

ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN PENYULANG 20 KV DENGAN TRANSFORMATOR MENGUBAH TAP DAN MENEMPATKAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG MAROKO JURUSAN TAPUNG DI UNIT LAYANAN PELANGGAN DURI

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Mendapat Gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

oleh :

JULIAN MILANO

11655103714



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindaungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN PENYULANG 20 KV DENGAN
TRANSFORMATOR MENGUBAH TAP DAN MENEMPATKAN
KAPASITOR BANK PADA PENYULANG MAROKO JURUSAN
TAPUNG DI UNIT LAYANAN PELANGGAN DURI**

TUGAS AKHIR

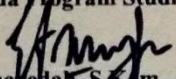
oleh:

JULIAN MILANO

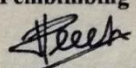
11655103714

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 02 Juni 2021

Ketua Program Studi


Ewi Ismael, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing


Dr. Liliana, ST, M.Eng
NIP. 19820414 201503 2 002



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN PENYULANG 20 KV DENGAN TRANSFORMATOR MENGUBAH TAP DAN MENEMPATKAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG MAROKO JURUSAN TAPUNG DI UNIT LAYANAN PELANGGAN DURI

TUGAS AKHIR

oleh:

JULIAN MILANO

11655103714

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 02 Juni 2021

Pekanbaru, 02 Juni 2021

Mengesahkan,

Ketua Program Studi

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002



Dr. Ahmad Darmawi., M.Ag
NIP. 1996606604 199203 1 004

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Dr. Harris Simaremare, ST., M.Eng
Sekretaris : Dr. Liliana, ST., M.Eng
Penguji I : Dr. Zulfatri Aini, ST., MT
Penguji II : Susi Afriani ST., MT

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 02 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,



JULIAN MILANO

NIM. 11655103714

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN



“Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Rabbmu lah hendaknya kamu berharap”.

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Alhamdulillahirobbil'alamin....

Terima kasih ku ucapkan kepada mu ya Allah tuhan semesta alam, sujud syukur ku sembahkan kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir mu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahkkan hasil berupa desain dan karya tulis yang menghantarkan ku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

“Bukankah Dia (Allah) yang memperkenankan (do'a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu (manusia) sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat”.

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Teruntuk....

Kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas kesabaran mu selama ini, terima kasih atas doa, semangat, motivasi, lidah, dan mulut yang tak pernah lelah menasehati ku walau terkadang nasehat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah ananda lakukan sehingga membuat hati Ayah dan Ibu terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan, sebagai bentuk rasa terima kasihku walau kasih dan sayang mu tak akan pernah bisa tergantikan semoga pahala dan rezeki selalu dilimpahkan oleh Allah ﷻ kepada Ayah dan Ibu.

“Jangan pernah takut, ragu, malas untuk melakukan sesuatu hal yang benar, karena sesuatu hal yang didasari dengan niat baik maka akan menghasilkan sesuatu yang baik pula. Jangan berputus asa dan lari dari setiap masalah yang datang hadapilah dengan segenap kekuatan yang ada dan iringi setiap perjuangan dengan do 'a niscaya Allah memberikan jalan yang terbaik”

ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN PENYULANG 20 KV DENGAN TRANSFORMATOR MENGUBAH TAP DAN MENEMPATKAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG MAROKO JURUSAN TAPUNG DI UNIT LAYANAN PELANGGAN DURI

JULIAN MILANO

NIM: 11655103714

Tanggal Sidang: 2 Juni 2021

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Penyulang Maroko Jurusan Tapung merupakan Penyulang 20 kV dengan jatuh tegangan paling besar di wilayah PT. PLN (PERSERO), ULP Duri. Jatuh tegangan nya adalah sebesar 16 % terhadap tegangan nominalnya. Pada skripsi ini akan dilakukan perbaikan tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung menggunakan bantuan simulasi *software* ETAP 12.6.0. Perbaikan tahap pertama dengan menaikkan tap sebesar 5 % pada sisi sekunder Transformator Daya Unit 1 Gardu Induk Balai Pungut. Perbaikan tahap kedua dengan menempatkan satu buah kapasitor bank shunt berkapasitas 400 kVAR pada bus 172. Perbaikan tahap ketiga dengan menaikkan tap sebesar 2.5 % di sisi sekunder pada 32 transformator distribusi dan menaikkan tap sebesar 5 % di sisi sekunder pada 13 transformator distribusi. Hasilnya, setelah simulasi nilai tegangan paling rendah pada jaringan tegangan menengah adalah 91.69 % dan pada jaringan tegangan rendah adalah 90.47 %. Sehingga disimpulkan, nilai tegangan setelah melakukan perbaikan tegangan tersebut memenuhi standar SPLN 1 : 1987 yaitu +5 % dan -10 % terhadap tegangan nominal.

Kata kunci : Algoritma Genetika, Jatuh Tegangan, Kapasitor Bank, Software ETAP 12.6.0, Transformator Daya, Transformator Distribusi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

VOLTAGE IMPROVEMENT ANALYSIS OF 20 KV FEEDER WITH TRANSFORMER CHANGING TAP AND PLACING THE BANK CAPACITY ON THE FEEDER MAROKO TAPUNG DEPARTMENT IN CUSTOMER SERVICE UNIT DURI

JULIAN MILANO

Student Number: 11655103714

Date of Final Exam: on 02 Juni, 2021

*Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street, Number.155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Feeder Maroko Tapung Department is a 20 kV feeder with the largest voltage drop in the PT. PLN (PERSERO), ULP Duri. The voltage drop is 16% of the nominal voltage. In this thesis, the voltage improvement on the Feeder Maroko Tapung Department will be carried out using the help of simulation software ETAP 12.6.0. The first stage of repair is to increase the tap by 5% on the secondary side of the Unit 1 Power Transformer of the Balai Pungut Substation. The second stage of repair is by placing a shunt capacitor bank with a capacity of 400 kVAR on bus 172. The third stage of repair is by increasing the tap by 2.5% on the secondary side of 32 distribution transformers and increasing the tap by 5% on the secondary side of 13 distribution transformers. The result, after simulating the lowest voltage value on the medium voltage network is 91.99% and on the low voltage network is 90.47%. So it can be concluded that the voltage value after repairing the voltage meets the SPLN 1: 1987 standard, namely +5% and -10% of the nominal voltage.

Keywords: Genetic Algorithm, Voltage Drop, Capacitor Bank, Software ETAP 12.6.0, Power Transformer, Distribution Transformer.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Puji syukur penulis haturkan kepada Allah ﷻ, berkat rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Perbaikan Tegangan Penyulang 20 kV dengan Transformator Mengubah Tap dan Menempatkan Kapasitor Bank Pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung di Unit Layanan Pelanggan Duri**”. Shalawat beriringan salam penulis hadiahkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad ﷺ yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapatkan syafaat beliau.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus nya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Ayah, Ibu, Adik dan keluarga yang telah mendoakan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas Rajab, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Mulyono, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Ahmad Faizal S.T., M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7. Bapak Dr. Harris Simaremare ST., M.Eng selaku ketua sidang Tugas Akhir yang telah mengingatkan kembali untuk terus belajar tentang Agama Islam.
 8. Ibu Dr. Liliana, ST., M.Eng selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir sekaligus pembimbing akademik yang senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini maupun dalam proses pendidikan Strata 1 (S1) penulis.
 9. Ibu Dr. Zulfatri Aini ST., MT selaku Dosen penguji I yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
 10. Ibu Susi Afriani ST., MT selaku Dosen penguji II yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
 11. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat.
 12. Pimpinan, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
 13. Bapak Samuel Tu Sutrisno selaku Supervisor PT. PLN (PERSERO) ULP Duri, Provinsi Riau dan Abang Eric Chandra Cordova HSB selaku *junior* teknik distribusi Penyulang Maroko Jurusan Tapung atas ilmu, saran dan bimbingan nya kepada saya.
 14. Abang Azhary Siregar selaku Alumni Universitas Medan yang telah memberikan Ilmu pengetahuan tentang kelistrikan melalui channel youtube bernama Prima Aqoute.
 15. Teman-teman satu rumah C1 (Muhammad Alfi Syahri, Johan, Irul, Eka, Teguh Rahayu Slamet) yang telah memberikan saran dan motivasinya kepada saya.
 16. Rekan-rekan seperjuangan yang sama-sama sedang mengerjakan Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan motivasinya kepada saya.
 17. Rekan-rekan Angkatan 2016 dan Konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
 18. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
- Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik di masa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca di masa mendatang. Amiin.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Pekanbaru 02 Juni 2021



Julian Milano



UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR RUMUS	xvii
DAFTAR LAMBANG	xix
DAFTAR SINGKATAN	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-8
1.3 Tujuan Penelitian	I-8
1.4 Batasan Masalah	I-8
1.5 Manfaat Penelitian	I-9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2. Penelitian Terkait.....	II-1
1.1 Sistem Interkoneksi	II-6
1.2 Transformator	II-6
1.3 Sistem Tenaga Listrik.....	II-7
1.4 Sistem Distribusi	II-7
1.5 Kawat Penghantar Jaringan Distribusi	II-10
1.6 Tegangan Jaringan Distribusi	II-12
1.7 Daya.....	II-12
1.8 Jatuh Tegangan	II-14
1.9 Rugi-rugi daya	II-15
1.10 Sifat-Sifat Beban Listrik.....	II-17

2.1.11	Studi Aliran Daya	II-19
2.1.12	Metode Aliran Daya Newton Raphson.....	II-20
2.1.13	Kapasitor Bank	II-22
2.1.14	Transformator Mengubah Tap.....	II-27
2.1.15	Regulasi Tegangan Gardu Induk	II-31
2.1.16	<i>Software Electrical Transient and Analysis Program (ETAP) 12.6.0</i>	II-32
2.1.17	Algoritma Genetika Pada <i>Optimal Placement Capacitors</i>	II-42

BAB III METODOLOGI PENELITIAN III-1

3.1	Jenis Penelitian	III-1
3.2	Lokasi Penelitian.....	III-1
3.3	Tahapan penelitian	III-2
3.4	Studi Literatur	III-4
3.5	Prosedur Penelitian	III-4
3.6	Pengumpulan Data Sekunder.....	III-4
3.7	Simulasi <i>Software ETAP 12.6.0</i> Sebelum Perbaikan Kualitas Tegangan	III-6
3.7.1	Input Data	III-7
3.7.2	Simulasi Aliran Daya	III-10
3.8	Simulasi <i>Software ETAP 12.6.0</i> Setelah Perbaikan Kualitas Tegangan dengan Transformator Mengubah Tap dan Menempatkan Kapasitor Bank	III-11
3.8.1	Perbaikan Kualitas Tegangan Tahap 1	III-12
3.8.2	Perbaikan Kualitas Tegangan Tahap 2	III-14
3.8.3	Perbaikan Kualitas Tegangan Tahap 3	III-17
3.8.4	Analisis hasil keluaran simulasi	III-19

BAB IV HASIL DAN ANALISA.....IV-1

4.1	Hasil dan Analisis Aliran Daya Sebelum Perbaikan Kualitas Tegangan.....	IV-1
4.2	Hasil dan Analisis Tegangan Setelah Perbaikan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank shunt.....	IV-3
4.2.1	Perbaikan Kualitas Tegangan Tahap 1.....	IV-3
4.2.2	Perbaikan Kualitas Tegangan Tahap 2.....	IV-5
4.2.3	Perbaikan Kualitas Tegangan Tahap 3.....	IV-10
4.3	Analisis Perbandingan Aliran Daya Sebelum dan Setelah Perbaikan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank.....	IV-13

BAB V Kesimpulan dan Saran III-1

5.1	Kesimpulan	III-1
5.2	Saran	III-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

2.1	Sistem Interkoneksi	II-6
2.2	Sistem Tenaga Listrik.....	II-7
2.3	Konfigurasi Sistem Jaringan Radial	II-8
2.4	Konfigurasi Sistem Jaringan Loop	II-9
2.5	Konfigurasi Sistem Jaringan Spindel.	II-9
2.6	Jaringan Distribusi Sekunder.....	II-10
2.7	Kawat Penghantar AAAC.	II-11
2.8	Kawat Penghantar ACSR.	II-11
2.9	Gambar Segitiga Daya.....	II-12
2.10	Diagram Vektor Arus Dan Tegangan Jaringan Distribusi	II-14
2.11	Sifat Beban Resistif.	II-17
2.12	Sifat Beban Induktif.....	II-18
2.13	Sifat Beban Kapasitif.....	II-18
2.14	Kapasitor Bank.	II-22
2.15	dampak nilai faktor daya terhadap daya beban	II-24
2.16	dampak nilai faktor daya terhadap daya beban yang konstan	II-24
2.17	Perbaikan Faktor Daya dengan Kapasitor Bank.....	II-25
2.18	(a) Rangkaian tanpa kapasitor seri (b) Rangkaian dengan kapasitor seri (c) Fasor tanpa kapasitor seri (d) Fasor dengan kapasitor seri[8].....	II-26
2.19	(a) Rangkaian tanpa kapasitor paralel (b) Rangkaian dengan kapasitor paralel (c) Fasor tanpa kapasitor paralel (d) Fasor dengan kapasitor paralel.	II-27
2.20	Bagian-bagian <i>On Load Tap Changer</i> (OLTC).	II-29
2.21	Transformator Distribusi <i>Off Load Tap Changer</i>	II-30
2.22	Pengaturan Tap Transformator Distribusi Sisi Primer 2.5 %	II-31
2.23	Alat Memutar Perubahan Posisi Tap	II-31
2.24	Simbol Grid	II-33
2.25	Simbol Generator.....	II-33
2.26	Simbol Transformator.....	II-34
2.27	Simbol Kabel	II-34
2.28	Saluran distribusi 3 phase mensuplai beban A	II-35
2.29	Rangkaian Validasi.....	II-39
2.30	Hasil Branch Losses Summary Report.....	II-40
2.31	Bus Loading Summary Report	II-40
2.32	Branch Loading Summary Report.....	II-41
2.33	Gambar Pengkodean Dalam Algoritma Genetika	II-42
2.34	Proses Mutasi Dalam Algoritma Genetika	II-43
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	III-3
3.2	Single Line Diagram (SLD) Penyulang Maroko Jurusan Tapung	III-5
3.3	Input Sumber Tegangan Ideal Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-7
3.4	Rangkaian Penyulang Maroko Jurusan Tapung Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0.....	III-7
3.5	Input Data Transformator Daya Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0.....	III-8
3.6	Input Data Saluran Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-8
3.7	Input Data Transformator Distribusi Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-9
3.8	Input Data Beban pada <i>software</i> ETAP 12.6.0.....	III-9
3.9	Input Data Kapasitor Bank pada <i>software</i> ETAP 12.6.0.....	III-10

