

- a. Bagaimana membuat pemodelan sistem jaringan primer feeder bumiayu 07 dengan ETAP.
- b. Menentukan titik penempatan kapaitor bank yang optimal.
- c. Berapa besar perbaikan faktor daya dan drop tegangan akibat penempatan kapasitor pada titik optimal tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan melalui penelitian ini, yaitu:

- a. Pemasangan kapasitor bank dapat memberikan pemahaman terhadap drop tegangan yang terjadi
- b. Dapat menambah pemahaman tentang penempatan kapasitor bank yang optimal dengan cara yang dilakukan pada feeder Bumiayu 07
- c. Dapat memberikan pengetahuan pada nilai kapasitor bank yang diperlukan dalam memperbaiki faktor daya pada trafo distribusi pada feeder Bumiayu 07

1.6 Sistematika Penulisan

Guna memudahkan pada penelitian ini, maka disusun sistematika yang meliputi :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang diambilnya judul penelitian ini, perumusan permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Berisikan kumpulan refrensi dari beberapa penelitian sebelumnya dengan topic yang relevan dengan yang hendak dilaksanakan dan berisi tentang landasan yang mendasari berbagai teori yang menyangkut pelaksanaan penelitian.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan secara rinci metode yang akan dilakukan, berupa model penelitian, data penelitian, flowchart penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan kumpulan data yang dibutuhkan serta pembahasan terhadap permasalahan yang diangkat penelitian.

BAB V : PENUTUP

Berisikan simpulan hasil dari analisis dari beberapa data yang telah dikumpulkan dan berisi tentang saran sebagai dari penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian sebelumnya tentang kapasitor bank dan drop tegangan, antara lain:

- a. Kasus yang relatif mirip Feeder Bumiayu [3]. Dimana dengan judul “Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara Dengan ETAP 12.6”. dilakukan. Rugi rugi daya tersimulasi sebesar 600,9 kW gemlike seleisih yang cukup lebar dibanding hasil perhitungan manual sebesar 509,8 kW. Rugi-rugi yang terkecil ada di line 98 yakni dari bus 200 ke 201 serta rugi-rugi terbesar ada di line 53 yakni dari bus 121 ke 122. Besar dari rugi-rugi daya yang terjadi pada line tersebut akibat relatif tinggi bebanya dengan demikian mengakibatkan besarnya arus. Hal ini dibuktikan ketika dinaikannya beban menjadi 110% (over load) maka akan turut naik pula losses nya. Metode perbandingan hasil simulasi dan perhitungan manual dapat membantu mendapatkan hasil yang lebih baik.
- b. Analisa drop tegangan pada jaringan tegangan menengah dengan menggunakan simulasi program ETAP. Kasus yang relatif mirip dengan feeder Bumiayu penyebab utama adalah sebab terdapatnya pengaruh aliran besar arus pada impedansi, saluran, serta panjang salurang. Terjadinya drop tegangan yang besar pada penyulang gandung masih dalam toleransi PLN yakni - 10% dari tegangan nominalny[4].
- c. Peningkatan kualitas listrik dan faktor daya pada beban listrik rumah tangga menggunakan kapasitor. Kaitannya dalam beban rumah tangga yang berlangganan faktor daya dan sifatnya induktif, maka peningkatan faktor daya bisa dengan penggunaan kapasitor. Pada beban terpasang yang tetap

509,26 Watt pada sistem listrik rumah tangga dengan 0,782 lagging faktor daya sebelumnya menjadi 0,965 lagging. Meminimalisir drop tegangan sebab arus yang turun menjadi 2.63A dari yang sebelumnya yaitu 3.24A [5].

2.2 Landasan Teori

Meningkatnya konsumsi daya listrik serta kebutuhan daya listrik baik dari sisi kuantitas dan kualitas merupakan sesuatu yang perlu diperhatikan oleh perusahaan penyedia listrik terhadap kualitas daya listrik. Masalah karena kualitas daya yang buruk dapat menyebabkan perubahan atau lonjakan frekuensi, arus, dan tegangan yang dapat menyebabkan gagalnya peralatan sistem tenaga listrik. Akibat dari kegagalan ini dapat menjadikan peralatan sistem tenaga listrik rusak baik dari segi penerima ataupun kirim. Guna menemukan solusi atas permasalahan ini, maka haruslah ada sistem distribusi tenaga listrik yang baik.

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Secara ringkas yang dimaksud dengan sistem tenaga listrik yaitu sebuah sistem yang meliputi komponen-komponen berupa beban, distribusi, transmisi, dan pembangkitan yang saling terkait membentuk suatu sistem guna melayani kebutuhan tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Pada dasarnya sistem tenaga listrik bisa dikatakan memiliki 3 bagian utama yaitu :

1. Pembangkit tenaga listrik, yang memiliki fungsi sebagai pembangkit energi listrik dengan mengubah sumber energi lain ke dalam energi listrik.
2. Saluran transmisi, sebagai penyalur energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik jarak jauh ke pusat beban.
3. Jaringan distribusi, jaringan penghantar yang mengkaitkan pusat beban ke pelanggan sesuai kebutuhan.

Tiga bagian tersebut (distribusi, transmisi, dan pembangkitan) merupakan komponen vital yang harus saling menunjang guna mewujudkan sasaran dari sistem tenaga listrik, yakni mendistribusikan pada konsumen.

2.2.2 Busbar

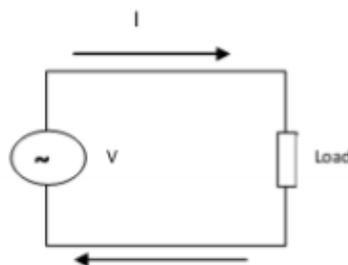
Busbar atau rel yaitu peralatan listrik untuk menyalurkan dan menerima daya listrik atau tenaga listrik menurut jenis isolasi dan titik hubungan trafo trafo - tenaga, SKTM, SKTT, dan SUTT [6]. Fungsi busbar yaitu menghantarkan atau mendistribusikan listrik antara feeder, incomer dan komponen listrik lainnya dalam gardu induk. Busbar juga lebih efektif mengatasi panas berlebih saat dilewati arus listrik yang besar.

2.2.3 Transformator

Transformator adalah alat listrik elektromagnetik statis dengan fungsi guna mengubah dan memindahkan daya listrik antar rangkaian pada satu frekuensi serta perbandingan suatu transformasi melalui gandingan magnet tertentu. Transformator bekerja menurut prinsip induksi elektromagnetis, di mana antara sisi primer dan sekunder memiliki perbandingan tegangan yang berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya dan berbanding lurus dengan perbandingan banyaknya lilitan [7].

2.2.4 Daya

Terkait hal ini, yang dimaksud dengan daya yakni energi yang dikonsumsi untuk menjalankan kerja. Daya dalam sistem kelistrikan adalah energi listrik yang dipergunakan untuk melakukan kerja. Tenaga listrik dalam sistem tenaga listrik bisa dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu daya Nyata/Daya Aktif (*Apparent Power*) dengan satuan Watt yang disimbolkan dengan P, daya Reaktif (*Reactive Power*) dengan satuan VAR (Volt Amper Reaktif) yang disimbolkan dengan Q, serta daya Semu dengan satuan VA (Volt Amper) yang disimbolkan dengan S [5]. Aliran arah arus listrik di Gambarkan 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Aliran Arah Arus Listrik

a. Daya Aktif

Daya yang sesungguhnya dipergunakan oleh konsumen disebut dengan daya aktif. Beberapa contohnya yaitu energi mekanik, cahaya, energi panas. Simbol daya aktif (P) satuan daya aktif watt (W). Persamaan daya aktif seperti ditunjukkan pada persamaan (2.1) dan (2.2), yaitu:

$$P = V_{LN} \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (1 phasa)} \quad (2.1)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (3 phasa)} \quad (2.2)$$

Di mana:

P = Daya aktif (watt)

V_{NL} = Tegangan Line - Netral (volt)

V_{LL} = Tegangan Line - Line

$\cos \varphi$ = Faktor daya

I = Arus (ampere)

b. Daya Reaktif

Daya yang digunakan dalam menghasilkan medan magnet dinamakan daya reaktif. Medan magnet yang dibentuk ini akan menghasikan fluks medan magnet. Beberapa contoh komponen yang membutuhkan daya reaktif yaitu trafoformator, motor induksi. Satuan daya reaktif VAR (volt ampere reactive) simbol daya reaktif (Q). Persamaan daya reaktif seperti yang ditunjukkan pada (2.3) dan (2.4), yaitu:

$$Q = V_{NL} \cdot I \cdot \sin \varphi \text{ (1 phasa)} \quad (2.3)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I \cdot \sin \varphi \text{ (3 phasa)} \quad (2.4)$$

Di mana:

Q = Daya Reaktif (VAR)

V_{NL} = Tegangan Line - Netral (Volt)

I = Arus (Ampere)

V_{LL} = Tegangan Line – Line

c. Daya Semu

Daya yang dihidupkan generator pada sistem pembangkit listrik dinamakan daya semu. Daya semu yakni daya yang diserap oleh beban atau yang dikeluarkan sumber *alternation current* (AC). Simbol daya semu (S) satuan daya semu VA (*volt ampere*). Dibawah ini adalah persamaan daya semu seperti yang ditunjukkan pada (2.5) dan (2.6).

$$S = V_{NL} \cdot I \text{ (1 phasa)} \quad (2.5)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I \text{ (3 phasa)} \quad (2.6)$$

dengan :

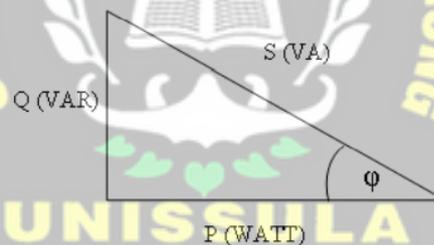
S = Daya Semu (VA)

V_{LL} = Tegangan Line -Line

V_{NL} = Tegangan Line - Netral (Volt)