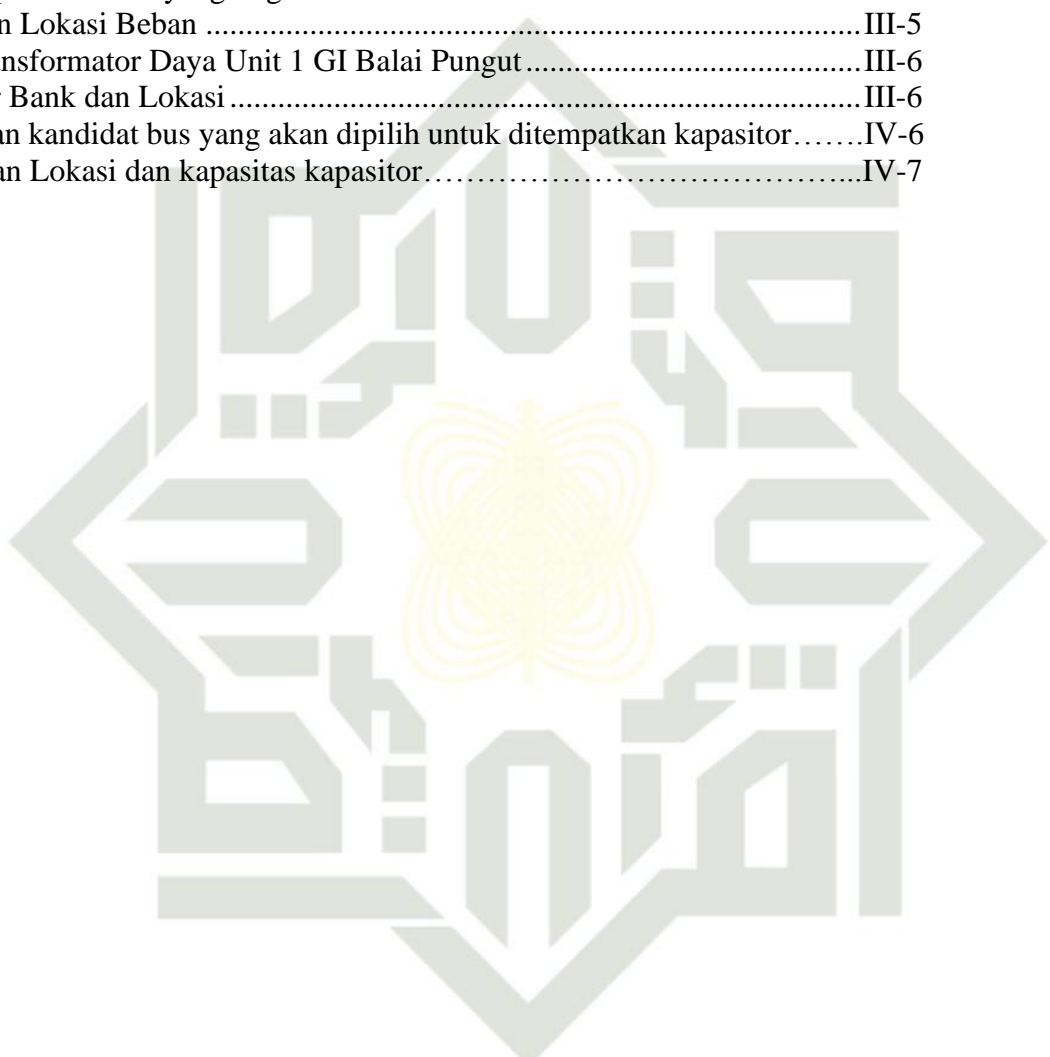
© Hak cipta dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. 10 Fungsi Menu Simulasi Aliran Daya	III-11
3. 11 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Daya Pada Menu Tap Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-12
3. 12 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Daya Pada Sisi Sekunder Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-13
3. 13 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Daya Pada Menu Tap Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-14
3. 14 Antarmuka Pengaturan Studi Kasus Penempatan Kapasitor Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-15
3. 15 Antarmuka Pengaturan Studi Kasus Penempatan Kapasitor Pada Batas Margin Tegangan <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-15
3. 16 Antarmuka Pengaturan Studi Kasus Penempatan Kapasitor Pada Bagian Kapasitor Untuk Kandidat Bus <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-16
3. 17 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Distribusi Pada Menu Tap Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-17
3. 18 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Distribusi Pada Lilitan Sekunder Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-18
3. 19 Antarmuka Pengaturan Tap 2.5 % Transformator Distribusi Pada Menu Tap Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-18
3. 20 Antarmuka Pengaturan Tap 5 % Transformator Distribusi Pada Menu Tap Di <i>Software</i> ETAP 12.6.0	III-19
4. 1 Grafik Tegangan (%) tiap-tiap bus di Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Sebelum Perbaikan Kualitas Tegangan.....	IV-2
4. 2 Grafik Tegangan (%) tiap-tiap bus di Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Sebelum Perbaikan Kualitas Tegangan.....	IV-2
4. 3 Menaikkan Tap 5 % Pada Transformator Daya Unit 1 GI BP Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0.....	IV-3
4. 4 Grafik Perbandingan Tegangan Antara Sebelum Perbaikan Dan Setelah Perbaikan Tahap 1 Pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM).....	IV-4
4. 5 Grafik Perbandingan Tegangan antara Sebelum perbaikan dan setelah perbaikan tahap 1 pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR).....	IV-5
4. 6 Lokasi serta kapasitas kapasitor.....	IV-6
4. 7 Lokasi serta kapasitas kapasitor pada bus 172.....	IV-7
4.8 Grafik Perbandingan Tegangan antara Setelah perbaikan tahap 1 dan setelah perbaikan tahap 2 pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM).....	IV-8
4.9 Grafik Perbandingan Tegangan antara Setelah perbaikan tahap 1 dan setelah perbaikan tahap 2 pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR).....	IV-9
4.10 Menaikkan Tap 2.5 % Di Sisi Sekunder Transformator Distribusi Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0	IV-10
4.11 Menaikkan Tap 5% Sisi Sekunder Transformator Distribusi Pada <i>Software</i> ETAP 12.6.0	IV-10
4.12 Grafik Perbandingan Tegangan antara Setelah perbaikan tahap 2 dan setelah perbaikan tahap 3 pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM).....	IV-12
4.13 Grafik Perbandingan Tegangan antara Setelah perbaikan tahap 2 dan setelah perbaikan tahap 3 pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR).....	IV-12
4.14 Grafik Perbandingan Tegangan Antara Sebelum Perbaikan Tegangan Dan Setelah Perbaikan dengan Bertahap Pada Seluruh Jaringan.....	IV-13

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Sifat Logam Penghantar	II-11
2. 2 Perbedaan Metode Gauss-Seidel, Newton Raphson dan Fast Decoupled.....	II-19
2. 3 Tabel perbandingan hasil perhitungan dan simulasi.	II-41
2. 4 Spesifikasi Kapasitor Bank yang Digunakan.	II-44
3. 1 Data Beban dan Lokasi Beban	III-5
3. 2 Spesifikasi Transformator Daya Unit 1 GI Balai Pungut.....	III-6
3. 3 Data Kapasitor Bank dan Lokasi	III-6
4. 1 Tabel Penentuan kandidat bus yang akan dipilih untuk ditempatkan kapasitor.....	IV-6
4. 2 Tabel Penentuan Lokasi dan kapasitas kapasitor.....	IV-7



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
2. 1 Daya Semu Sistem Satu Fase	II-12
2. 2 Daya Semu Sistem Tiga Fase	II-12
2. 3 Daya Semu Sistem Tiga Fase	II-12
2. 4 Daya Aktif Sistem Satu Fase	II-13
2. 5 Daya Aktif Sistem Tiga Fase	II-13
2. 6 Daya Aktif Sistem Tiga Fase	II-13
2. 7 Daya Reaktif Sistem Satu Fase	II-13
2. 8 Daya Reaktif Sistem Tiga Fase	II-13
2. 9 Daya Reaktif Sistem Tiga Fase	II-13
2. 10 Jatuh Tegangan	II-14
2. 11 Jatuh Tegangan Sistem Satu Fase	II-14
2. 12 Jatuh Tegangan Sistem Tiga Fase	II-14
2. 13 Jatuh Tegangan Sistem Tiga Fase	II-14
2. 14 Jatuh Tegangan Sistem Satu Fase dalam Per Unit (PU)	II-14
2. 15 Jatuh Tegangan Sistem Tiga Fase dalam Per Unit (PU)	II-14
2. 16 Jatuh Tegangan dalam Persentase	II-15
2. 17 Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem Satu Fase	II-15
2. 18 Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem Tiga Fase	II-15
2. 19 Rugi-Rugi Daya Reaktif Sistem Satu Fase	II-15
2. 20 Rugi-Rugi Daya Reaktif Sistem Tiga Fase	II-15
2. 21 Rugi-Rugi Tembaga	II-16
2. 22 Rugi-Rugi Arus Eddy	II-16
2. 23 Rugi-Rugi Hysteresis	II-16
2. 24 Beban Resistif	II-17
2. 25 Beban Induktif	II-17
2. 26 Beban Kapasitif	II-18
2. 27 Newton Raphson (Impedans)	II-20
2. 28 Newton Raphson (Admitans)	II-20
2. 29 Newton Raphson (Admitans)	II-20
2. 30 Newton Raphson (Daya Terjadwal)	II-20

© Hak cipta dilindungi Undang-Undang
 UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. 31	Newton Raphson (<i>Mismatch Power</i>).....	II-21
2. 32	Newton Raphson (Matriks Jacobian)	II-21
2. 33	Newton Raphson (Matriks Jacobian)	II-21
2. 34	Newton Raphson (Daya)	II-21
2. 35	Newton Raphson (Aliran Daya Semu Hantar Daya antar Bus).....	II-21
2. 36	Newton Raphson (Aliran Daya Semu Hantar Daya antar Bus).....	II-21
2. 37	Newton Raphson (Rugi-Rugi Daya antar Bus)	II-22
2. 38	Faktor Daya Sistem	II-23
2. 39	Daya Reaktif Mula-Mula Sistem dengan Faktor Daya Awal.....	II-24
2. 40	Daya Reaktif Sistem Akhir dengan Sudut Faktor Tujuan	II-24
2. 41	Kapasitas Kapasitor Bank yang Diperlukan.....	II-24
2. 42	Prinsip Kerja Transformator.....	II-28
2. 43	Tegangan Sekunder Transformator	II-28
2. 44	Fungsi Objektif <i>Optimal Placement Capacitor</i>	II-43

DAFTAR LAMBANG

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Sate Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

V	: Tegangan
$^{\circ}C$: Celcius
Ω	: Ohm
$^{\circ}K$: Kelvin
S	: Daya Semu
V_P	: Tegangan Fase-Netral
V_L	: Tegangan Fase-Fase
I_P	: Arus Fase-Netral
I_L	: Arus Fase-Fase
P	: Daya Aktif
Q	: Daya Reaktif
S	: Daya Semu
$\cos \theta$: Faktor Daya
V_s	: Tegangan Kirim
V_R	: Tegangan Terima
ΔV	: Jatuh Tegangan
$P_{\text{rugi-rugi}}$: Rugi-Rugi Daya Aktif
$Q_{\text{rugi-rugi}}$: Rugi-Rugi Daya Reaktif
R	: Resistansi
I	: Arus
X_L	: Reaktansi Induktif
X_C	: Reaktansi Kapasitif
f	: Ferkuensi
Q_C	: Kapasitas kapasitor bank
Q_1	: Daya reaktif dengan faktor daya mula-mula
Q_2	: Daya reaktif dengan faktor daya tujuan
P	: daya aktif sistem
ϕ_1	: sudut faktor daya sebelum
ϕ_2	: Sudut faktor daya akhir

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

V_p	: Tegangan pada sisi primer
N_p	: Belitan pada sisi primer
V_s	: Tegangan pada sisi sekunder
N_s	: Belitan pada sisi sekunder
U_{ndang}	: Fungsi <i>objective</i> (penempatan kapasitor, mengurangi rugi-rugi daya, biaya pembelian dan pemasangan kapasitor)
N_{bus}	: Jumlah kandidat bus
I	: 0 atau 1,0 artinya tidak ada kapasitor bank yang terpasang pada bus
KI	: Biaya pemasangan kapasitor bank tiap bus
KB	: Biaya pembelian kapasitor bank per KVAR
C	: Ukuran bank kapasitor dalam KVAR
KO	: Biaya operasi dalam pemeliharaan per bank, per tahun
X	: Jumlah bank kapasitor
T	: Waktu perencanaan (tahun)
KE	: Biaya energi per KWH
P_L	: Jumlah rugi daya aktif setelah pemasangan kapasitor

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

V	: Volt
VA	: Volt Ampere
VAR	: Volt Ampere Reaktif
GI	: Gardu Induk
SKTM	: Saluran Kabel Tegangan Menengah
JTM	: Jaringan Tegangan Menengah
JTR	: Jaringan Tegangan Rendah
AAAC	: <i>All Aluminium Alloy Conductor</i>
ACSR	: <i>Aluminium Conductor Steel Reinforced</i>
ACAR	: <i>Aluminium Conductor Alloy Reinforced</i>
N-R	: Newton-Raphson
G-S	: Gauss-Seidel
OLTC	: <i>On Load Tap Changer</i>
ETAP	: <i>Electrical Transient and Analysis Program</i>

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A-1 Izin Penelitian	A-1
Lampiran B-1 Hasil Wawancara	B-1
Lampiran C-1 Data Beban dan Lokasi Beban	C-1
Lampiran D-1 Data Panjang Saluran.....	D-1
Lampiran D-2 Data Panjang Total Penyulang-Penyulang ULP Duri.....	D-2
Lampiran E-1 Gambar Hasil Pengukuran Tegangan.....	E-1
Lampiran F-1 Rangkaian Penyulang Maroko Jurusan Tapung Pada ETAP 12.6.0	F-1
Lampiran G-1 Hasil Aliran Daya (Tegangan) Dari Setiap Tahapan Perbaikan	G-1
Lampiran H-1 Hasil <i>Report Optimal Placement Capacitor</i>	H-1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan sebuah sistem yang digunakan oleh pihak ketenagalistrikan. Ketenagalistrikan adalah segala sesuatu yang menyangkut penyediaan dan pemanfaatan daya listrik. Sebuah sistem tenaga listrik berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dimulai dari sistem pembangkit, lalu ke sistem transmisi dan berakhir pada sistem distribusi[1]. Di Indonesia, ketenagalistrikan dikelola oleh PT.PLN (PERSERO) yang merupakan salah satu BUMN (Badan Usaha Milik Negara). Pada sistem pembangkit dibedakan berdasarkan energi primer yang digunakan diantaranya, PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), dan PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Air). Pembangkitan-pembangkitan yang ada umumnya dirancang dengan sistem interkoneksi[2].

Sistem interkoneksi memiliki peran yang sangat penting dalam proses pendistribusian daya listrik. Sistem interkoneksi merupakan sebuah sistem yang terdiri dari banyak pusat pembangkit tenaga listrik dan banyak pusat beban (gardu induk) yang saling terhubung pada saluran transmisi. Sistem interkoneksi dirancang bertujuan untuk menjaga kontinuitas distribusi tenaga listrik, apabila terjadi gangguan pada salah satu pembangkit. Tujuan lain dari sistem interkoneksi adalah membantu mengurangi beban yang ditanggung oleh suatu pembangkit listrik. Dari sistem transmisi, kemudian daya listrik disalurkan ke sistem distribusi[2].

Pada sistem distribusi tersebar penyulang-penyulang untuk melayani pelanggan daya listrik yang berbeda tempat. Penyulang merupakan keseluruhan dari jaringan distribusi primer atau jaringan tegangan menengah dan jaringan distribusi sekunder atau jaringan tegangan rendah. Di Indonesia, umumnya pada jaringan tegangan menengah dengan tegangan nominal 20 kV dan pada jaringan tegangan rendah dengan tegangan nominal 380 V. Pada sebuah penyulang terdapat cabang-cabangan transformator distribusi. Fungsi transformator distribusi adalah menurunkan tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 220/380 V. Tegangan rendah 220/380 V nantinya akan digunakan oleh pelanggan daya listrik sistem satu fase dan sistem tiga fase[3]. Pada PT.PLN (PERSERO) bagian yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

mengurus distribusi daya listrik ke pelanggan, merupakan bagian dari Unit Layanan Pelanggan (ULP).

Provinsi Riau terdapat beberapa ULP, salah satunya ULP Duri yang melayani sebagian pelanggan daya listrik yang ada di Provinsi Riau dan berpusat di Kota Duri. ULP Duri ditugaskan untuk melayani 11 penyulang diantaranya, Penyulang Maroko, Mesir, Argentina, Kongo. Keseluruhan penyulang yang ada di ULP Duri menggunakan konfigurasi jaringan sistem radial dan konfigurasi jaringan sistem loop. Penyulang yang ada di ULP Duri mendapatkan suplai daya listrik dari 2 pusat beban yaitu dari GI (Gardu Induk) Balai Pungut dan GI (Gardu Induk) Duri[4].

ULP Duri memiliki catatan pelanggan daya listrik yang meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Riau tahun 2020 terjadi peningkatan pelanggan daya listrik dari tahun 2015 sampai tahun 2019. Dari data BPS, persentase rata-rata peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2015 sampai tahun 2019 antara lain, Kabupaten Bengkalis 3.8 %, Siak 10.1 %, Kampar 8.2 %, Rokan Hulu 12.3 %, dan Rokan Hilir 10.4 %. Pertumbuhan pelanggan daya listrik tersebut karena jumlah penduduk provinsi riau yang meningkat dengan signifikan[5].

Pertumbuhan pelanggan daya listrik yang signifikan di ULP Kota Duri, harus diimbangi dengan sistem distribusi yang baik. Pertumbuhan pelanggan daya listrik akan mengakibatkan beban daya listrik yang ditanggung sebuah penyulang menjadi semakin besar. Selain beban yang semakin besar, pertumbuhan jumlah pelanggan daya listrik yang jauh jaraknya dari pusat beban (gardu induk), akan membuat jaringan sistem distribusi semakin luas. Oleh karena itu, hal tersebut apabila tidak diimbangi dengan sistem distribusi yang baik, akan memperbesar jatuh tegangan pada sistem[3].

Sebuah sistem tenaga listrik tidak dapat dihindarkan dari gangguan jatuh tegangan, akan tetapi gangguan tersebut dapat diminimalisir agar tidak menyebabkan gangguan pada peralatan listrik. Jatuh tegangan pada sistem distribusi dapat menyebabkan gangguan peralatan listrik pada pihak penyedia daya listrik maupun pihak pelanggan daya listrik. Jatuh tegangan merupakan penurunan tegangan pada saat penyaluran daya listrik, sehingga tegangan yang sampai pada peralatan listrik tidak sesuai dengan batas nominal tegangan nya. Pada peralatan pihak penyedia listrik, jatuh tegangan akan menyebabkan terjadinya kesalahan operasi pada peralatan kontrol, seperti *magnetic switch*, *automatic valve*, *auxiliary relay*. Sedangkan pada pihak pelanggan, jatuh tegangan akan menyebabkan peralatan listrik tidak berfungsi maksimal, seperti menurunnya torsi pada saat awal menghidupkan motor

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Pascasarjana UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Saif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

listrik (*starting torque*) dan juga menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya pada peralatan penerangan[3].

Pada sistem distribusi memiliki batas toleransi tegangan, agar tegangan yang sampai pada peralatan listrik tidak menimbulkan gangguan. Berdasarkan SPLN 1 : 1987 standar tegangan pelayanan adalah +5 % dan -10% dari tegangan nominal sebuah sistem. Sehingga berdasarkan standar PLN tersebut, jatuh tegangan maksimal adalah 10 % terhadap tegangan nominal[6]. Jatuh tegangan terjadi, karena setiap kawat penghantar jaringan sistem memiliki nilai resistansi yang akan menyebabkan terjadinya jatuh tegangan. Besar resistansi dipengaruhi oleh panjang kawat penghantar sebuah jaringan sistem. Oleh karena itu, semakin panjang sebuah kawat penghantar saluran sistem, akan menimbulkan nilai resistansi yang semakin besar[3].

Jatuh tegangan pada penyulang selain disebabkan oleh resistansi pada kawat penghantar nya, jatuh tegangan juga disebabkan oleh beberapa hal yang lain. Diantaranya, disebabkan kecilnya ukuran kawat penghantar jaringan, karena besar jatuh tegangan berbanding terbalik dengan ukuran kawat penghantar. Penyebab lainnya, disebabkan karena beban pada sebuah sistem, karena besar jatuh tegangan berbanding lurus dengan beban[3]. Penyebab lainnya, karena rendahnya tegangan kerja yang diberikan oleh pusat beban atau GI[7].

Faktor daya yang rendah juga menjadi alasan besarnya jatuh tegangan pada sistem. Faktor daya yang rendah disebabkan karena tingginya daya reaktif pada sistem. Pada kondisi faktor daya yang rendah, arus yang mengalir akan meningkat, sehingga hal tersebut memperbesar nilai jatuh tegangan. Faktor daya pada sistem distribusi secara umum nilainya kurang dari satu, karena pada sebuah sistem distribusi umumnya terdapat pelanggan industri yang menggunakan peralatan listrik yang menyerap daya reaktif yang besar[8]. Di ULP duri terdapat sebuah penyulang yang besar jatuh tegangan nya di luar batas nominal yang sudah ditetapkan, sehingga dikeluhkan oleh pelanggan daya listrik di sana[4].

Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Samuel Tu Sutrisno sebagai Supervisor ULP Duri, permasalahan jatuh tegangan sedang terjadi di Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Penyulang Maroko Jurusan Tapung diurus oleh PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandang yang beralamat di Jl. Belutu, Kec. Kandis, Kab. Siak, Provinsi Riau. Penyulang

Maroko Jurusan Tapung mendapatkan suplai daya listrik dari Transformator Daya Unit 1 Garda Induk Balai Pungut[4].

Berdasarkan hasil wawancara lanjutan dengan Bapak Erix Syandra Qardova.HSB sebagai *junior technician distribution* di Penyulang Maroko Jurusan Tapung, jatuh tegangan menimbulkan keluhan dari salah satu pelanggan sektor industri. Pihak PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandis, tiga bulan sejak bulan maret hingga bulan juli tahun 2020, dikeluhkan oleh pelanggan industri PT. Pabrik Kelapa Sawit (PKS) kijang mill. Perindustrian tersebut mengeluh karena tegangan yang terbaca pada *Low Voltage Main Distribution Board* (LVMDDB) transformator distribusi tiga fase milik mereka, tidak memenuhi standar dari pihak PLN. Transformator distribusi tiga fase tersebut digunakan sebagai penggerak motor listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) milik PT. Pabrik Kelapa Sawit (PKS) kijang mill. Pasokan tegangan yang lebih rendah dari nominal motor listrik, menyebabkan arus yang mengalir akan lebih besar dari nominalnya untuk menanggung beban penuh, sehingga berdampak rendahnya efisiensi dari suatu motor listrik tersebut. Efisiensi motor listrik yang rendah menyebabkan daya listrik yang dihasilkan oleh suatu pembangkitan menjadi tidak maksimal. Sehingga daya listrik yang dihasilkan tidak memenuhi nominal peralatan listrik disana[4].

Jatuh tegangan pada sisi pelanggan Perindustrian tersebut, dikarenakan jatuh tegangan yang terjadi pada sisi pengirim atau bagian jaringan tegangan menengah 20 kV Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Setelah mendapatkan keluhan, selang beberapa bulan setelah itu pihak PT PLN (PERSERO) Belutu Kandis melakukan pengukuran di sisi jaringan tegangan menengah. Tepatnya pada tanggal 3 Juli tahun 2020 di jaringan tegangan menengah desa sekijang yang termasuk daerah yang paling rendah tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Hasil pengukuran di fase R-S dengan nilai tegangan 17.3 kV, fase R-T dengan nilai tegangan 16.7 kV, dan pada fase S-T dengan nilai tegangan 16.4 (WBP)[4]. Dari hasil pengukuran tersebut, dapat disimpulkan rata-rata jatuh tegangan antar fase adalah 16.8 kV atau jatuh tegangan sebesar 16 % dari tegangan nominal 20 kV. Hasil persentase jatuh tegangan tidak pada standar SPLN 1 : 1987 yaitu jatuh tegangan maksimal adalah 10 % terhadap tegangan nominal.