I = Arus (Ampere)

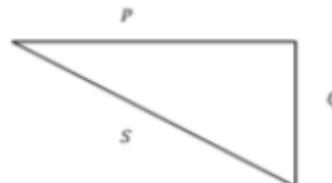
Hubungan ketiga daya tersebut dinamakan sistem segitiga daya yang ditunjukkan 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2 Trigonometri Daya Aktif, Daya Semu dan Daya Reaktif

2.2.5 Segitiga Daya

Definisi dari segitiga daya dalam hal ini ialah hubungan matematika antara berbagai jenis daya, yaitu daya aktif, reaktif, dan daya semu. Hubungan ini dengan prinsip trigonometri sebagaimana ditunjukkan 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3 Segitiga Daya

dengan :

$$S = V \cdot I$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

$$P = S \cdot \cos \varphi \quad (2.7)$$

2.2.6 Drop Tegangan

Drop tegangan disebabkan oleh hambatan pada penghantar, Besarnya arus setiap fasa pada jaringan transmisi, sehingga akan terdapat perbedaan nilai tegangan pada sisi penerima dengan pada sisi pengirim. Besarnya drop tegangan yang ada pada saluran transmisi merupakan selisih dari tegangan pangkal dengan tegangan ujung saluran. Semakin bertambahnya besar perbedaan nilai tegangan pada tegangan pangkal dengan tegangan pada ujung saluran semakin bertambah besar drop tegangan yang ada. seandainya besarnya perbedaan dari tegangan melebihi dengan standar yang telah ditetapkan, mutu penyaluran dapat dikatakan rendah. Dalam sistem penyaluran listrik masalah terkait besarnya tegangan adalah sesuatu yang krusial, baik pada kondisi beroperasi atau sedang dalam perencanaan dengan demikian tegangan pada tiap titik saluran harus selalu diperhatikan. Oleh karena itu pemilihan jenis dan besarnya luas penampang penghantar perlu sangat diperhatikan. Tegangan maksimum yang menyusut ketika beban penuh, yang diperbolehkan pada jaringan distribusi ialah :

- a. Bagi sistem radial SUTM yaitu 5 % dari tegangan kerja.
- b. Pada sistem spindel dan gugus SKTM yaitu 2 % dari tegangan kerja.
- c. 3 % dari tegangan kerja trafo distribusi.
- d. 4 % dari tegangan kerja bergantung pada kepadatan beban, saluran tegangan rendah.
- e. 1 % dari tegangan nominal sambungan rumah.

Oleh karena itu, besarnya jatuh tegangan pada penyaluran tenaga listrik bisa dihitung melalui persamaan (2.8) dan (2.9).

$$\Delta V = I (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (2.8)$$

$$V_{\text{drop}} = \frac{V_{\text{pangkal}}}{V_{\text{ujung}}} \times 100 \quad (2.9)$$

Di mana :

I = Arus beban (Ampere)

X = Reaktansi kabel (Ohm)

R = Tahanan kabel (Ohm)

2.2.7 Faktor Daya

Faktor daya yakni cosinus dari perbedaan sudut fasa antara tegangan dengan arus. $\cos \phi$ simbol dari faktor daya serta rentang nilai yang dimiliki berkisar 0 hingga 1. Nilai faktor daya mendekati 1 memiliki arti semakin baik. Selanjutnya, nilai faktor daya bisa dicari melalui melakukan pembagian terhadap daya aktif (P) dengan daya semu (S). Terdapat tiga faktor daya, yakni unity yang ditentukan oleh jenis beban pada sistem, faktor daya mendahului (*leading*), serta faktor daya tertinggal (*lagging*) [8].

Nilai faktor daya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan yang ditunjukkan dalam persamaan (2.10 – 2.12).

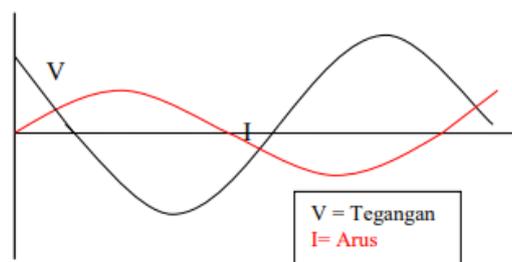
$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{daya aktif } (p)}{\text{daya semu } (s)} \quad (2.10)$$

$$= \frac{V \cdot I \cos \phi}{V \cdot I} \quad (2.11)$$

$$= \cos \phi \quad (2.12)$$

1. Daya Tertinggal (*lagging*)

Lagging (daya tertinggal) dipengaruhi oleh kondisi beban, di mana tegangan digunakan sebagai acuan dalam mengetahui kondisi *lagging* atau *leading*. Faktor ini jika arus tertinggal dari tegangan senilai θ° , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

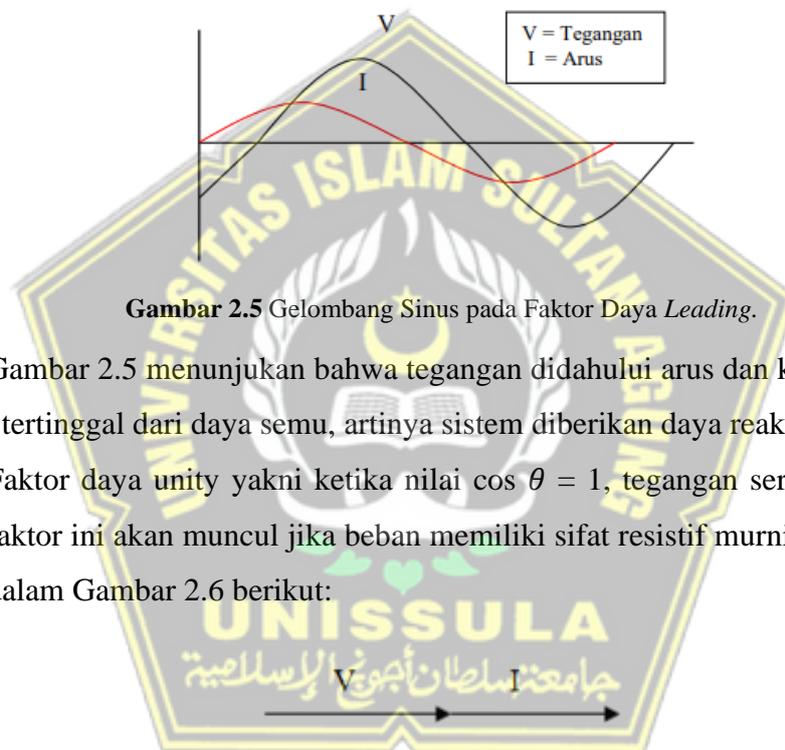


Gambar 2.4 Gelombang Sinus pada Faktor Daya *Lagging*.

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa arus tertinggal dari tegangan dan kemudian daya semu didahului oleh daya reaktif, maknanya bahwa beban menerima atau memerlukan daya reaktif dari sistem.

2. Faktor Daya Mendahului (*leading*)

Leading (daya mendahului) dipengaruhi oleh kondisi beban, di mana tegangan digunakan sebagai acuan dalam mengetahui kondisi *lagging* atau *leading*. Faktor ini jika tegangan didahului oleh arus sebesar θ° , maka beban akan menghasilkan daya reaktif, sebagaimana Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Gelombang Sinus pada Faktor Daya *Leading*.

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa tegangan didahului arus dan kemudian daya reaktif tertinggal dari daya semu, artinya sistem diberikan daya reaktif oleh beban.

3. Faktor daya unity yakni ketika nilai $\cos \theta = 1$, tegangan serta arus sefasa, faktor ini akan muncul jika beban memiliki sifat resistif murni, sebagaimana dalam Gambar 2.6 berikut:

Gambar 2.6 Arus Sephasa dengan Tegangan.

Gambar 7.6 memperlihatkan nilai $\cos \theta$ adalah 1, dimana menjadikan banyaknya daya nyala yang dikonsumsi beban tidak berbeda dari daya semu.

Beban listrik mempunyai sifat-sifat yang terdiri dari 3 bagian, yaitu :

1. Beban resistif

Ini adalah resistor murni, beban sama sekali tidak menyerap daya reaktif namun menyerap daya aktif, sehingga tegangan sefasa dengan arus, contoh : lampu pijar, pemanas.

2. Beban induktif

Ini merupakan beban berupa induktor atau kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, umumnya terdapat pada inti besi yang menyerap daya reaktif (kVAr) serta daya aktif (kW) dan memiliki faktor daya diantara 0-1, beban induktif bersifat lagging yang dimana tegangan mendahului arus (tidak sefasa) sebesar φ° . Contoh : motor-motor listrik, inductor, AC dan juga transformator.

3. Beban kapasitif

Ini merupakan beban yang terdiri dari satu atau beberapa rangkaian kapasitor, beban kapasitif melepaskan daya reaktif (kVAr) dan menyerap daya aktif (kW) dengan faktor daya diantara 0-1, beban kapasitif bersifat leading yang dimana arus mendahului tegangan (tidak sefasa) sebesar φ° . Contoh : kapasitor.

2.2.8 Penyebab Faktor Daya Rendah

Alasan utama faktor daya rendah dari sistem grid atau jaringan listrik adalah beban induktif. Dalam rangkaian induktif murni, arus tertinggal 90° terhadap tegangan dan perbedaan sudut fasa antara arus dengan tegangan menyebabkan faktor daya mendekati nilai nol. Rendahnya faktor daya mengakibatkan arus dan tegangan berlawanan fase, dengan demikian hasil perkalian didapatkan daya dalam Volt Ampere (VA) tidak menghasilkan daya dalam Watt (W).