Penyebab terjadinya jatuh tegangan di Penyulang Maroko Jurusan Tapung karena pelayanan distribusi yang luas. Jurusan Tapung merupakan jurusan dengan saluran terpanjang, dibandingkan jurusan lainnya di Penyulang Maroko. Penyulang Maroko sendiri merupakan sebuah *feeder express* (jaringan tanpa beban) yang digunakan untuk mensuplai

daya listrik dari pusat beban (gardu induk) langsung menuju ke GH (Gardu Hubung). Pada GH, Penyulang Maroko dibagi menjadi 3 jurusan antara lain, Jurusan Sukatani, Jurusan Kandis Kota dan Jurusan Tapung. Berdasarkan data dari pihak PLN, panjang total masing-masing jurusan antara lain, Jurusan Sukatani 44.6 kms, Jurusan Tapung 103.6 kms, dan Jurusan Kandis Kota 31.3 kms[4]. Dengan total panjang keseluruhan saluran adalah 103.6 kms, memberikan pengaruh besar terhadap besarnya nilai jatuh tegangan pada penyulang tersebut

Selain disebabkan pelayanan distribusi yang luas, Penyulang Maroko Jurusan Tapung memiliki pelanggan daya listrik dengan daya yang besar. Pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung terdapat tiga pelanggan industri PKS yaitu, PKS Naga Mas, PKS Nagasaki Mill, dan PKS Kijang Mill[4]. Seperti yang disampaikan pada paragraf sebelumnya, pelanggan industri menggunakan suplai daya PLN sebagai penggerak motor listrik pembangkitan. Pelanggan industri merupakan pelanggan dengan beban induktif. Beban induktif merupakan beban yang menyerap daya reaktif sistem sehingga berpengaruh terhadap besarnya jatuh tegangan sistem.

Berdasarkan kebijakan pemerintah Provinsi Riau di bidang kelistrikan, sektor industri merupakan salah satu sektor utama untuk mendorong perekonomian di Provinsi Riau[5]. Oleh karena itu pihak PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandis diharapkan mampu melakukan upaya perbaikan kualitas tegangan yang optimal pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung.

Saat ini, beberapa upaya perbaikan kualitas tegangan yang telah dilakukan oleh pihak PT. PLN (PERSERO) GI Balai Pungut maupun pihak PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandis. Diantaranya, pihak GI Balai Pungut telah menggunakan transformator daya dengan jenis *On Load Tap Changer* (OLTC). Transformator daya jenis ini lebih baik dibandingkan jenis *Off Load Tap Changer* sebelumnya, karena dapat difungsikan secara otomatis dalam keadaan beban. OLTC secara otomatis mengubah posisi tap dengan mengatur rasio lilitan sisi primer dan lilitan sekunder, agar menghasilkan tegangan sisi sekunder yang tetap pada nominalnya. Selanjutnya upaya yang telah dilakukan pihak PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandis adalah dengan memperbesar sebagian diameter kawat penghantar saluran di Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Diameter Kawat penghantar saluran sebelumnya 70 mm² diganti menjadi ukuran diameter 150 mm²[4].

Selanjutnya upaya yang telah dilakukan oleh pihak PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandis adalah dengan menempatkan dua buah kapasitor bank *shunt* (paralel) dengan kapasitas total 1800 kVAr pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Dua kapasitor bank

shunt terpasang dengan rangkaian hubung delta pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV dan masing-masing ukuran kapasitor adalah 1200 kVAR dan 600 kVAR. Dua kapasitor bank telah ditempatkan sejak tahun 2018 yang berlokasi di desa sekijang dekat GH Naga Sakti Mill dan di dekat GH Kijang Mill[4].

Perbaikan-perbaikan yang telah dilakukan sebelumnya seperti dengan penempatan kapasitor bank tidak berfungsi dengan optimal pada tahun 2020 saat ini. Alasan perbaikan tersebut tidak berfungsi dengan optimal antara lain, karena kondisi sistem saat ini tidak sama dengan kondisi sebelumnya. Dari tahun ke tahun kondisi penyulang terjadi penambahan beban dan perluasan saluran distribusi. Sehingga perlunya dilakukan upaya perbaikan kualitas tegangan kembali, untuk meminimalisir besar jatuh tegangan, sehingga jatuh tegangan berada pada batas toleransi yang telah ditentukan[3][5].

Sejauh ini, di jurnal-jurnal terkait terdapat upaya perbaikan kualitas tegangan yang dapat dilakukan pada penyulang maroko jurusan tapung. Diantaranya adalah melakukan konfigurasi pada jaringan dengan mengoperasikan *switching*[9]. Selanjutnya adalah dengan menempatkan kapasitor bank *shunt* dan pembangkitan kecil (*Distributed Generation*) untuk meningkatkan kualitas daya dan tegangan[10][11]. Selanjutnya adalah pengoperasian transformator dengan mengubah tap yang bisa dilakukan pada transformator daya maupun transformator distribusi[7][12][13].

Dari jurnal-jurnal terkait sebelumnya peneliti memilih dua upaya yaitu dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank. Kedua upaya tersebut dari jurnal-jurnal terkait sebelumnya, merupakan upaya yang optimal untuk perbaikan kualitas tegangan di sistem distribusi. Selain itu, perbaikan dengan transformator mengubah tap akan meminimalisir penggunaan kapasitor bank. Sehingga hal itu, dapat menekan biaya perbaikan dengan kapasitor bank. Kedua upaya tersebut dilakukan untuk meminimalisir jatuh tegangan pada sisi tegangan menengah 20 kV (jaringan distribusi primer) dan juga pada sisi tegangan rendah 380 V (jaringan distribusi sekunder). Upaya tersebut akan dilakukan secara bertahap, untuk mengoptimalkan perbaikan jatuh tegangan di seluruh jaringan penyulang maroko jurusan tapung[11][13][14].

Tahap pertama yaitu perbaikan dengan mengubah pengaturan tap pada transformator daya unit 1 di GI Balai Pungut. Pada transformator terdapat lilitan primer dan lilitan sekunder yang dapat diubah rasio nya dengan mengubah posisi tap transformator. Transformator daya unit 1 di GI Balai Pungut merupakan pusat beban dari Penyulang Maroko Jurusan Tapung dengan jenis *On Load Tap Changer* (OLTC). Jenis OLTC merupakan jenis tap transformator

yang umumnya digunakan pada transformator daya dan kelebihan nya dapat diubah dalam keadaan berbeban. Pada tahap ini, transformator daya dinaikkan tap nya 5 % di sisi sekunder. Hal ini berarti adanya penambahan lilitan sisi sekunder, sehingga tegangan pada sisi sekunder akan terjadi peningkatan dari tegangan nominal 20 kV menjadi 21 kV[12][15][16].

Tahap kedua yaitu perbaikan dengan penempatan kapasitor bank paralel (shunt) dengan optimal pada titik jaringan tegangan menengah 20 kV Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Kapasitor bank secara umum berfungsi untuk memperbaiki kualitas tegangan dan memperbaiki faktor daya sistem. Pada tahap ini perbaikan dimaksudkan untuk meningkatkan tegangan di seluruh saluran penyulang. Untuk menempatkan kapasitor bank shunt peneliti menggunakan *tool Optimal Placement Capacitor (OPC)* di *software ETAP 12.6.0*. *Tool* tersebut menggunakan metode algoritma genetika untuk menempatkan kapasitor bank *shunt* dengan optimal. Penempatan optimal kapasitor bank shunt dengan metode tersebut untuk menghasilkan variabel penempatan optimal antara lain, kapasitas, lokasi optimal dan biaya[8] [17].

Tahap ketiga yaitu perbaikan dengan transformator mengubah tap pada transformator distribusi 20 kV/0.38 kV, yang tegangan sisi sekunder nya masih belum berada pada batas toleransi yang ditetapkan di Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Pada tahap ini, transformator distribusi dinaikkan tap nya satu kali sebesar 2.5 % dari tegangan nominal sisi sekunder nya. Jika tegangan sisi sekunder masih belum berada pada batas toleransi tap akan dinaikkan dua kali sebesar 5 % dari tegangan nominal sisi sekunder nya. Menaikkan tap di sisi sekunder, berarti adanya penambahan lilitan sisi sekunder, sehingga tegangan pada sisi sekunder atau tegangan diterima konsumen akan terjadi peningkatan[14][15][18].

Dari permasalahan dan solusi yang telah diuraikan, maka perlu sebuah penelitian upaya perbaikan kualitas tegangan dengan solusi yang tepat Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Upaya perbaikan harus cepat dilakukan mengingat, peningkatan jumlah pelanggan setiap tahunnya. Upaya perbaikan ini juga sebagai langkah dalam mendukung kebijakan pemerintah Provinsi Riau untuk meningkatkan kualitas kepuasan pelanggan daya listrik, terutama pelanggan daya listrik sektor industri. Oleh karena itu penulis tertarik melakukan sebuah penelitian dengan judul **“Analisis Perbaikan Kualitas Tegangan Penyulang Maroko Jurusan Tapung dengan Transformator Mengubah Tap dan Menempatkan**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kapasitor Bank” (Studi Kasus Penyulang Maroko Jurusan Tapung, Unit Layanan Pelanggan Duri).

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar nilai jatuh tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung sebelum perbaikan kualitas tegangan?
2. Berapa besar nilai jatuh tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung setelah melakukan perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank shunt?
3. Sejauh mana perbandingan besar nilai jatuh tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung sebelum dan setelah melakukan perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank shunt?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis besar nilai jatuh tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung sebelum perbaikan kualitas tegangan.
2. Menganalisis besar nilai jatuh tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung setelah melakukan perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank shunt
3. Menganalisis sejauh mana perbandingan besar nilai jatuh tegangan Penyulang Maroko Jurusan Tapung sebelum dan setelah perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank shunt

1.4 Batasan Masalah

1. Batas toleransi jatuh tegangan berdasarkan SPLN 1 : 1987 yaitu maksimal 10 % terhadap tegangan nominal.
2. Proses perbaikan kualitas tegangan dilakukan pada jaringan tegangan menengah dan aringan tegangan rendah dengan tegangan nominal 20 kV dan 0.38 kV.
3. Proses perbaikan kualitas tegangan menggunakan bantuan *software* ETAP 12.6.0.
4. Perbaikan jatuh tegangan dan kualitas daya tegangan dengan menempatkan kapasitor bank *shunt* menggunakan *tools Optimal Capacitor Placement (OCP)* pada *software* ETAP 12.6.0.
5. Jenis kapasitor bank yang ditawarkan pada perbaikan adalah kapasitor bank paralel (*shunt*).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Pascasarjana UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

6. Perbaikan jatuh tegangan yang diinginkan mengikuti pengaturan dari *tool* OPC yaitu range tegangan 90 % - 110 %.

7. Faktor daya sistem diasumsikan 0.85 *lagging*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini diantaranya :

1. Bagi Penulis

Dapat menganalisis sejauh mana upaya perbaikan kualitas tegangan pada Penyulang 20 kV dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank.

2. Bagi Lembaga Pendidikan

Dapat dijadikan sumber referensi bagi pihak yang membutuhkan.

3. Bagi Perusahaan

Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk upaya perbaikan kualitas tegangan di Penyulang Maroko Jurusan Tapung.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Sebelum melakukan penelitian, dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk mencari rujukan dan penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Rujukan ini didapatkan dari paper jurnal, buku yang berhubungan dengan penelitian ini.

Pada penelitian[7]. Analisis upaya perbaikan kualitas tegangan penyulang 20 kV dengan mengubah pengaturan tap Transformator Daya *On Load Tap Changer* (OLTC) Unit 2 Gardu Induk (GI) Godean. Pada penelitian ini, analisis menggunakan *tools* simulasi *software* ETAP 12.6.0. Tegangan yang diberikan pembangkit berubah-ubah, seringkali tegangan yang masuk di sisi primer transformator daya tegangan mengalami jatuh tegangan yang besar ketika waktu beban puncak, dibanding waktu luar beban puncak. Untuk mengatasi hal tersebut Transformator Daya GI terdapat pengubah tap dengan jenis OLTC. OLTC berfungsi otomatis mengubah tap agar tegangan sisi sekunder tetap berada pada nominalnya. Pada penelitian ini menganalisis perbandingan perbaikan tegangan sistem OLTC pada sisi sekunder sebelum dan setelah melakukan setting dengan OLTC. Setelah melakukan simulasi menunjukkan hasil dengan melakukan pengaturan mengubah tap transformator daya dapat memperbaiki kualitas tegangan sisi penerima (sisi beban) yang sebelumnya rata-rata tegangan sebesar 19.919 V menjadi 20.083 V.

Pada penelitian berikutnya[10]. Analisis upaya perbaikan profil tegangan pada Penyulang Watu Ulo Jember. Analisis pada penelitian ini menggunakan *tools* simulasi *software* ETAP 12.6.0 dan simulasi *software* MATLAB. Upaya yang dilakukan adalah dengan menempatkan *Distributed Generation* (DG) dan kapasitor bank pada Penyulang Watu Ulo Jember. Metode yang digunakan untuk menempatkan DG dan kapasitor bank menggunakan Metode penempatan optimal Algoritma Genetika. Analisis hasil setelah simulasi kedua *tools* dapat diambil kesimpulan, setelah melakukan upaya perbaikan profil



tegangan dengan menempatkan DG dan Kapasitor Bank Penyulang Watu Ulo Jember berada pada batas toleransi tegangan yang telah ditetapkan.