Peningkatan beban induktif pada sistem tenaga listrik bisa menjadikan nilai faktor daya (PF) selama penyaluran daya mengalami penurunan. Faktor daya (PF) yang menurun menyebabkan banyak kerugian, di antaranya :

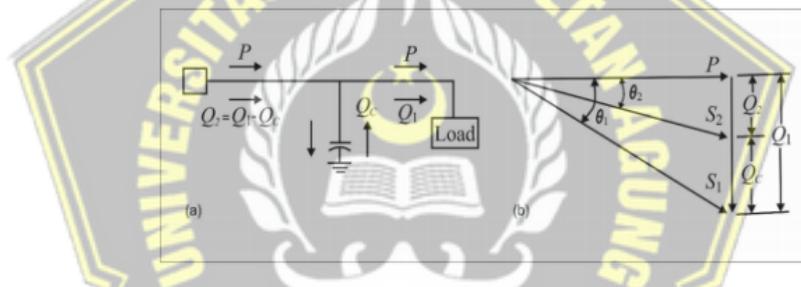
1. Penyaluran daya efisiensi menurun
2. Kebutuhan kVA membesar
3. Adanya drop tegangan mutu listrik menjadi rendah
4. Bertambah besarnya rugi-rugi panas kawat dan peralatan

Penyedia layanan listrik PT. PLN memberlakukan denda VAR karena alasan kerugian akibat turunya faktor daya (PF), konsumen dihimbau untuk berpartisipasi dalam menjaga faktor daya pada tingkat idealnya agar tidak membayar denda akibat kerugian turunya faktor daya.

2.2.9 Perbaikan Faktor Daya

Memperbaiki faktor daya dengan tujuan menaikkan harga $\cos \phi$ (pf) yang low, mengurangi sudut phi 1 dan menjadi phi 2 artinya $\phi_1 > \phi_2$ merupakan hal yang mudah di lakukan. Mencoba mengurangi sudut phi yakni dengan mengurangi komponen daya reaktif (VAR). Langkah mengurangi komponen daya reaktif yang bersifat induktif melalui cara menambahkan sumber daya reaktif tertentu yakni berwujud kapasitor atau disebut kapasitor bank[9].

Menyimpan muatan listrik ketika arus mengalir adalah sifat kapasitor, menyebabkan timbulnya tegangan listrik pada muatan yang terkumpul. Terdapat cadangan daya reaktif yang sangat tinggi pada muatan yang terkumpul. Oleh karena itu, apabila setiap saat jaringan memerlukan daya reaktif, maka kapasitor dapat memberikan cadangan tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor.

Metode perhitungan segitiga daya dapat dipergunakan untuk perbaikan faktor daya, dengan persamaan yang diperlihatkan pada (2.13 - 2.15).

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} \quad (2.13)$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} \quad (2.14)$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (2.15)$$

dengan :

Q_1 = daya reaktif awal atau sebelum perbaikan

S_1 = Daya semu

Q_2 = Daya reaktif setelah perbaikan

S_2 = Daya Semu

Q_c = Daya reaktif kapasitor

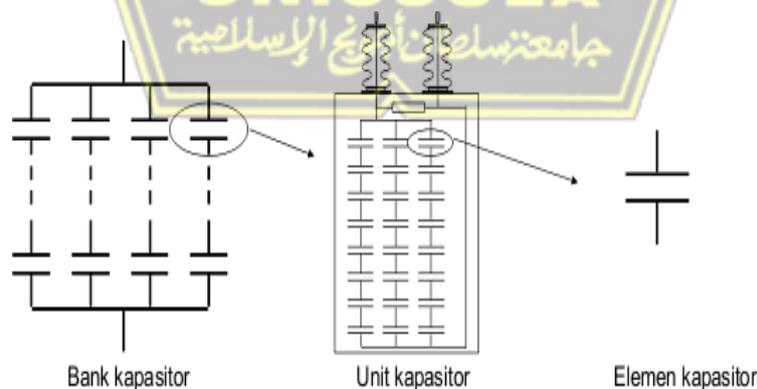
$P = \text{Daya aktif}$

Memperbaiki faktor daya memiliki beberapa keuntungan, diantaranya :

1. Menjadi lebih kecil kebutuhan daya reaktif
2. Menjadi kecil rugi – rugi daya
3. Pengaturan tegangan menjadi lebih baik dan drop tegangan menjadi lebih menurun.

2.2.10 Kapasitor Bank

Kapasitor bank ialah perangkat listrik dengan karakteristik kapasitif, dimana meliputi suatu kumpulan kapasitor yang dihubungkan secara seri atau paralel untuk memperoleh suatu kapasitansi. Kapasitor bank yang dipergunakan dapat memperbaiki faktor daya feeder tersebut menjadi bernilai satu. Guna menemukan titik penempatan paling optimal, maka diperlukan pengujian melalui penempatan kapasitor bank hasil perhitungan, di masing-masing gardu distribusi pada penyulang yang nantinya akan terpasang kapasitor bank. Untuk penempatan kapasitor bank pada gardu distribusi harus disimulasikan dalam *software* ETAP. Setelah di simulasikan hasil dapat dilihat adanya rugi-rugi daya pada feeder, setiap penempatan kapasitor bank. Penempatan kapasitor dengan hasil berupa penurunan rugi-rugi daya terbesar dikatakan sebagai penempatan yang sangat optimal [10]. Bagian – bagian kapasitor bank sebagaimana ditunjukkan 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Bagian-Bagian Kapasitor Bank.

Komponen kapasitor bank terdiri dari beberapa elemen yaitu :

a. Elemen kapasitor

Bagian paling kecil yang ada pada sebuah kapasitor yang berbentuk film plastik dan aluminium disebut dengan elemen kapasitor. Elemen kapasitor terbuat dari dua elektroda yang dipisahkan oleh dielektrik.

b. Unit kapasitor

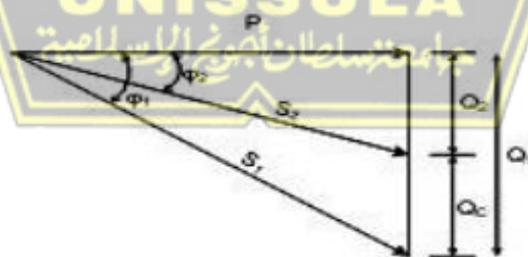
Terdapat resistor yang melengkapi unit kapasitor yang berguna menjadi alat pengosongan (elemen pelepasan muatan kapasitor). Unit kapasitor meliputi beberapa elemen kapasitor yang dihubungkan dalam suatu matriks secara seri dan paralel.

c. Kapasitor bank

Kapasitor bank adalah *colony* atau kumpulan beberapa kapasitor untuk menyimpan energi listrik yang dihubungkan secara paralel dan seri satu sama lain. Penyimpanan yang dihasilkan selanjutnya dipergunakan dalam memperbaiki kelambatan atau menetralkan faktor daya serta menjadikan total keseluruhan energi yang tersimpan meningkat. Kapasitor bank bersifat kapasitif.

1. Ukuran Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya

Ukuran seberapa besar kapasitor yang digunakan dalam meningkatkan faktor daya bisa diketahui, yakni sebagaimana ditunjukkan 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9 Penentuan *Rating* Kapasitor

Jika terjadi perubahan faktor daya menjadi $\cos\phi_2$ dari sebelumnya $\cos\phi_1$ maka kVAR pada faktor daya yang diperbaiki yaitu $kW \times \tan\phi_2$ serta kVAR pada faktor daya mula-mula yaitu $kW \times \tan\phi$. Komponen KW bernilai konstan, sementara VAR dan kVA mengalami perubahan dengan faktor daya yang juga berubah. Oleh karena itu, seberapa besar rating daya reaktif kapasitor (Q_c) yang

diperlukan dalam meningkatkan faktor daya ditunjukkan dalam persamaan berikut ini (2.16).

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (2.16)$$

Penentuan daya reaktif setelah perbaikan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.17) :

$$Q_2 = Q_1 - Q_c \quad (2.17)$$

dimana :

Q_1 = daya reaktif awal atau sebelum perbaikan

Q_c = daya reaktif kapasitor

1. Kapasitansi Kapasitor

Ini adalah kemampuan kapasitor untuk bisa menampung muatan elektron.

2. Reaktansi Kapasitif

Arus rangkaian yang mendahului tegangannya diakibatkan oleh reaktansi kapasitif ini. Reaktansi kapasitif ialah suatu elemen yang menahan arus listrik bolak-balik dalam rangkaian kapasitif. Ini dirumuskan dengan persamaan yang diperlihatkan pada persamaan (2.18).

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} \quad (2.18)$$

dengan :

π = konstanta besar 3,14

X_c = reaktansi kapasitif

f = Frekuensi (Hz)

Iri dirumuskan pula dengan persamaan :

$$X_c = \frac{V_c}{I_c} \quad (2.19)$$

2.2.11 Perawatan Kapasitor

Kapasitor bank agar lebih tahan lama haruslah dilakukan perawatan dengan teratur guna meningkatkan faktor daya. Kelembaban harus diperhatikan, tidak ada resistensi debu dan kotoran. Pastikan kapasitor tidak lagi terhubung ke sumber sebelum memeriksa. Selanjutnya, sebab masih adanya muatan pada kapasitor,

artinya masih terdapat tegangan/arus listrik sehingga kapasitor harus dihubungkan agar muatan akan hilang. Antara lain harus dilakukan beberapa jenis pemeriksaan, yakni:

1. Pemeriksaan pemeriksaan
2. Pemeriksaan kebocoran
3. Pemeriksaan isolator

2.2.12 Demand Side Management (DSM)

Kerugian bagi semua pihak baik pengirim maupun konsumen akibat dampak kebutuhan energi listrik ketika beban puncak. Maka dari hal tersebut, perlunya dilakukan upaya guna meminimalkan kebutuhan listrik dari sisi pelanggan supaya benar-benar efisien dan efektif konsumsi listrik tersebut. *Demand Side Management* (DSM) dirancang guna menemukan pemecahan masalah konsumsi listrik dari sisi konsumen[11].