Pada penelitian terkait berikutnya[11]. Analisis penempatan kapasitor bank *shunt* di Penyulang 20 kV Rayon Besuki untuk perbaikan jatuh tegangan. Pada penelitian ini, analisis yang dilakukan menggunakan *tools* simulasi *software* ETAP 12.6.0. Penempatan kapasitor bank *shunt* menggunakan fitur *Optimal Placement Capacitor* (OPC) pada *software* ETAP 12.6.0. Fitur tersebut bekerja berdasarkan algoritma genetika untuk menempatkan kapasitor bank *shunt* dengan optimal pada sistem. Fitur OPC diatur berdasarkan peraturan IEEE dengan batas margin ($0.95 < V_{pu} < 1.05$). Dengan menjalankan fitur tersebut, ditemukan ada 8 bus prioritas untuk menempatkan kapasitor bank *shunt*, dari 24 bus yang besar jatuh tegangan nya belum memenuhi batas toleransi telah ditetapkan. Dengan pemasangan kapasitor bank *shunt* pada 8 bus prioritas tersebut, terjadi kenaikan level tegangan dari kategori tegangan kritis (jatuh tegangan berada diluar batas toleransi) menjadi tegangan normal (jatuh tegangan berada di dalam batas toleransi).

Pada penelitian berikutnya[12]. Analisis Upaya perbaikan kualitas tegangan pada Penyulang di Kaliwungu. Upaya perbaikan kualitas tegangan yaitu dengan merubah setting on load tap changer transformator daya dan setting off load tap changer transformator distribusi di Penyulang Kaliwungu. Perubahan setting pada OLTC Transformator Daya Kaliwungu dimaksudkan agar mendapatkan tegangan di sisi sekunder pada 105 % dari tegangan standarnya. Tegangan nominal sisi sekunder pada Transformator Daya Kaliwungu sebelumnya yaitu 20 kV, sehingga pada penelitian ini tegangan sisi sekunder ditingkatkan menjadi 21 kV. Dari analisis hasil perhitungan dapat disimpulkan, pada tegangan nominal sisi sekunder sebelumnya posisi tap berada di tap 8. Setelah mengubah setting OLTC sehingga tegangan sisi sekunder menjadi 21 kV, posisi tap berada di tap 11. Tahap perbaikan selanjutnya dengan mengubah setting tap pada transformator distribusi. Perubahan settingan disebabkan karena tegangan terima sisi primer menjadi berubah diakibatkan oleh perubahan setting OLTC transformator daya. Pada tahap ini diambil sampel pada transformator distribusi di penyulang dengan jarak beban terdekat, jarak beban tengah dan jarak beban jauh. Setelah mengubah setting tap transformator distribusi jatuh tegangan pada sisi sekunder tiap-tiap transformator berada pada batas toleransi yang telah ditetapkan.

Pada penelitian berikutnya[13]. Analisis perbandingan 3 alternatif untuk meminimalisir jatuh tegangan di Penyulang 20 kV Rokan Hulu. Analisis pada penelitian ini

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

mengunakan *tools* simulasi *software* ETAP 12.6.0. Ketiga alternatif tersebut diantaranya pertama adalah dengan mengganti ukuran penghantar penampang yang sebelumnya 70 mm^2 diganti menjadi 150 mm^2 . Alternatif kedua adalah dengan menempatkan 3 kapasitor bank. Alternatif ketiga adalah dengan mengubah pengaturan tap transformator distribusi agar keluaran tegangan sisi sekunder bisa bernilai 100 % dari nominal nya dengan menambah lilitan sisi sekunder berjumlah 2.5 % dari jumlah lilitan awal. Dari analisis hasil setelah simulasi yang dilakukan dapat diambil kesimpulan, alternatif kedua lebih baik dibanding dua alternatif lain untuk meminimalisir jatuh tegangan di Penyulang 20 kV Rokan Hulu.

Pada penelitian berikutnya[14]. Analisis Tegangan Jatuh pada jaringan tegangan rendah 400 V, sistem kelistrikan Kapal Penumpang. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis teknis cara melakukan perhitungan tegangan jatuh secara manual dan membandingkannya dengan simulasi *software* ETAP 12.6.0. Pada simulasi *software* ETAP 12.6.0 digunakan *load flow analysis* dan *motor acceleration analysis* sebagai metode untuk melakukan perhitungan tegangan jatuh secara simulasi. Hasil yang diperoleh terdapat tegangan jatuh terbesar pada kondisi manuver, saat *starting bow thruster* terdapat tegangan jatuh selama 60 detik yang tidak sesuai dengan standar IEC 5% dan tidak direkomendasikan oleh IEEE. Setelah dilakukan perbaikan pada *bow thruster* dengan cara menaikkan tap transformator sebesar 2,5% dengan tegangan sekunder 400V pada hasil *running load flow analysis* dan memberi kapasitor sebesar 2000 KVAR, tegangan jatuh pada hasil running motor *acceleration analysis* tegangan jatuh dapat diturunkan menjadi 13 detik yang sesuai dengan standar IEC dan rekomendasi IEEE.

Pada penelitian[16]. Analisis upaya perbaikan kualitas tegangan yaitu pada jaringan tegangan menengah 20 kV, Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan. Pada penelitian ini, analisis menggunakan *tools* simulasi *software* ETAP 12.6.0. Pada Penyulang Tomat ujung tegangan terima sebelum perbaikan kualitas tegangan sebesar 16.39 kV. Jatuh tegangan disebabkan oleh panjangnya penyulang melebihi 100 kms, hal tersebut jauh dibanding batas panjang standar PLN. Perbaikan tegangan dilakukan dengan kombinasi tiga upaya perbaikan yaitu dengan penggantian konduktor, pemasangan kapasitor dan mengubah pengaturan tap trafo daya. Setelah melakukan kombinasi upaya tersebut tegangan pada jaringan tegangan menengah 20 kV adalah 19.48 kV atau jatuh tegangan sebesar 2.56 %, masih berada pada batas standar PLN.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Penelitian berikutnya[19]. Analisis upaya untuk meminimalisir nilai deviasi tegangan (jatuh tegangan) pada sistem distribusi. Analisis pada penelitian ini menggunakan *tools* simulasi *software* MATLAB. Sedangkan untuk membantu analisis, pada penelitian ini menggunakan sistem distribusi rangkaian sederhana di *Software* MATLAB. Upaya untuk meminimalkan deviasi tegangan adalah dengan menempatkan kapasitor bank dan rekonfigurasi jaringan. Kedua upaya tersebut menggunakan metode algoritma genetika. Penelitian ini dibagi menjadi 4 kondisi untuk melihat pada kondisi mana yang terbaik untuk meminimalkan deviasi tegangan pada sistem distribusi. Kondisi pertama, merupakan kondisi di awal sistem distribusi. Kondisi kedua, setelah melakukan konfigurasi pada jaringan sistem distribusi. Kondisi ketiga, setelah menempatkan kapasitor bank pada sistem distribusi. Kondisi keempat, setelah melakukan konfigurasi pada jaringan dan menempatkan kapasitor bank pada sistem distribusi. Analisis hasil setelah simulasi pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan, nilai deviasi tegangan rendah yaitu pada kondisi keempat.

Pada penelitian terkait berikutnya[20]. Analisis upaya perbaikan profil tegangan pada sistem tenaga listrik Sumatera Barat (SUMBAR). Analisis pada penelitian ini menggunakan *tools* simulasi *software* *Power World Simulator*. Upaya yang dilakukan yaitu dengan menempatkan kapasitor bank dan mengubah pengaturan tap transformator daya. Analisis pada penelitian ini, dibagi menjadi 4 kondisi untuk melihat kondisi mana yang terbaik untuk memperbaiki profil tegangan pada sistem. Kondisi pertama, kondisi di awal jaringan sistem. kondisi kedua, setelah menempatkan kapasitor bank di jaringan sistem. Kondisi ketiga, setelah mengubah pengaturan tap transformator daya di jaringan sistem. Kondisi keempat, setelah menempatkan kapasitor bank dan mengubah pengaturan tap transformator daya pada sistem. Keempat kondisi lalu disimulasikan berdasarkan data yang ada di lapangan menggunakan *software* *Power World Simulator*. Analisis hasil setelah simulasi menunjukkan upaya perbaikan profil tegangan yang terbaik yaitu pada kondisi keempat.

Pada penelitian berikutnya[21]. Analisis perbaikan profil tegangan listrik *Feeder* Banuaran. Analisis pada penelitian ini menggunakan *tools* simulasi *software* ETAP 12.6.0. Upaya yang dilakukan adalah dengan menempatkan kapasitor bank dan dengan pengaturan tap changer transformator pada *Feeder* Banuaran. Setelah menempatkan kapasitor bank, sehingga menaikkan sebanyak 6 bus ke nilai tegangan ideal dan sebanyak 17 bus tidak mencapai nilai tegangan ideal. Selanjutnya dengan menaikkan tap changer transformator

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



distribusi satu kali sebesar 2.5 % dari tegangan nominalnya, sehingga 18 bus tegangannya sudah ideal dan 5 bus dengan tegangan belum ideal. Selanjutnya dengan menaikkan tap changer transformator distribusi dua kali sebesar 5 % dari tegangan nominalnya, sehingga tidak ada lagi bus yang tegangannya tidak ideal.

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, dari hasil penelitian terdahulu di atas upaya yang handal dan sering dilakukan untuk meminimalisir jatuh tegangan Penyulang 20 kV adalah dengan menempatkan kapasitor bank dan transformator mengubah tap [14][16][20]. Dari hasil penelitian terdahulu upaya perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap lebih ekonomis dibandingkan upaya seperti penempatan DG dan kapasitor bank, karena hanya perlu mengatur *setting* an tap pada transformator yang ada di penyulang tersebut. Sedangkan kapasitor bank prosedur penempatan lebih mudah jika dibanding penempatan *Distributed Generation* (DG)[10][11]. Untuk menempatkan kapasitor bank *shunt* dapat dilakukan dengan secara langsung ditempatkan pada jaringan yang tegangan nya rendah dan dapat dilakukan dengan menggunakan penempatan optimal menggunakan metode algoritma genetika. Dari kedua model penempatan tersebut, menggunakan penempatan optimal menggunakan metode algoritma genetika lebih optimal, karena lebih memberikan hasil penempatan kapasitor bank yang lebih baik [11][19]. Pada penelitian terdahulu, *tools* simulasi yang dominan adalah menggunakan *software* ETAP 12.6.0 upaya perbaikan kualitas tegangan [7][9][10][11][13].

Pada penelitian ini, berdasarkan uraian pada paragraf sebelumnya mengambil upaya perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank. Pengembangan dari penelitian sebelumnya adalah analisis perbaikan kualitas tegangan pada sisi jaringan tegangan menengah dan pada sisi jaringan tegangan rendah. Pengembangan lain pada penelitian ini adalah perbaikan yang dilakukan dengan transformator mengubah tap (transformator daya), hal ini dilakukan untuk meminimalisir *cos phi* dari kapasitor bank saat melakukan perbaikan kualitas tegangan dengan menempatkan kapasitor bank [11][13][14][16][21].

Pada upaya perbaikan dengan menempatkan kapasitor bank dilakukan dengan metode penempatan optimal algoritma genetika menggunakan tool OPC di *software* ETAP 12.6.0, hasil optimal yang akan didapatkan antara lain ukuran, kapasitas, lokasi dan biaya dari pemasangan kapasitor bank [11]. Pada upaya perbaikan dengan transformator mengubah tap (transformator daya), tap akan dinaikkan 5 % dari tegangan nominal sisi sekunder nya [16].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

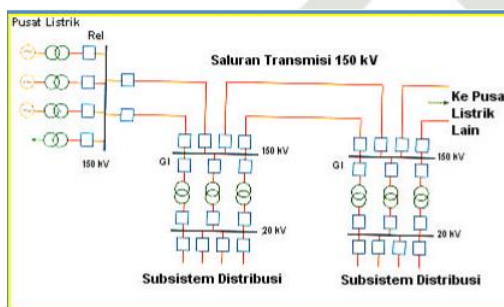
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sedangkan upaya perbaikan dengan transformator mengubah tap (transformator distribusi), dilakukan dengan menaikkan tap nya satu kali sebesar 2.5 % dari tegangan nominal sisi sekunder nya. Jika tegangan sisi sekunder masih belum pada standar, tap akan dinaikkan dua kali sebesar 5 % dari tegangan nominal sisi sekunder nya. Menaikkan tap di sisi sekunder, berarti adanya penambahan lilitan sisi sekunder, sehingga tegangan pada sisi sekunder atau tegangan diterima konsumen akan terjadi peningkatan[14][21].

2.1.1 Sistem Interkoneksi



Gambar 2. 1 Sistem Interkoneksi[2].

Pada gambar 2.1 di atas merupakan gambaran dari sistem interkoneksi yaitu sebuah sistem yang terdapat banyak pusat listrik dan juga pusat beban atau Gardu Induk (GI). Kedua pusat tersebut dihubungkan satu sama lain pada jaringan sistem transmisi. Adapun tujuan dari sistem interkoneksi adalah agar penyaluran daya listrik ke pusat beban (GI) tetap terjaga dengan baik. Selain itu tujuan sistem interkoneksi adalah untuk meringankan suatu pusat listrik untuk menanggung beban daya listrik[2].