Demand side Management adalah strategi yang digunakan perusahaan listrik dalam melakukan pengelolaan sisi permintaan lewat bermacam skema di antaranya penghematan energi, pemotongan puncak, transfer beban, manajemen beban fleksibel, pengisian lembah, dan konstruksi beban. kepentingan terbaik. Masalah masa depan dapat diidentifikasi dengan memperkirakan permintaan listrik. Beberapa hambatan yang sering mengkhawatirkan dalam industri tenaga listrik adalah :

1. Tingginya biaya bahan bakar untuk pembangkit dengan bahan bakar fosil atau rendahnya level cadangan air untuk pembangkit hidro
2. Kewajiban untuk mematuhi kebijakan pemerintah untuk efisiensi penggunaan sumber daya yang tersedia
3. Keterbatasan jaringan transmisi
4. Kerugian pendapatan karena tarif uniform dalam sistem yang terisolasi
5. Kekurangan kapasitas pembangkit pada saat beban puncak
6. Tingkat emisi untuk lingkungan
7. Kerugian pendapatan karena masalah pengumpulan dan pembacaan meter

Bila ada pengertian yang baik antara perusahaan listrik dan konsumen listrik, pola DSM dapat diterapkan dengan baik menghasilkan penggunaan sumber

daya yang efisien dan layanan pelanggan yang lebih baik. Apa yang dilakukan oleh perusahaan listrik adalah mencatat pola konsumsi pelanggan mereka

Untuk pelaksanaan DSM, diperlukan penetapan dan penelitian yang mendalam, termasuk penggunaan kapasitas tambahan untuk memenuhi beban puncak sistem, yaitu untuk mengevaluasi besaran pembiayaan dan keuntungan yang akan diperoleh baik dari pasokan dan sisi permintaan dari implementasi. Tujuan utilitas juga terkait erat dengan pilihan alternatif, yaitu penggunaan energi terbarukan, kemandirian dari batu bara dan pengurangan dampak lingkungan, biaya produksi listrik yang lebih rendah.

Pola program DSM (*Demand Side Management*) :

1. Metode tarif
2. Mengendalikan langsung
3. Metode konservasi energi

2.2.13 Software ETAP (*Electrical Transient and Analysis Program*)

Perangkat lunak ETAP adalah perangkat lunak yang secara grafis bisa menggambarkan diagram satu garis serta melakukan sejumlah studi atau analisis yakni *protective device coordination*, *harmonisa transient stability*, *Short Circuit* (hubung singkat), *load flow* (*aliran daya*), *cable derating* dan motor starting. Terdapat masing-masing elemen rangkaian pada sistem tenaga listrik yang bisa diubah langsung dari diagram satu garis, guna mempermudah hasil hitung analisis bisa ditunjukkan dalam diagram satu garis[8]. Simbol *software* ETAP sebagaimana ditunjukkan 2.10 berikut ini:



Gambar 2.10 Software ETAP 19.0.1

Dalam bekerja menggunakan *software* ETAP terdapat hal-hal yang harus diperhatikan, di antaranya:

1. *Library*, yakni informasi tentang seluruh peralatan yang nantinya digunakan pada sistem kelistrikan. Selanjutnya data kelistrikan ataupun mekanik dari peralatan yang lengkap atau detail bisa memperbaiki serta mempermudah hasil analisa atau simulasi.
2. *Single line diagram*, memperlihatkan hubungan antar peralatan atau komponen listrik yang membentuk sistem kelistrikan.
3. *Study case*, berisi beberapa parameter yang menyangkut *study* metode yang nantinya dijalankan serta format hasil analisa.
4. IEC atau ANSI dipergunakan untuk acuan *standart*. Frekuensi metode dan sistem yang dipergunakan.

2.2.14 Optimalisasi Penempatan Kapasitor Menggunakan Optimal Capacitor Placement ETAP Power Station

Software ETAP mempergunakan metode pendekatan algoritma genetika guna mengoptimalkan lokasi serta ukuran kapasitor. Sebuah metode meta-heuristik yang sangat terkenal adalah algoritma genetika. Terdapat performa yang baik pada algoritme genetika untuk bermacam persoalan optimasi hal itu yang membuat menjadi salah satu metode yang populer.

Adaptasi adalah prinsip penting dalam algoritma genetika. Ini memiliki mekanisme kerja yang menyertai fenomena evolusi genetika pada makhluk hidup. Adaptasi dalam algoritma genetika dinyatakan dengan proses memodifikasi struktur individu yang bisa menjadikan kinerja algoritma genetika meningkat. Adapatasi pada konteks ini yaitu kemampuan menyesuaikan diri dengan lingkungan.

Prosedur algoritma genetika dimulai melalui melakukan inialisasi terhadap populasi, menyeleksi, memproduksi (mutasi dan pindah silang), proses elitism (pemindahan) serta keluaran yakni penyelesaian yang paling terbaik. Individu yang sudah dibangkitkan selanjutnya dilakukan evaluais guna menetapkan nilai fitne syang menyatakan kualitas individu serta dirumuskan melalui fungsi objektif. Populasi mencakup beberapa individu yang tersusun berdasarkan beberapa kromosom.

Meminimalkan biaya sistem distribusi adalah fungsi objektif pada penelitian ini. Ada 4 cara untuk mengukur biaya ini :

- a. Biaya pengoprasian kapasitor
- b. Biaya susut sistem distribusi
- c. Biaya pengadaan kapasitor
- d. Biaya pemasangan kapasitor



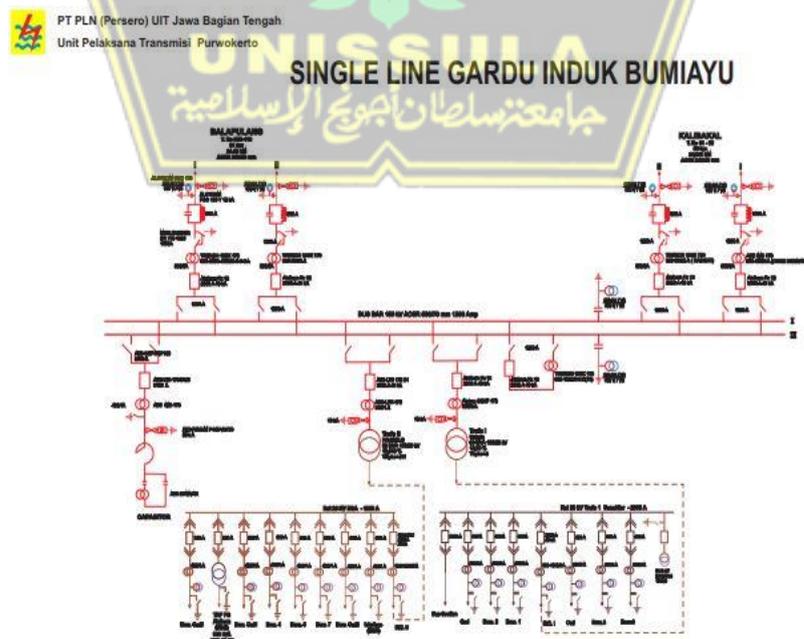
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini penulis menempuh langkah – langkah dengan metode studi literatur, observasi, pengukuran dan analisa. Studi literatur untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan aspek teoritis, memperoleh rumusan dan standar – standar yang akan digunakan untuk optimasi penempatan kapasitor bank sebagai perbaikan drop tegangan pada feeder Bumiayu 07 dengan ETAP 12.6. Hasil dari studi literatur yang digunakan untuk penelitian ini yaitu SPLN 70 – 1 dan SPLN 1 1995. Melakukan observasi untuk melakukan pengamatan dan mengumpulkan data terhadap objek penelitian. Hasil dari observasi yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah data primer dan sekunder.

Data primer disebut dengan data yang didapat melalui sumber penelitian secara langsung dan wawancara atau tanya jawab. Melakukan pengukuran untuk memperoleh data drop tegangan sebelum perbaikan dan selanjutnya melakukan analisa data guna melakukan analisis terhadap seluruh data yang didapatkan dari haril studi literatur, observasi, pengukuran dan analisa.



Gambar 3.1 Single Line Diagram Gardu Induk Bumiayu

Penelitian ini menentukan optimasi penempatan kapasitor bank untuk perbaikan drop tegangan dengan *software* ETAP, untuk pemodelan pada ETAP mengacu *single line diagram* sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.1.

3.2 Langkah – Langkah Penelitian

Beberapa langkah dalam penyusunan penelitian ini, meliputi :

1. Menentukan lokasi feeder penelitian, lokasi feeder penelitian ini mengambil lokasi Bumiayu 07 sesuai dengan saran dari pihak PT. PLN UP3 Tegal.
2. Meminta data saluran distribusi yang ada pada feeder Bumiayu seperti data (Panjang penghantar, luas penampang penghantar, jenis penghantar yang digunakan dan trafo – trafo distribusi pada feeder Bumiayu 07) di PT PLN UP3 TEGAL.
3. Menghitung besarnya kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki besarnya drop tegangan.
4. Menginput data – data yang telah ditentukan ke dalam simulasi dengan ETAP 12.6 guna melihat besarnya drop tegangan yang dapat diperbaiki setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank serta mengalisa penempatan kapasitor bank yang paling optimal.

3.3 Obyek Penelitian

Lokasi penelitian pada feeder Bumiayu 07 PT. PLN (Persero) UP3 Tegal. Pemilihan lokasi tersebut dengan alasan sebab merujuk pada ketersediaan data primer, disebabkan tidak seluruh data primer yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ada pada lokasi penelitian, maka dari hal tersebut lokasi dipilih menggunakan data yang paling lengkap dan rekomendasi dari pembimbingan lapangan dengan judul masalah yang ada. Lokasi penelitian yaitu Jl. Pemuda No.09, Tegal, Jawa Tengah, Indonesia.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian PT. PLN (Persero) UP3 Tegal

3.4 Alat dan Bahan

Pada penelitian kali ini menggunakan instrument penelitian yaitu :

1. Laptop Sony Vaio dengan spesifikasi processor Intel Core i5, Harddisk 500 GB, Memory RAM 4 GB
2. Software aplikasi ETAP 12.6
3. Digi Volt (Meter Displays kV)
4. Stick Isolasi
5. Alat tulis

3.5 Data Penelitian

Data - data yang mendukung dalam menyelesaikan penelitian ini adalah:

1. *Single line diagram* Garu Induk Bumiayu sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.1
2. Data beban harian feeder seperti yang diperlihatkan pada tabel 3.1
3. Data panjang dan jenis penghantar yang digunakan pada saluran distribusi feeder Bumiayu 07 pada Tugas Akhir ini feeder Bumiayu mempergunakan jenis penghantar AAAC 240 mm² dan 150 mm² dengan panjang antar tiap transformator 70 mm².
4. Data transformator (Kapasitas besarnya Transformator, Beban Transformator) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.3

3.6 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk penyusunan penelitian ini mencakup data primer dan sekunder.