2.1.2 Transformator

Transformator adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk memindahkan daya listrik arus bolak balik dari suatu sistem ke sistem lainnya yang dilakukan berdasarkan induksi elektromagnetik[15].

Adapun transformator berdasarkan penempatan sebagai berikut[2]:

1. Transformator Pembangkit

Transformator pembangkit digunakan pada sistem pembangkit. Transformator pembangkit merupakan jenis transformator penaik tegangan (*step up*). Transformator pembangkit berfungsi untuk menaikkan tegangan yang dihasilkan dari sebuah generator pembangkitan berkisar 6.6 kV - 24 kV menjadi tegangan 70 kV- 500 kV.

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

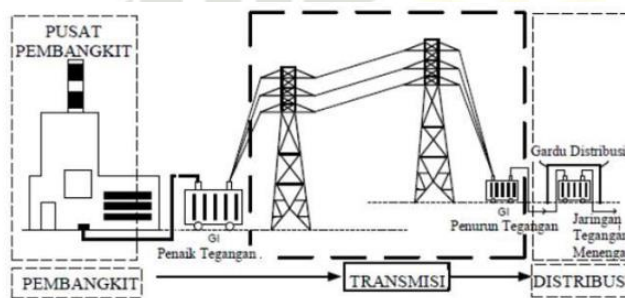
2. Transformator Daya

Transformator daya digunakan pada Gardu Induk (GI) yang merupakan sistem distribusi. Transformator daya merupakan jenis transformator penurun tegangan (*step down*). Transformator daya berfungsi untuk menurunkan tegangan dari sistem transmisi sekitar 70 kV- 500 kV menjadi tegangan 20 kV.

3. Transformator Distribusi atau Gardu Pelanggan

Transformator distribusi sering disebut gardu pelanggan karena penempatan berhubungan dengan pelanggan daya listrik. Transformator distribusi ditempatkan pada sistem distribusi yang merupakan jenis transformator penurun tegangan (*step down*). Transformator distribusi berfungsi menurunkan tegangan 20 kV dari jaringan distribusi primer 20 kV menjadi tegangan 220 V dan 380 V.

2.1.3 Sistem Tenaga Listrik



Gambar 2. 2 Sistem Tenaga Listrik[3].

Pada gambar 2.2 di atas merupakan gambaran umum dari sistem tenaga listrik yang dimulai dari bagian pembangkit, kemudian bagian transmisi, dan berakhir pada bagian distribusi. Bagian-bagian pada sistem tenaga listrik dihubungkan satu sama lain oleh kawat pengantar daya listrik. Pada sistem tenaga listrik terdapat transformator penaik tegangan (*step up*) dan transformator penurun tegangan (*step down*)[3].

2.1.4 Sistem Distribusi

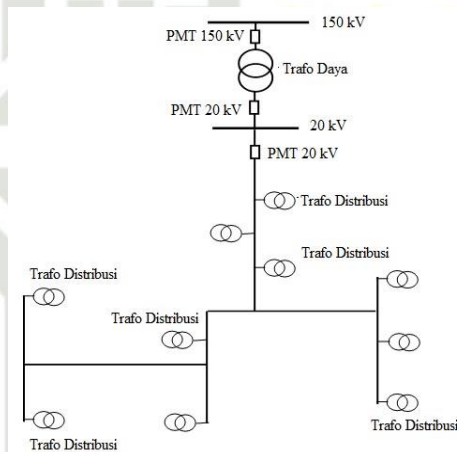
Sistem distribusi merupakan bagian terakhir pada sistem tenaga listrik yang berhubungan dengan pelanggan daya listrik. Sistem distribusi meliputi jaringan distribusi primer dengan tegangan 20 kV dan jaringan distribusi sekunder dengan tegangan 220 V/380 V[3].

2.1.4.1 Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer atau sering juga disebut Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV. Jaringan ini dimulai dari sisi sekunder transformator daya hingga ke sisi primer transformator distribusi. Pola konfigurasi jaringan distribusi primer diantaranya konfigurasi sistem jaringan radial, konfigurasi jaringan sistem loop dan konfigurasi jaringan sistem spindel[3].

1. Konfigurasi Sistem Jaringan Radial

Konfigurasi sistem jaringan radial adalah jaringan dengan konfigurasi sederhana dan paling umum digunakan dalam jaringan distribusi primer. Sesuai dengan namanya, konfigurasi ini diarahkan secara radial dari pusat beban atau gardu induk, lalu bercabang ke titik beban yang akan disuplai. Konfigurasi jaringan sistem radial dapat dilihat pada gambar dibawah ini[3].



Gambar 2. 3 Konfigurasi Sistem Jaringan Radial[3].

2. Konfigurasi Sistem Jaringan Loop

Konfigurasi sistem jaringan loop adalah jaringan tertutup atau jaringan cincin. Tata letak angkaian konfigurasi loop ditutup, sehingga beban mendapat saluran listrik dua arah. Keuntungan dari konfigurasi ini adalah dapat menjamin kontinuitas dibandingkan dengan konfigurasi sistem jaringan radial. Konfigurasi jaringan sistem loop dapat dilihat pada gambar dibawah ini[3].

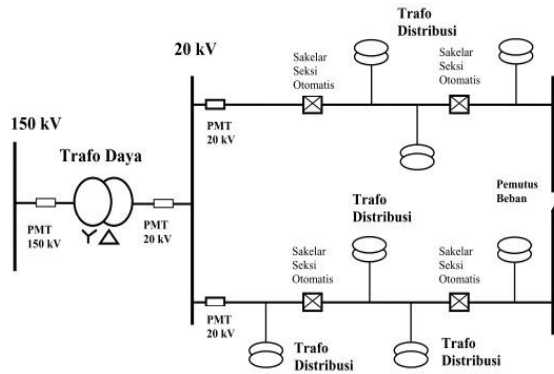
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

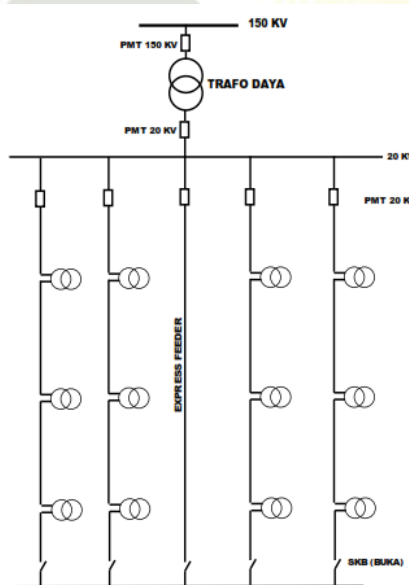
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 4 Konfigurasi Sistem Jaringan Loop[3].

3. Konfigurasi Sistem Jaringan Spindel

Konfigurasi jaringan distribusi spindel merupakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) yang saluran kabelnya terletak pada bawah tanah. Sistem jaringan spindel maksimal nya terdiri dari 6 penyulang (*feeder*) yang memiliki beban dan salah satunya penyulang tidak memiliki beban (*express feeder*). Konfigurasi jaringan spindel dapat dilihat pada gambar dibawah ini[3].



Gambar 2. 5 Konfigurasi Sistem Jaringan Spindel[3].

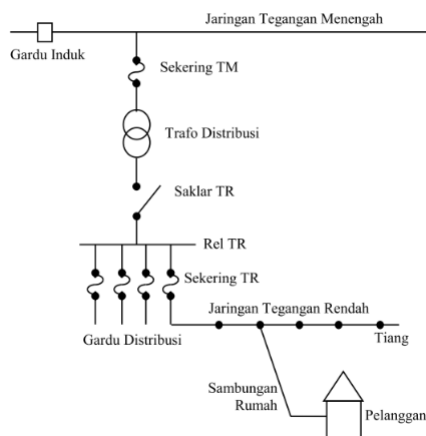
2.1.4.2 Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau sering disebut juga dengan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 220/380 V. Pada jaringan ini tegangan untuk satu fase adalah 220 V yang umumnya digunakan oleh pelanggan rumah tangga, sedangkan untuk tegangan 3 fase adalah 380 V yang umumnya digunakan oleh pelanggan industri. Jaringan distribusi sekunder

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

bermula dari sisi sekunder transformator distribusi dan berakhir hingga ke alat ukur atau meteran pelanggan daya listrik. Jaringan distribusi sekunder dapat dilihat pada gambar dibawah ini[3].



Gambar 2. 6 Jaringan Distribusi Sekunder[3].

2.1.5 Kawat Penghantar Jaringan Distribusi

Pada jaringan distribusi kawat penghantar digunakan untuk mengalirkan daya listrik dari suatu bagian instalasi listrik ke bagian instalasi listrik lainnya. Dalam pemilihan kawat penghantar yang ideal, kawat penghantar tersebut harus memiliki beberapa sifat sebagai berikut[3]:

1. Memiliki konduktivitas yang tinggi
2. Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
3. Berat jenis rendah
4. Fleksibilitas tinggi
5. Harga rendah

2.1.5.1 Jenis Bahan Kawat Penghantar

Untuk mendapatkan sifat-sifat kawat penghantar yang ideal pada jaringan distribusi, kawat penghantar haruslah dipilih suatu logam campuran (*alloy*). Kawat penghantar berbahan logam campuran sebagai berikut[3]:

1. AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*)

AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) merupakan suatu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium. Berikut gambar kawat penghantar AAAC:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 7 Kawat Penghantar AAAC[3].

2. ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*)

ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) merupakan suatu kawat penghantar dari aluminium berinti kawat baja. Berikut gambar kawat penghantar ACSR:



Gambar 2. 8 Kawat Penghantar ACSR[3].

3. ACAR (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*)

ACAR (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*) merupakan suatu kawat penghantar dari aluminium yang dilapisi logam campuran.

2.1.5.2 Sifat Logam Kawat Penghantar

Kawat penghantar jaringan distribusi terdiri dari beberapa bahan logam yang memiliki sifat penghantar yang berbeda-beda. Berikut tabel sifat logam penghantar jaringan distribusi:

Tabel 2. 1 Sifat Logam Penghantar[3].

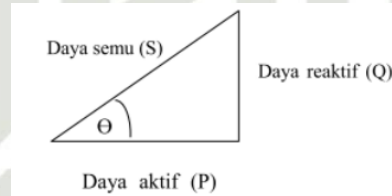
Macam Logam	BD	Tahanan Jenis (m/cm)	Titik Cair (°C)	Resistansi (Ω)	Koefisien Suhu (°K)	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)
Aluminium	2.56	0.03	660	33.3	0.0038	15 - 23
Tembaga	8.95	0.0175	1083	57.14	0.0037	30 - 48
Baja	7.85	0.42	1535	10	0.0052	46 - 90
Perak	10.5	0.018	960	62.5	0.0036	
Kuningan	8.44	0.07	1000	14.28	0.0015	
Emas	19.32	0.022	1063	45.45	0.0035	

2.1.6 Tegangan Jaringan Distribusi

Pada jaringan distribusi terdiri dari dua jenis jaringan berdasarkan tegangan nya antara lain, Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 V. JTM merupakan jaringan tegangan antar fase-fase, sedangkan JTR dibagi dua yaitu 380 V merupakan jaringan tegangan fase-fase dan 220 V merupakan jaringan antar fase-netral[3].

2.1.7 Daya

Daya listrik yaitu energi yang dibutuhkan peralatan listrik agar dapat beroperasi. Daya yang dikirimkan pada jaringan distribusi terdiri dari daya aktif, daya semu dan daya reaktif. Hubungan ketiga daya tersebut dapat dilihat pada gambar segitiga daya berikut[3].



Gambar 2. 9 Gambar Segitiga Daya[3].