1. Sumber Data Primer

Sumber data primer yaitu pengamatan secara langsung dan wawancara atau tanya jawab dengan staff dan bagian teknisi di PT.PLN UP3 Tegal yang berhubungan dengan permasalahan pada obyek yang dijadikan studi kasus. Dalam hal ini seperti data *Single Line diagram*, beban harian feeder, busbar dan transformator, untuk mendapatkan data tersebut sebelumnya harus sudah ada surat izin kepada pihak terkait untuk persetujuan pengambilan data kebutuhan penelitian.

2. Sumber Data Sekunder

Sumber data Sekunder yaitu berbagai data yang didapatkan melalui buku – buku, internet, sebagai acuan untuk menyusun penelitian ini. Dalam hal ini seperti jurnal, penelitian sebelumnya yang memiliki topic yang relevan, untuk mendapatkan itu harus ada internet yang terhubung dan melalui situs google scholar.

Dari hasil penelitian, penyusun mendapatkan beberapa data primer yang dapat digunakan yaitu sebagai berikut :

1. Beban harian feeder Bumiayu 07

Tabel 3.1 Beban harian feeder Bumiayu 07

Time	I_A (A)	I_B (A)	I_C (A)	V_{AB} (kV)	V_{BC} (kV)	V_{CA} (kV)
31/03/2021 9:00:00	92,2	98,1	98,8	20.124	20.236	20.068
31/03/2021 10:00:00	95,4	99,4	101,8	20.064	20,2	20.024
31/03/2021 11:00:00	95,9	100,9	104	20,33	20.451	20.276
31/03/2021 12:00:00	95,4	103,5	108,1	20.402	20.532	20.383
31/03/2021 13:00:00	99,4	108,7	111	20.345	20.486	20.335
31/03/2021 14:00:00	104	113,1	113	20.278	20.431	20.283
31/03/2021 15:00:00	107	120	117,6	20.313	20.448	20,3
31/03/2021 16:00:00	113,5	124,4	120,4	20.346	20,49	20.361
31/03/2021 17:00:00	128,7	132,1	126,6	20,4	20.562	20.424
31/03/2021 18:00:00	154,7	168	163,7	20.389	20.626	20.436
31/03/2021 19:00:00	164,2	172,9	170	20.395	20.635	20.444

2. Tegangan pada setiap bus feeder Bumiayu 07

Tabel 3.2 Tegangan Pada Setiap Bus Feeder Bumiayu

KD Unit	52256	52256	52256	52256	52256	52256	52256
Nama Unit	ULP BUMIA YU	ULP BUMIA YU	ULP BUMIA YU	ULP BUMIA YU	ULP BUMIA YU	ULP BUMIA YU	UKLP BUMIA YU
Route	BMY07	BMY07	BMY07	BMY07	BMY07	BMY07	BMY07
Tegangan(Kv)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Panjang Route(kms)	12,34	100,54	19,97	5,31	18,77		0,05
Jenis	SUTM	SUTM	SUTM	SUTM	SUTM	SUTM	SUTM
Bahan	A3C	A3C	A3C	A3C	A3C	A3C	A3C
Penampang (mm ²)	2x35mm 2	2x70mm 2	3x70mm 2	3x150m m ²	3x240m m ²	3x240m m ²	3x240m m ²
Jumlah Tiang	215	2.264	651	91	361		
Status Kepemilikan	PLN	PLN	PLN	PLN	PLN	PLN	PLN
Kode Milik	1	1	1	1	1	1	1
Status Operasi	OPERA SI	OPERA SI	OPERA SI	OPERA SI	OPERA SI	OPERA SI	OPERA SI
Kode Operasi	1	1	1	1	1	1	1

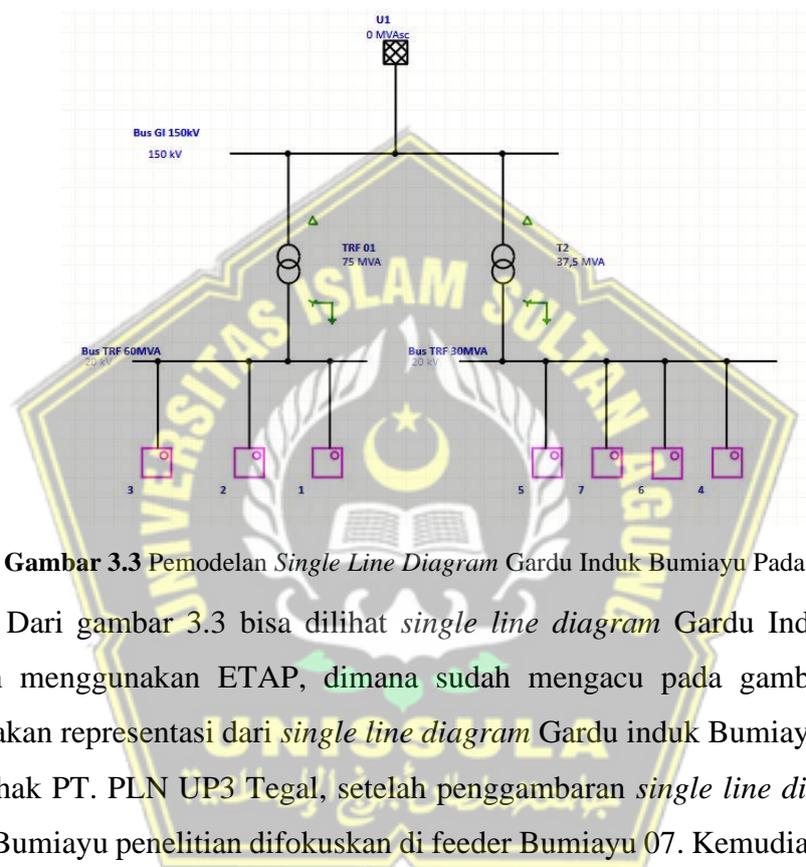
3. Transformator yang digunakan pada feeder Bumiayu 07

Tabel 3.3 Transformator Yang Digunakan Pada Feeder Bumiayu 07

No	Nama Mesin	Kapasitas	Power Faktor (PF)	Jumlah	Pembebanan
1.	Transformator HICO	10 kVA	0,97	1	97 %
2.	Transformator B & D	25 KVA	0,97	20	97 %
3	Transformator Morawa	25 KVA	0,97	7	97 %
4.	Transformator Cooper	25 kVA	0,97	24	97 %
5.	Transformator EBT	25 kVA	0,97	1	97 %
6.	Transformator Unindo	25 kVA	0,97	2	97 %
7.	Transformator B & D	50 kVA	0,97	45	97 %
8.	Transformator Sintra	50 kVA	0,97	50	97 %
8.	Transformator Trafindo	50 kVA	0,97	54	97 %
9.	Transformator Voltra	50 kVA	0,97	32	97 %
10.	Transformator Morawa	50 kVA	0,97	3	97 %
11.	Transformator Trafindo	100 kVA	0,97	1	97 %
12.	Transformator Sintra	100 kVA	0,97	1	97 %

3.7 Rancangan Penelitian

Pada analisa data ini melakukan simulasi dan studi aliran daya dengan tujuan guna mengetahui daya reaktif yang mengalir pada sistem distribusi sebelum dilakukan perbaikan yang dimana setelah melakukan pengamatan secara langsung dan wawancara atau tanya jawab dengan pihak PT. PLN UP3 Tegal.



Gambar 3.3 Pemodelan *Single Line Diagram* Gardu Induk Bumiayu Pada ETAP

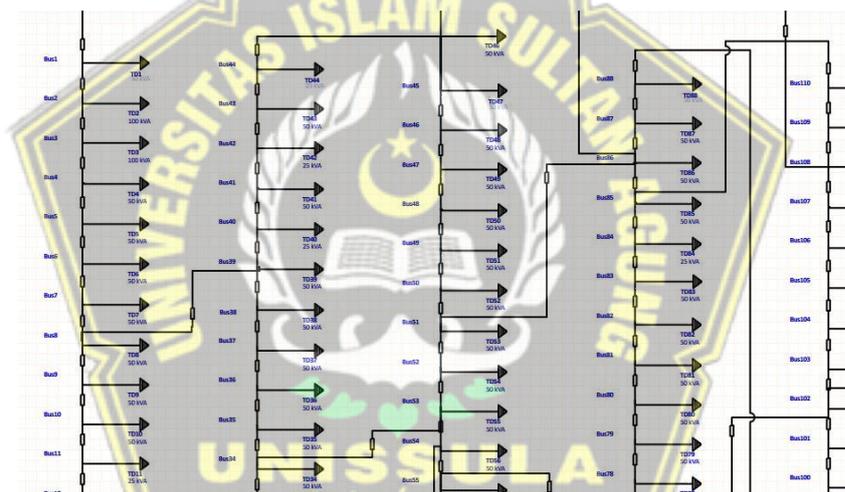
Dari gambar 3.3 bisa dilihat *single line diagram* Gardu Induk Bumiayu dengan menggunakan ETAP, dimana sudah mengacu pada gambar 3.1 yang merupakan representasi dari *single line diagram* Gardu induk Bumiayu sesuai data dari pihak PT. PLN UP3 Tegal, setelah penggambaran *single line diagram* gardu induk Bumiayu penelitian difokuskan di feeder Bumiayu 07. Kemudian melakukan penggambaran *single line diagram* kembali 20kV sistem distribusi feeder Bumiayu 07 dengan pengaturan, rating peralatan pada software ETAP sesuai data dari PT. PLN UP3 Tegal.

3.8 Skenario Penelitian

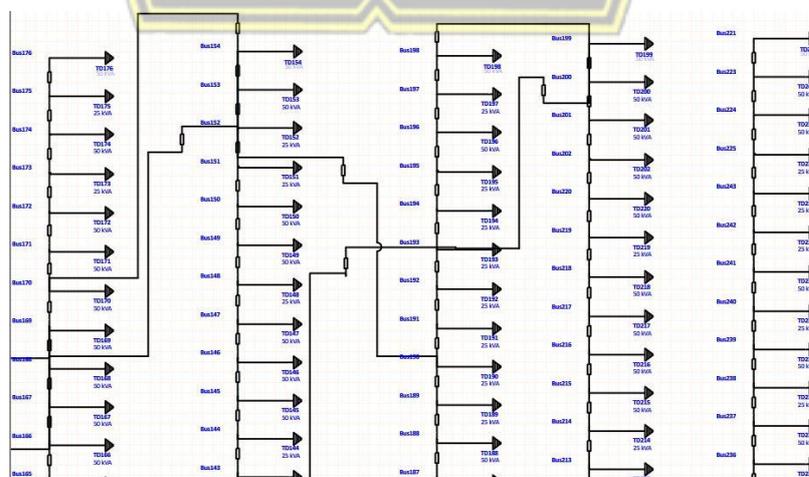
Penelitian didahului dengan studi aliran daya dengan tujuan guna mengetahui daya reaktif yang mengalir pada sistem distribusi, selanjutnya menghitung nilai drop tegangan sebelum perbaikan dan menghitung besaran kapasitas kapasitor. Penempatan kapasitor pada titik optimal ditentukan dengan

metode *optimal capacitor placement* sampai memperoleh batasan tegangan yang sudah ditentukan. *Optimal Capacitor Placement ETAP Power Station* dengan fungsi objektif meminimalkan biaya sistem distribusi dipergunakan dalam proses optimasi pencarian titik dan besaran capacitor pada penelitian ini.

Drop tegangan sendiri yakni perbedaan tegangan kirim dan tegangan terima sebab terdapatnya impedansi pada penghantar dan besarnya faktor daya beban, dalam hal ini nantinya pemasangan kapasitor bank bisa ditempatkan ditempat yang paling optimal setelah melihat beberapa data tersebut. Dalam penggambaran *single line diagram* feeder Bumiayu 07 dengan ETAP sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 3.1 dan 3.2 dimana trafo berbeban penuh atau maksimum sesuai kapasitasnya dan juga merata tanpa adanya kapsitor bank.

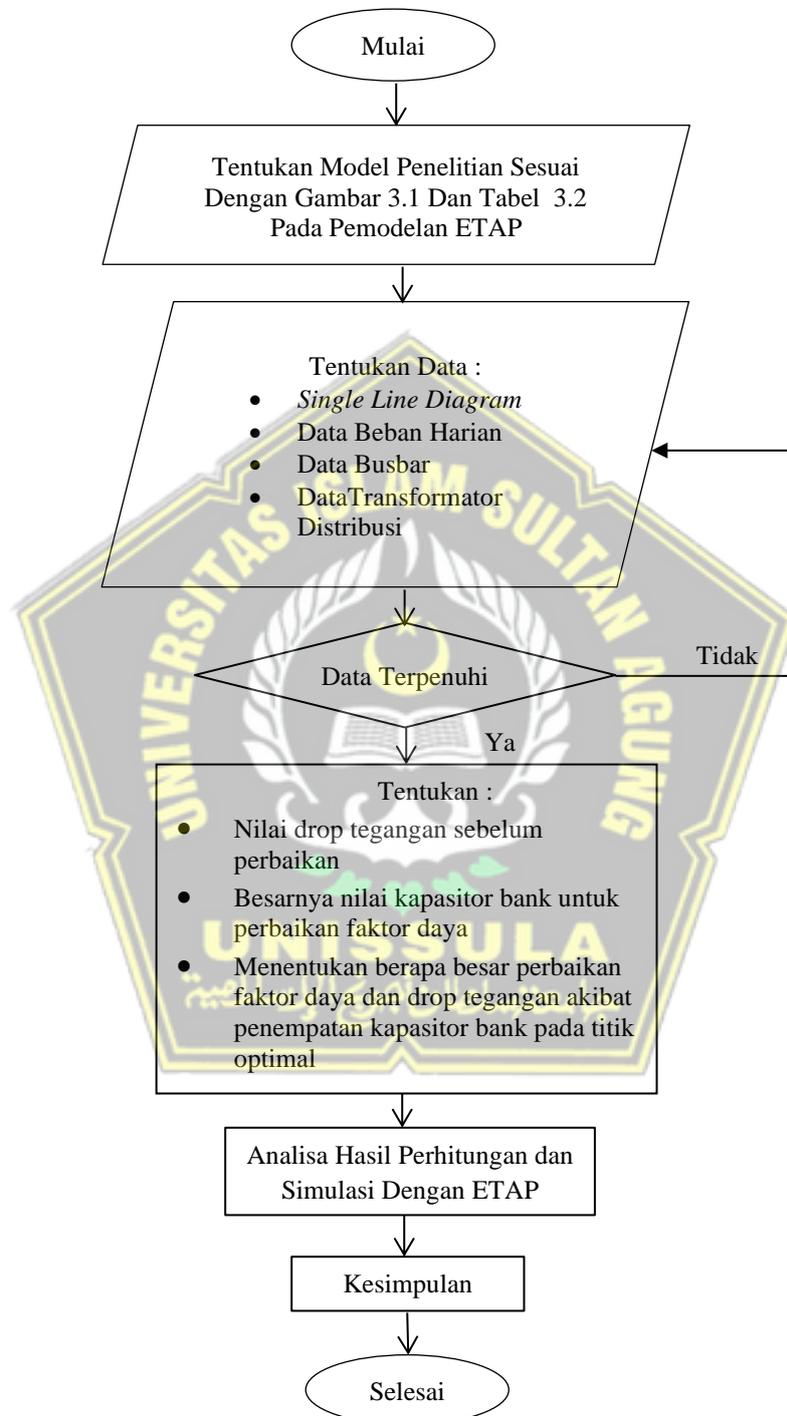


Gambar 3.4 Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP Sebelum Run load flow



Gambar 3.5 Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP Sebelum Run Load Flow

3.9 Deskripsi Penelitian atau *Flow Chart*



Gambar 3.6 *Flowchart* atau Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

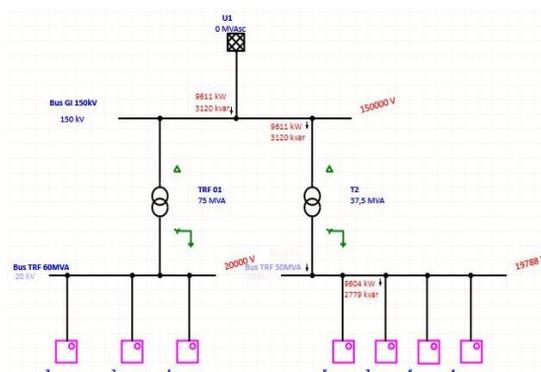
4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa metode untuk mengatasi drop tegangan adalah memasang tap charger, pelimpahan beban ke penyulang lainnya, memperbesar luas permukaan penampang dan pemasangan kapasitor bank, pada penelitian ini menggunakan metode pemasangan kapasitor bank yang diharapkan dapat memperbaiki drop tegangan. Penggunaan kapasitor bank diharapkan dapat memperbaiki kualitas daya listrik yang terdiri dari faktor daya yang diinginkan dan profil tegangan serta dapat mengurangi susut atau rugi-rugi energi pada sistem distribusi tegangan menengah, mengingat dilihat dari segi financial dan memungkinkan bekerja lebih efektif.

Objek penelitian yang dipergunakan merujuk pada gambar 3.2 pada ETAP, data real tabel 3.3 dan tabel 3.4. Saluran distribusi 20 KV feeder Bumiayu 07 terbuat dari bahan aluminium paduan yang berfungsi sebagai penghubung antar tiang. Tiap hantaran sambungan antar tiang pada feeder Bumiayu 07 mempergunakan jenis penghantar AAAC 240 mm², 150 mm² dan 70 mm² jenis SUTM.

Dari Gambar 4.2 merupakan pemodelan ETAP sistem distribusi 20 kV pada sisi kirim feeder Bumiayu 07 dimana kondisi belum terpasang kapasitor bank. Dari gambar 4.3 merupakan pemodelan ETAP sistem distribusi 20 kV pada sisi terima feeder Bumiayu 07 dimana kondisi belum terpasang kapasitor bank.