2.1.7.1 Daya Semu

Daya semu adalah daya nyata yang diberikan oleh PLN kepada konsumen. Satuan daya semu adalah VA (Volt Ampere). Daya semu dibentuk dengan mengalikan jumlah tegangan dengan jumlah arus. Daya semu untuk sistem satu fase dengan persamaan 2.1[3], dan tiga fase 2.2[3], 2.3[3] berikut:

$$S \text{ (VA)} = V_p \cdot I_p \text{(2.1)}$$

$$S_{3\phi} \text{ (VA)} = 3 V_p \cdot I_p \text{(2.2)}$$

$$S_{3\phi} \text{ (VA)} = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \text{(2.3)}$$

Keterangan:

- S = Daya Semu (VA)
- V_p = Tegangan Fasa-Netral (V)
- V_L = Tegangan Fasa-Fasa (V)
- I_p = Arus Fasa-Netral (A)
- I_L = Arus Fase-Fase (A)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2.1.7.2 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang sebenarnya dibutuhkan oleh beban yang satuannya adalah W (Watt). Daya aktif adalah besar tegangan yang dikalikan dengan arus dan faktor dayanya. Daya aktif dengan sistem satu fase dengan persamaan 2.4[3], dan tiga fase 2.5[3], 2.6[3] berikut:

$$P (W) = V_P \cdot I_P \cos \theta \dots\dots\dots (2.4)$$

$$P_{3\phi} (W) = 3 V_P \cdot I_P \cos \theta \dots\dots\dots (2.5)$$

$$P_{3\phi} (W) = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cos \theta \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- P = Daya Aktif (W)
- V_P = Tegangan Fasa-Netral (V)
- V_L = Tegangan Fasa-Fasa (V)
- I_P = Arus Fasa-Netral (A)
- I_L = Arus Fasa-Fasa (A)
- Cos θ = Faktor Daya

2.1.7.3 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif. Satuan daya reaktif adalah VAR (Volt Ampere Reaktif). Daya semu untuk sistem satu fase dengan persamaan 2.7[3], dan tiga fase 2.8[3], 2.9[3] berikut:

$$Q (VAR) = V_P \cdot I_P \sin \theta \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Q (VAR) = 3 V_P \cdot I_P \sin \theta \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Q (VAR) = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \sin \theta \dots\dots\dots (2.9)$$

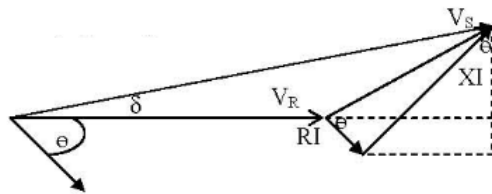
Keterangan:

- Q = Daya Reaktif (VAR)
- V_P = Tegangan Fasa-Netral
- V_L = Tegangan Fasa-Fasa (Volt)
- I_P = Arus Fasa-Netral (Ampere)
- I_L = Arus Fase-Fase (Ampere)
- Sin θ = Faktor Daya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.1.8 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan atau *drop voltage* merupakan nilai tegangan yang hilang pada suatu penghantar saluran. Nilai jatuh tegangan dapat dilihat dari perbedaan antara nilai tegangan kirim suatu gardu tiang dan tegangan yang diterima konsumen. Jatuh tegangan berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban, namun berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Jatuh tegangan disebabkan oleh dua komponen yaitu akibat tahanan saluran ($I.R$) dan akibat reaktansi induktif saluran ($I.X$)[3]. Persamaan jatuh tegangan pada jaringan distribusi dapat jelaskan pada gambar diagram vektor arus dan tegangan jaringan distribusi berikut:



Gambar 2. 10 Diagram Vektor Arus Dan Tegangan Jaringan Distribusi[3].

Dari gambar diagram vektor arus dan tegangan di atas, persamaan tegangan yaitu[3]:

$$V_s = V_R + I \cdot R \cdot \cos \theta + I \cdot X \cdot \sin \theta$$

$$V_s = V_R + I (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta)$$

$$V_s - V_R = I (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta)$$

$$\Delta V = I (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \dots \dots \dots (2.10)$$

Sehingga dari persamaan di atas kita dapat menentukan persamaan jatuh tegangan jaringan distribusi untuk sistem satu fase 2.11[3], dan sistem tiga fase 2.12[3], 2.13[3] berikut:

$$\Delta V_{1\phi} (V) = I (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\Delta V_{3\phi} (V) = \sqrt{3} \cdot \Delta V_{1\phi} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\Delta V_{3\phi} (V) = \sqrt{3} \cdot I (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \dots \dots \dots (2.13)$$

Nilai jatuh tegangan pada saluran distribusi dapat dinyatakan dalam persamaan per unit (pu) sistem satu fase 2.14[3], dan tiga fase 2.15[3], atau dalam persentase (%) 2.16[3] berikut:

$$\Delta V_{pu} = \frac{\Delta V_{(1\phi)}}{V_p} \text{ pu} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\Delta V_{pu3\phi} = \frac{\Delta V_{(3\phi)}}{V_L} \text{ pu} \dots \dots \dots (2.15)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\Delta V (\%) = \Delta V_{pu} \cdot 100 \dots\dots\dots(2.16)$$

2.1.9 Rugi-rugi daya

Pada saat menyalurkan daya listrik ke konsumen, sistem tenaga listrik sering mengalami rugi-rugi daya yang lumayan besar. Hal ini, karena adanya rugi-rugi daya saluran dan rugi-rugi daya pada transformator[3].

2.1.9.1 Rugi-rugi saluran

Pada jaringan distribusi rugi – rugi daya listrik salah satunya disebabkan oleh hambatan pada jaringan. Pada jaringan hambatan dapat berupa resistansi pada jaringan (R) dan dapat berupa reaktansi pada jaringan (X). Hambatan pada jaringan dipengaruhi oleh panjang jaringan sehingga ketika penyaluran daya listrik ke pelanggan akan mengalami rugi-rugi daya listrik pada jaringan. Daya listrik yang disuplai ke pelanggan berupa daya aktif dan daya reaktif. Maka oleh sebab itu, rugi-rugi daya pada jaringan dapat berupa rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif[3].

a. Rugi-rugi daya aktif

Besar rugi-rugi daya aktif dipengaruhi oleh besarnya arus dan besarnya resistansi jaringan (R). Panjang jaringan akan sangat mempengaruhi dari nilai resistansi (R). Rugi-rugi daya aktif pada sistem satu fase pada persamaan 2.17[3] dan sistem tiga fase pada persamaan 2.18[3] berikut:

$$P_{rugi(rugi(1\phi))} = I^2 \cdot R \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Sedangkan rugi-rugi daya aktif tiga phasa dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$P_{rugi(rugi(3\phi))} = 3 \cdot I^2 \cdot R \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.18)$$

b. Rugi-rugi daya reaktif

Besar rugi-rugi daya reaktif dipengaruhi oleh besarnya arus dan besarnya reaktansi jaringan (X). Panjang jaringan akan sangat mempengaruhi dari nilai resistansi (R). Rugi-rugi daya aktif pada sistem satu fase pada persamaan 2.19[3] dan sistem tiga fase pada persamaan 2.20[3] berikut:

$$P_{rugi(rugi(1\phi))} = I^2 \cdot X \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.19)$$

Sedangkan rugi-rugi daya aktif tiga phasa dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$P_{rugi(rugi(3\phi))} = 3 \cdot I^2 \cdot X \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.20)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



2.1.92 Rugi-Rugi Transformator

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dalam unjuk kerjanya, trafo memiliki rugi-rugi yang harus diperhatikan. Rugi - rugi tersebut adalah[3]:

a. Rugi-rugi Tembaga

Rugi-rugi tembaga merupakan kerugian yang disebabkan oleh hambatan tembaga pada komponen lilitan trafo pada komponen primer dan sekunder. Rumus perhitungan rugi tembaga pada persamaan 2.21[3] berikut:

$$P_{CU} = I^2 R \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

- I Arus yang mengalir (Ampere)
- R Resistansi pada kumparan primer atau sekunder (Ohm)

b. Eddy Current (Arus Eddy)

Kehilangan arus Eddy adalah kehilangan panas yang terjadi pada inti transformator. Perubahan fluks magnet yang disebabkan oleh tegangan induksi pada inti transformator (besi) akan menyebabkan arus yang beroperasi pada inti transformator. Arus eddy akan mengalir di inti besi transformator dan mengalirkan energinya ke inti besi transformator, dan kemudian menghasilkan panas. Rugi-rugi arus eddy dapat dirumuskan pada persamaan 2.22[3] berikut:

$$P_e = K_e \cdot f^2 \cdot B_M^2 \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan:

- K_e Konstanta arus eddy, tergantung pada volume inti
- f Frekuensi jala-jala (hz)
- B_M Kerapatan fluks maksimum ($\Phi/A = \text{Maxwell}/m^2$)

c. Rugi-rugi Hysteresis

Kerugian hysteresis adalah kerugian yang terkait dengan pengaturan area magnet pada inti transformator. Energi dibutuhkan untuk mengatur medan magnet. Akibatnya akan terjadi kehilangan daya melalui trafo. Kerugian ini menghasilkan panas di inti transformator.

Rumus Rugi-rugi hysteresis pada persamaan 2.23[3] berikut:

$$P_h = K_h \cdot f^2 \cdot B_M^2 \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

- K_e Konstanta arus eddy, tergantung pada volume inti

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Frekuensi jala-jala (Hz)

B_M Kerapatan fluks maksimum ($\Phi/A = \text{Maxwell}/m^2$)

2.1.10 Sifat-Sifat Beban Listrik

Apabila beban menggunakan sumber listrik AC, maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut[22]:

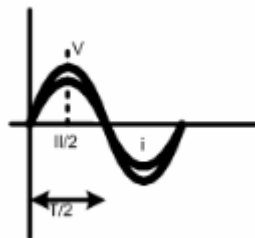
2.1.10.1 Beban Resistif

Beban resistif adalah beban resistor murni, termasuk lampu pijar dan pemanas. Beban hanya menyerap daya aktif, dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Pada beban resistif ini tegangan dan arus sefase dengan faktor daya = 1 (*unity*)[22]. Untuk persamaan beban resistif sebagai berikut[23]:

$$R (\Omega) = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan :

- R = Resistansi (Ω)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)



Gambar 2. 11 Sifat Beban Resistif[23].

2.1.10.2 Beban Induktif

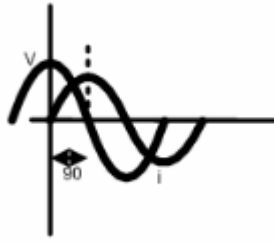
Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti yang biasanya inti besi, seperti pada peralatan motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0-1 (*lagging*). Beban ini menyerap daya aktif dan juga daya reaktif. Pada beban induktif ini arus tertinggal dibanding tegangan sebesar 90° [22]. Untuk persamaan beban induktif sebagai berikut[23]:

$$X_L = 2\pi f . L \dots\dots\dots (2.25)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Keterangan :

- X_L = Reaktansi Induktif (Ω)
- π = 3.14 atau $\frac{22}{7}$
- f = Frekuensi (Hz)
- L = Nilai Induktansi Induktor (H)



Gambar 2. 12 Sifat Beban Induktif [23].

2.1.10.3 Beban Kapasitif

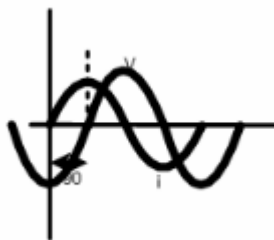
Beban kapasitif adalah beban yang mengandung rangkaian kapasitor. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0-1 (*leading*). Beban menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Pada beban kapasitif ini arus mendahului dibanding tegangan sebesar 90° [22].

Untuk persamaan beban kapasitif sebagai berikut[23]:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f.C} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan :

- X_C = Reaktansi Kapasitif (Ω)
- π = 3.14 atau $\frac{22}{7}$
- f = Frekuensi (Hz)
- C = Nilai Kapasitas Kapasitor (F)



Gambar 2. 13 Sifat Beban Kapasitif[23].



2.1.15 Studi Aliran Daya

Kajian aliran daya adalah untuk menentukan atau menghitung faktor tegangan, arus, daya dan daya atau daya reaktif yang terdapat di berbagai titik dalam jaringan selama operasi, atau diharapkan hal ini akan terjadi di masa mendatang. Aliran daya sendiri merupakan penjelasan tentang aliran daya yang selalu mengalir ke beban. Penelitian saat ini sangat penting untuk perencanaan pengembangan sistem di masa depan, misalnya sistem yang ingin mengetahui hasil setelah interkoneksi dengan sistem tenaga lain, beban tambahan, dan perubahan konfigurasi jaringan[24].

Dengan menganalisis aliran daya di setiap jenis daya, dimungkinkan untuk menentukan jumlah listrik yang ada di sistem tenaga, termasuk penurunan tegangan, penggunaan beban, korsleting, kehilangan daya, dan lain-lain. Dalam penelitian aliran daya, diperlukan beberapa data dari sistem tenaga listrik, antara lain generator, trafo, busbar, dan beban, sehingga dapat diketahui daya lainnya pada sistem tenaga listrik. Metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan studi aliran daya dijelaskan pada tabel berikut[24].

Tabel 2. 2 Perbedaan Metode Gauss-Seidel, Newton Raphson dan Fast Decoupled[24].

Gauss-Seidel	Newton Raphson	Fast Decoupled
Hanya butuh sedikit masukan	Membutuhkan banyak nilai input dan parameter	Butuh banyak nilai masukan dan parameter
Pemrograman dan perhitungan relatif mudah	Pemrograman dan perhitungan relatif sulit	Pemrograman dan perhitungan relatif lebih sulit
Cocok untuk sistem jaringan dengan sedikit, lima node atau kurang	Cocok untuk banyak sistem jaringan, lebih dari lima node	Cocok untuk banyak sistem jaringan, lebih dari lima node
Gunakan teknik iterasi yang relatif singkat	Menggunakan teknik <i>first order derivative</i>	Gunakan 2 set persamaan, antara sudut tegangan, daya reaktif, dan amplitudo tegangan
Lambat dalam kecepatan perhitungan	Cepat dalam perhitungan	Cepat dalam perhitungan namun kurang presisi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2.1.12 Metode Aliran Daya Newton Raphson

Metode Newton-Raphson pada dasarnya adalah metode Gauss-Seidel (G-S) yang diperluas dan sempurna. Untuk sistem jaringan besar dan besar, perhitungan aliran daya dengan menggunakan metode Newton-Raphson (N-R) dianggap efektif dan menguntungkan[24].