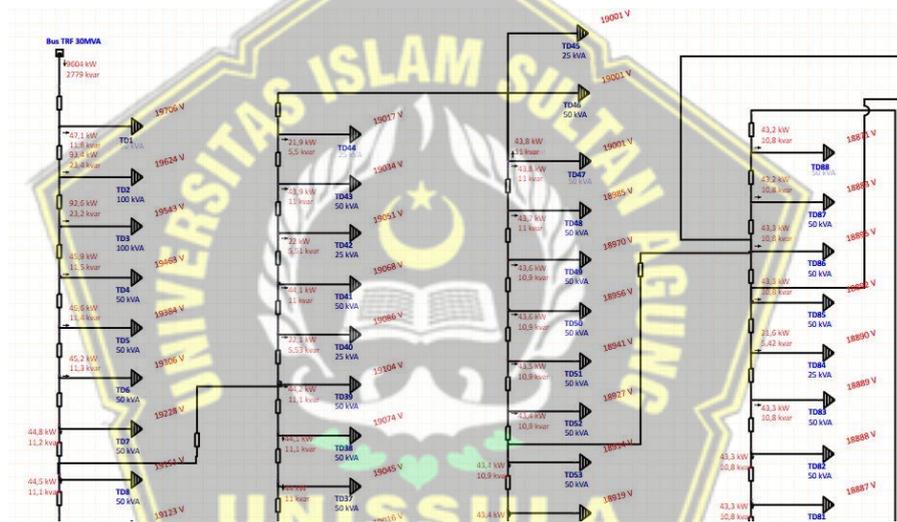
a. Pemodelan sistem tenaga listrik Gardu Induk Bumiayu pada ETAP



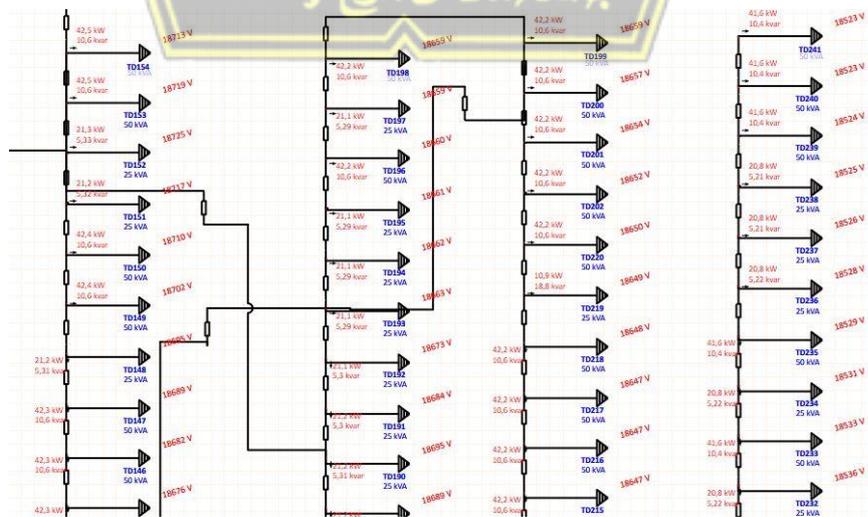
Gambar 4.1 Simulasi Sistem Tenaga Listrik GI Bumiayu

4.2 Perhitungan Drop Tegangan Sebelum Perbaikan

Untuk Mengetahui kualitas tegangan di feeder Bumiayu sebelum dilakukannya perbaikan drop tegangan simulasi dengan *software* ETAP dengan mengacu data yang diperlihatkan pada tabel 3.2 dan tabel 3.3. Selanjutnya melakukan simulasi drop tegangan seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.2. Simulasi diawali dengan membuat single line diagram pada *software* ETAP lalu memasukan beberapa data kedalam *software* ETAP sesuai kebutuhan simulasi dengan merujuk pada *single line diagram*, kemudian melakukan run load flow untuk melihat hasil simulasi. Dalam simulasi ini pengamatan yang dilakukan pada objek tegangan pangkal dan tegangan ujung.



Gambar 4.2 Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP



Gambar 4.3 Feeder Bumiayu 07 Pada ETAP

Setelah mensimulasikan drop tegangan menggunakan *software* ETAP, selanjutnya menggunakan persamaan (2.9) untuk mencari besarnya drop tegangan pada simulasi :

$$V_{\text{drop}} = \frac{20000 \text{ V} - 18523 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = \frac{1477 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

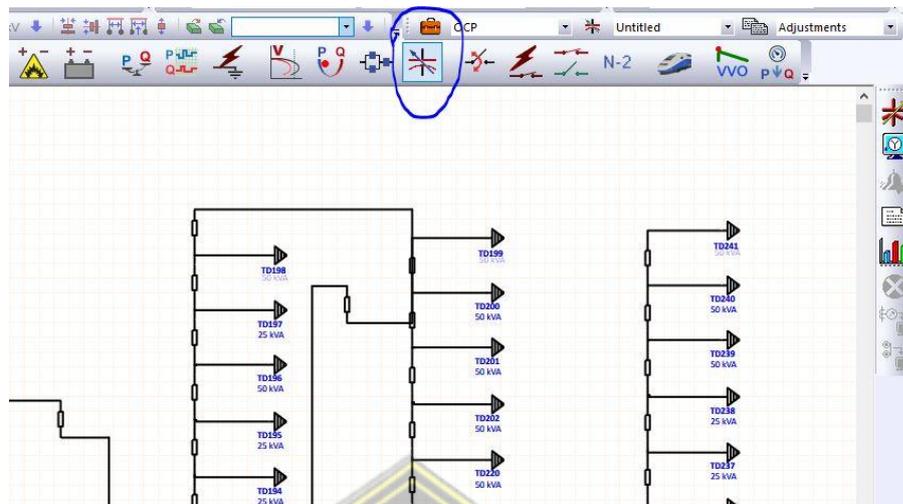
$$V_{\text{drop}} = 0,0738 \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = 7,38 \%$$

Setelah dilakukannya simulasi dengan menggunakan *Software* ETAP drop tegangan yang terjadi pada feeder Bumiayu bernilai 1477 V atau 7,38 %. Dengan besarnya drop tegangan yang terjadi pada feeder Bumiayu 07 melebihi dari tegangan drop tegangan yang diizinkan oleh PT. PLN sebesar 5 % dari tegangan kerja sistem dapat dikatakan bahwa mutu penyaluran listrik pada feeder Bumiayu 07 tersebut rendah dan dapat merugikan PT. PLN dan juga konsumen sehingga perlunya dilakukan perbaikan drop tegangan pada feeder Bumiayu 07.

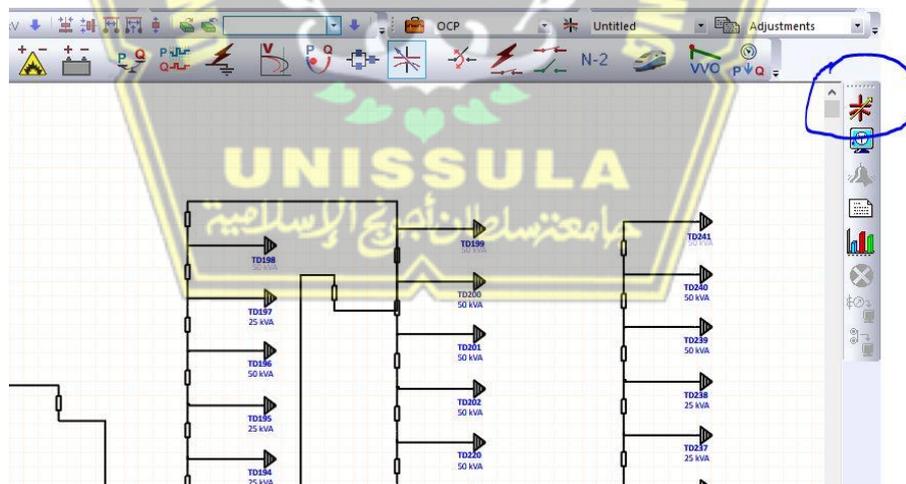
4.3 Kapasitas Kapasitor Bank

Mencari besaran kapasitor bank yang diperlukan dalam memperbaiki penurunan tegangan feeder Bumiayu 07 menggunakan menu atau fitur yang sudah ada pada *software* ETAP yaitu *optimal capacitor placement* dimana ukuran besaran dan lokasi untuk penempatan kapasitor bank sudah bisa diketahui dengan menggunakan fitur tersebut, hal itu sangat memudahkan bagi pengguna untuk menganalisis suatu feeder ataupun yang lainnya dalam penyaluran tenaga listrik.



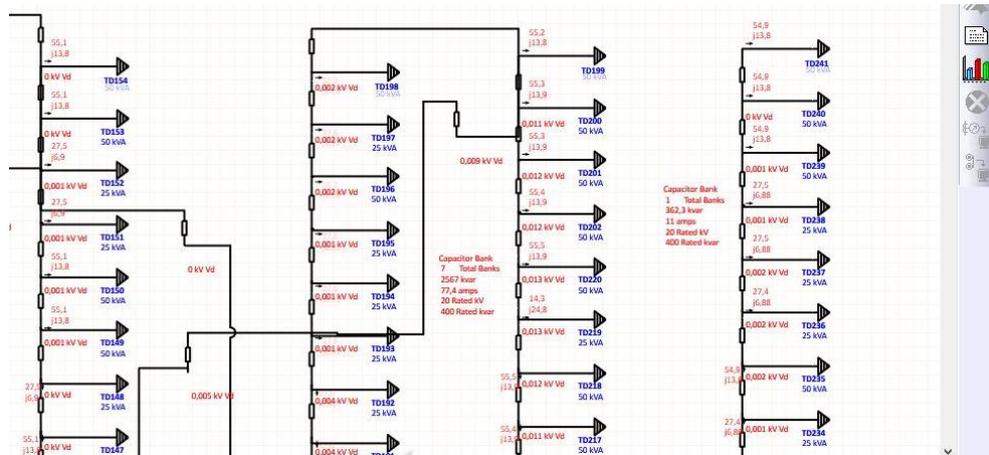
Gambar 4.4 Fitur Optimal *Capacitor Placement*

Pada Gambar 4.4 bisa dilihat lingkaran biru untuk menu atau fitur optimal capacitor placement yang ada pada *software* ETAP, dalam hal ini single line diagram harus sudah jadi terlebih dahulu untuk bisa dianalisis nantinya penempatan dan ukuran besaran kapasitor bank yang dibutuhkan oleh *software* ETAP.

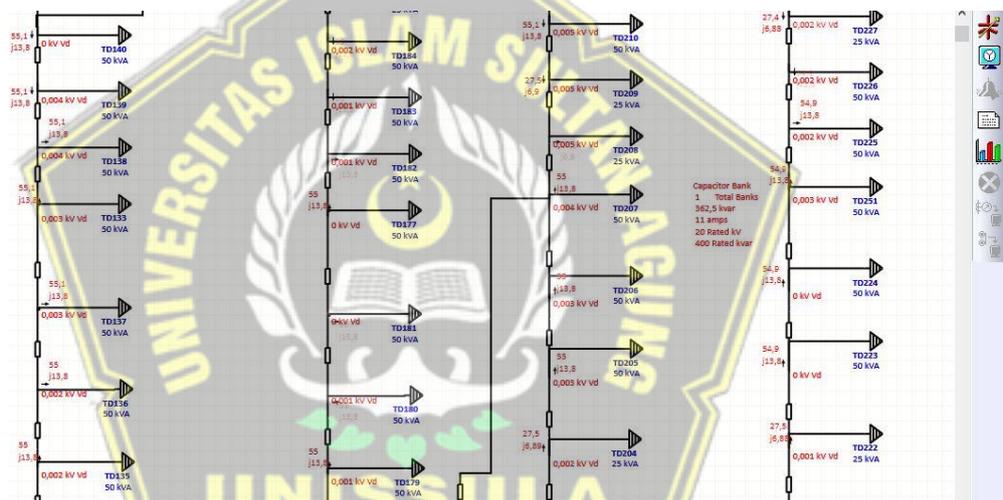


Gambar 4.5 Fitur *Run Optimal Capacitor Placement*

Pada Gambar 4.5 bisa dilihat lingkaran biru untuk menu atau fitur *run optimal capacitor placement*, fitur ini dijalankan setelah fitur gambar 4.4 fungsi fitur ini yaitu untuk menjalankan perintah optimal capacitor placement menganalisis penempatan kapasitor dan ukuran besaran kapasitor.



Gambar 4.6 Hasil Fitur Optimal *Capacitor Placement* Pada ETAP



Gambar 4.7 Hasil Fitur Optimal *Capacitor Placement* Pada ETAP

Hasil fitur *optimal capacitor placement* bisa dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7 dimana besaran ukuran kapasitor serta penempatan kapasitor yang optimal feeder Bumiayu 07 keluar setelah dilakukannya beberapa tutor sebelumnya pada *software* ETAP.

Tabel 4.1 Kapasitas Kapasitor Bank

No	Lokasi	Total Banks	Qc (Kvar)	Rated kV	Amps	Rated kvar
1	Bus 219	7	2567	20	77,4	400
2	Bus 221	1	362,3	20	11	400
3	Bus 230	1	362,5	20	11	400

4.4 Menentukan Titik Optimal Penempatan Kapasitor

Penempatan kapasitor pada titik optimal ditentukan menggunakan metode *optimal capacitor placement* hingga mendapatkan batasan tegangan yang sudah ditentukan penempatan kapasitor bank ditempatkan dititik paling *extreme* atau nilai drop teganganya yang paling tinggi. Penempatan kapasitor bank ditempatkan di 3 titik yang sudah dipilih pada titik – titik optimal yang sebelumnya sudah dilakukan simulasi untuk mengurangi besarnya nilai drop tegangan, *Optimal Capacitor Placement* ETAP Power Station dengan fungsi objektif meminimalkan biaya sistem distribusi dipergunakan dalam proses optimasi pencarian titik dan besaran capacitor pada penelitian ini.

Tabel 4.2 Titik Optimal Penempatan Kapasitor

No	Lokasi Penempatan Kpasitor Bank	Qc (Kvar)
1.	Bus 219	2567
2.	Bus 221	362,3
3.	Bus 230	362,5

4.5 Evaluasi Drop Tegangan Menggunakan Simulasi Simulasi ETAP

Simulasi dengan ETAP ditujukan untuk membantu dalam menganalisis perhitungan drop tegangan yang terjadi pada feeder Bumiayu 07. Pada Gambar 4.6 dan 4.7 diperlihatkan gambaran pemodelan pemasangan kapasitor bank pada feeder Bumiayu 07 dengan ETAP yang sudah menggunakan metode *optimal capacitor placement*. Dalam pendistribusian tegangan, selalu terjadi suatu rugi - rugi tegangan yang disebabkan oleh panjang jarak maupun impedansi pada penghantar dan besarnya nilai faktor daya jaringan. Pada gambar 4.8 dan 4.9 bisa dilihat hasil simulasi perbaikan drop tegangan setelah terpasangnya kapasitor bank.

2	Bus 225	18525 kV	19354 kV
3	Bus 239	18531 kV	19348 kV
4	Bus 240	18528 kV	19349 kV
5	Bus 241	18529 kV	19351 kV

Penggunaan kapasitor bank untuk memperbaiki drop tegangan dengan memperbaiki $\cos \phi$ dari 0,97 menjadi 0,99 memperlihatkan perbedaan tegangan antara sebelum dan sesudah perbaikan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 Oleh karena itu, untuk menghitung drop tegangan pada feeder Bumiayu 07 dapat menggunakan persamaan (2.9) :

$$V_{\text{drop}} = \frac{20000 \text{ V} - 19362 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = \frac{638 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = 0,031 \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = 3,1 \%$$

Dilihat dari perhitungan diatas dengan dilakukannya perbaikan drop tegangan dengan menggunakan kapasitor bank akan berpengaruh pada jumlah drop tegangan. Pengaruh pemasangan kapasitor bank juga terlihat signifikan dengan dibuktikannya menurunnya besarnya drop tegangan yang awalnya 1477 atau 7,38% menjadi 638 atau 3,1%. Hal ini sangat berguna bagi PT. PLN (Persero) karena dengan menurunkan nilai drop tegangan sama saja dengan menurunkan nilai rugi daya sehingga dapat memperkecil kerugian yang didapatkan oleh PT. PLN, sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem yang nantinya akan dirasakan oleh seluruh konsumen.

4.6 Pembahasan

Hasil perbaikan drop tegangan yang sudah dilakukan dapat dirangkum sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Simulasi Setelah Dilakukan Perbaikan Pada ETAP 12.6.

NO	Keterangan	Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan
1	Drop tegangan	1477 V (7,38%)	638 V (3,1%)

Kesimpulan dari hasil akhir dapat dilihat nilai drop tegangan menjadi lebih kecil yang awalnya 1477 V atau 7,38% menjadi 638 V atau 3,1% hal tersebut dikarenakan adanya kompensasi menggunakan kapasitor bank. Dengan dilakukannya perbaikan dengan kapasitor bank diperoleh nilai drop tegangan semakin kecil. Dengan nilai drop tegangan yang semakin menurun atau semakin kecil menyebabkan semakin baiknya sistem tenaga listrik. Hal tersebut sangat berguna bagi PT. PLN (Persero) karena dengan menurunkan nilai drop tegangan artinya dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisa yang dilakukan pada bab sebelumnya tentang “Optimasi Penempatan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Drop Tegangan Pada Feeder Bumiayu 07 Dengan ETAP”, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penempatan kapasitor bank ditempatkan di 3 titik dengan menggunakan metode *optimal capacitor placement* untuk mengurangi besarnya nilai drop tegangan dan meminimalkan biaya sistem distribusi.
2. Kapasitas kompensasi kapasitor bank menggunakan metode *optimal capacitor placement* dengan besar kompensasi berbeda-beda (2567 kVar, 362,3 kVar, 362,5 kVar) pada saat beban penuh yang dimana pembebanan 97% dari pada kapasitas tiap transformator, faktor daya awalnya 0,97 menjadi 0,99.
3. Dengan menggunakan metode perbaikan drop tegangan untuk memperbaiki nilai faktor daya drop tegangan pada tegangan kerja 20 kV feeder Bumiayu 07 menjadi semakin menurun yang dimana drop tegangan awalnya sebesar 1477 V atau 7,38% menjadi 638 V atau 3,1%.

5.2 Saran

Saran dari penulis pada penulisan penelitian ini antara lain yaitu :

1. Hasil dari analisa dalam penelitian ini bisa digunakan sebagai referensi dalam melakukan prakiraan besarnya drop tegangan yang terjadi apabila dilakukan pemasangan kapasitor bank.
2. Perlu adanya *software* pembanding sebagai acuan dalam pengkoreksian hasil simulasi dengan beberapa persamaan dan metode, Untuk pembahasan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Soewono, J. Pantouw, and S. Azzahra, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Wilayah Jawa-Bali Tahun," 2017.
- [2] Z. Tharo, A. Tarigan, S. Anisah, and K. T. Yuda, "Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Solusi Drop Tegangan Pada Jaringan 20 kV," *Semnastek Usu*, pp. 82–86, 2020.
- [3] S. Sugianto, A. Jaya, and B. A. Ashad, "Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara Dengan ETAP 12.6," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 51–54, 2020, doi: 10.33387/protk.v7i1.1690.
- [4] R. T. Jurnal, "Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 26–37, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.321.
- [5] R. J. Sitorus and E. Warman, "Studi Kualitas Listrik Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor," *Singuda Ensikom*, vol. 3, no. 2, pp. 64–69, 2013.
- [6] L. M. Hra, L. S. Patras, and H. Tumaliang, "Perancangan Jaringan Distribusi 20 KV Menggunakan Sistem Double Bus (Busbar Ganda) Pada Kabupaten Sorong Selatan," 2021, [Online]. Available: <http://repo.unsrat.ac.id/id/eprint/3340>.
- [7] P. Gultom, I. Danial, and M. Rajagukguk, "Studi susut umur transformator distribusi 20 KV Akibat pembebanan lebih," 2012.
- [8] "TEGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK PADA LINE 5 PT BUKIT ASAM (PERSERO) TBK (Skripsi) Oleh WINDU NUR HARDIRANTO," 2017.
- [9] B. A. B. Ii and A. K. Daya, "BAB II FAKTOR DAYA A. Kualitas Daya listrik (," pp. 5–21, 2006.
- [10] N. Iubis, Muhammad Fadli Biya & Nurhalim, "Analisa Alternatif Perbaikan Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Kota 20 Kv Di Rokan Hulu," *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 1, pp. 1–5, 2016.

- [11] L. Santoro, “Analisis Pola Beban Listrik Wilayah Jawa Tengah Dan Diy Menggunakan Strategi Demand Side Management (Dsm),” *Transmisi*, vol. 16, no. 3, pp. 135–142, 2014, doi: 10.12777/transmisi.16.3.135-142.