Metode N-R mengatasi kelemahan pada Metode G-S antara lain ketelitian dan jumlah iterasi karena mempunyai waktu hitung konvergensi yang cepat. Perhitungan dimulai dengan membentuk impedans jaringan dengan persamaan berikut[24]:

$$Z_{ij} = R_{ij} + jX_{ij} \dots \dots \dots (2.27)$$

Keterangan :

Z_{ij} = Impedans jaringan antara bus ke i dan bus ke j

R_{ij} = Resistansi jaringan antara bus ke i dan bus ke j

X_{ij} = Reaktansi jaringan antara bus ke i dan bus ke j

Kemudian dibentuk admitans jaringan dengan persamaan berikut[24]:

$$Y_{ij} = Y_{rij} + Y_{xij} \dots \dots \dots (2.28)$$

Dimana :

$$Y_{ij} = \frac{R_{ij}}{R_{ij} + X_{ij}} \text{ dan } Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ij} + R_{ij}} \dots \dots \dots (2.29)$$

Daya terjadwal pada setiap bus dihitung dengan persamaan berikut[24]:

$P_{jad} = P_{generator} - P_{beban}$

$Q_{jad} = Q_{generator} - Q_{beban}$

$$P_i^{hit} = \sum_{IF 1}^3 [Y_{in} V_n Y_i] \cos(\theta_{in} + \delta_n + \delta_i)$$

$$Q_i^{hit} = \sum_{IF 1}^3 [Y_{in} V_n Y_i] \sin(\theta_{in} + \delta_n + \delta_i) \dots \dots \dots (2.30)$$

Keterangan:

P_i = Daya aktif terhitung pada bus i

Q_i = Daya reaktif terhitung pada bus i

$V_{i, i}$ = Magnitude tegangan dan sudut pada fase bus i

$V_{i, j}$ = Magnitude tegangan dan sudut pada fase bus j

$Y_{in, i}$ = Magnitude dan sudut fase pada elemen matriks [Y]

Mismatch power dihitung dengan persamaan berikut[24]:

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned} \Delta P_n &= P_n^{jad} - P_n^{jad} \\ \Delta Q_n &= Q_n^{jad} - Q_n^{jad} \end{aligned} \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan:

- P_i = Mismatch daya aktif ke bus ke i
- Q_i = Mismatch daya reaktif ke bus ke i

Selanjutnya dibentuk matriks jacobian dengan persamaan berikut [24]:

$$[Jacobian] = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.32)$$

Setelah diperoleh setiap elemen dari matriks tersebut, selanjutnya dibentuk matriks jacobian dengan menggabungkan setiap elemen dari matriks tersebut. selanjutnya matriks jacobian dan invers menjadi $[Jacobian]^{-1}$. Sehingga diperoleh nilai untuk $\Delta\delta_i$ dan $\Delta|V_i|/|V_i|$, kemudian[24]:

$$\Delta\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta\delta_i^{(k)} \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan:

- δ_i = Perubahan sudut fase tegangan bus ke i
- $|V_i|$ = Perubahan magnitude tegangan bus ke i

Daya pada slack bus dihitung setelah konvergensi tercapai, rumusnya sebagai berikut[24]:

$$\begin{aligned} P_i &= \sum_{n=1}^N [Y_{in}V_iV_n] \cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \\ Q_i &= \sum_{n=1}^N [Y_{in}V_iV_n] \sin(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \end{aligned} \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan:

- P_i = Daya aktif pada slack bus
- Q_i = Daya reaktif pada slack bus

Persamaan untuk menghitung aliran daya hantar daya antar bus berikut[24]:

$$S_{ij} = V_i(V_{ij}Y_{ij}V_iY_{ij}) \dots\dots\dots(2.35)$$

atau

$$P_{ij} - jQ_{ij} = V_i(V_i - V_j)Y_{ij} + V_iV_iY_{Cij} \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan:

- S_{ij} = Aliran daya kompleks dari bus i ke bus j
- P_{ij} = Aliran daya aktif dari bus i ke bus j
- Q_{ij} = Aliran daya reaktif dari bus i ke bus j



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- V_i = Tegangan vector di bus i
- V_j = Tegangan vector di bus j
- V_{ij} = Tegangan vector antara bus i dan bus j
- Y_{ij} = Admitansi antara bus i dan bus j
- Y_{cij} = Admitansi line charging antara bus i dan bus j

Persamaan rugi-rugi daya antar bus[24]:

$$S_{ij}(\text{losses}) = S_{ij} + S_{ji} \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan:

- $S_{ij}(\text{losses})$ = Rugi-rugi daya kompleks dari bus i ke j
- S_{ij} = Daya kompleks dari bus i ke j
- S_{ji} = Daya kompleks dari bus j ke i

2.1.13 Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah alat listrik dengan karakteristik kapasitansi, Kapasitor bank biasanya terdiri dari sekelompok beberapa kapasitor bank yang dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan kapasitansi tertentu. Walaupun kapasitansi yang terdapat pada kapasitor itu sendiri adalah farad atau mikrofard, namun ukuran parameter yang umum digunakan adalah KVAR (Kilovolt Ampere Reaktif)[8].



Gambar 2. 14 Kapasitor Bank[8].

2.1.13.1 Fungsi Kapasitor Bank

Fungsi utama dari kapasitor bank adalah untuk menyeimbangkan beban induktif, karena kita tahu bahwa beban listrik meliputi beban resistif (R), beban induktif (L) dan beban kapasitif (C). Dimana peralatan listrik sering digunakan dan didapati memiliki karakteristik beban induktif, maka untuk mengimbangi karakteristik beban tersebut maka harus digunakan kapasitor yang berfungsi sebagai beban kapasitif. Dengan kata lain, kapasitor



bank adalah komponen yang digunakan untuk menghasilkan daya reaktif untuk menyeimbangi kebutuhan daya reaktif pada beban[8].

Fungsi-fungsi kapasitor bank sebagai berikut[8]:

1. Memperbaiki *power factor* (faktor daya)
2. Mensuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya semu (KVA)
3. Memberikan tambahan daya yang tersedia
4. Mengawetkan instalasi dan peralatan listrik
5. Menghemat daya atau efisiensi
6. Meminimalisir jatuh tegangan (*voltage drop*)
7. Meminimalisir rugi-rugi daya pada instalasi listrik
8. Menghemat daya atau efisiensi

2.1.13.2 Perbaikan Faktor Daya Dengan Kapasitor Bank

Faktor daya adalah rasio antara daya aktif dan daya semu dalam sistem. Rasio ini mengukur efisiensi energi listrik yang digunakan dalam operasi sistem. Rasio dinyatakan dengan persamaan berikut[8]:

$$PF = \frac{P}{S} = \cos \varphi \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan:

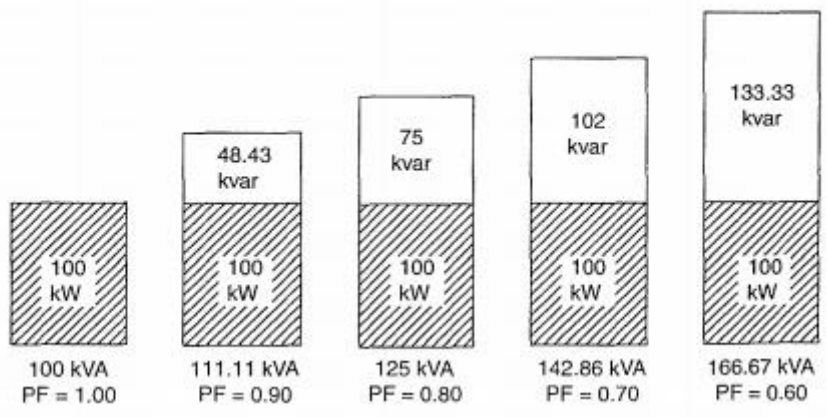
- PF = faktor daya = $\cos \varphi$
- P = daya aktif sistem = $V.I \cos \varphi$
- S = daya semu sistem = $V.I$

Faktor daya rendah mempengaruhi kepraktisan sistem yang kurang dimanfaatkan dan mengurangi efisiensi sistem. Pada ilustrasi gambar adalah merupakan dampak dari nilai faktor daya terhadap perubahan daya aktif, daya reaktif dan daya semu pada sebuah beban. Sedangkan pada Ilustrasi gambar menunjukkan dengan daya semu yang konstan dapat dilihat dampak dari nilai faktor daya terhadap perubahan daya aktif dan daya reaktif pada sebuah beban[8].

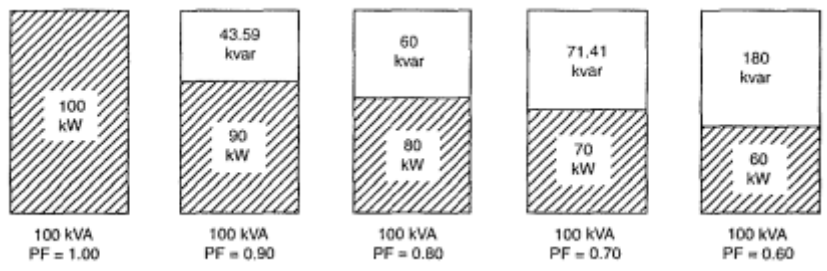
Hak Cipta Ditindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 15 dampak nilai faktor daya terhadap daya beban[8].



Gambar 2. 16 dampak nilai faktor daya terhadap daya beban yang konstan[8].

Sehingga diperlukan *compensator* seperti bank kapasitor. Prinsip dari kapasitor bank adalah untuk mengkompensasi daya reaktif induktif sistem dengan memberikan daya reaktif bank kapasitor, sehingga meningkatkan faktor daya sistem. Kapasitas bank kapasitor yang diperlukan untuk mengoreksi faktor daya dapat dihitung dan dinyatakan dengan rumus berikut[8]:

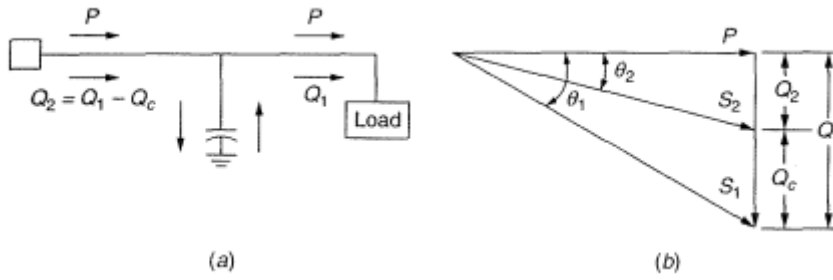
$$\text{Daya reaktif mula-mula sistem dengan faktor daya awal[8]} \quad Q_1 = P \times \tan \varphi_1 \dots\dots\dots(2.39)$$

$$\text{Daya reaktif sistem akhir dengan sudut faktor tujuan[8]} \quad Q_2 = P \times \tan \varphi_2 \dots\dots\dots(2.40)$$

Sehingga persamaan bank kapasitor yang diperlukan berikut:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \dots\dots\dots(2.41)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 17 Perbaikan Faktor Daya dengan Kapasitor Bank[8].

Keterangan:

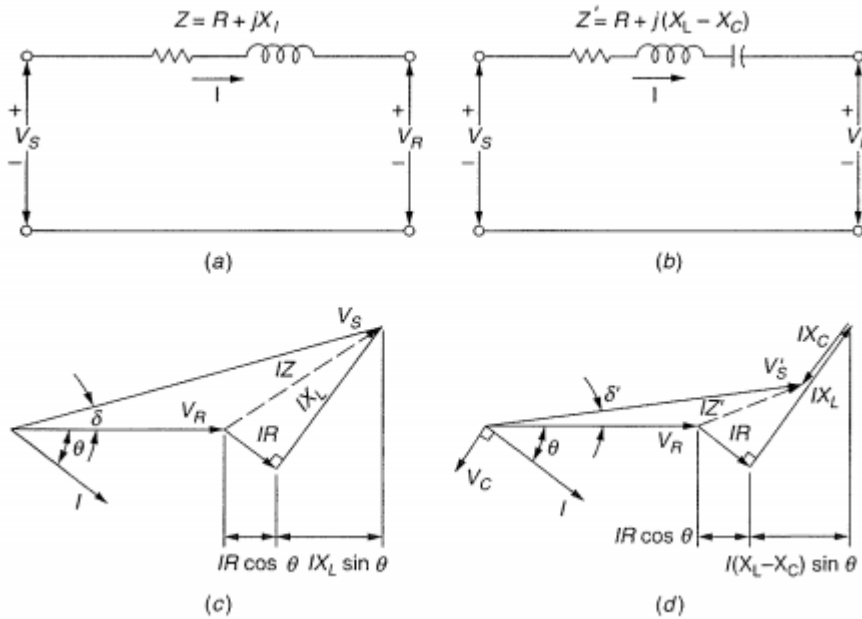
- Q_c = Kapasitas kapasitor bank
- Q_1 = Daya reaktif dengan faktor daya mula-mula
- Q_2 = Daya reaktif dengan faktor daya tujuan
- P = daya aktif sistem
- φ_1 = sudut faktor daya sebelum
- φ_2 = Sudut faktor daya akhir

2.1.13.3 Jenis-Jenis Kapasitor Bank

1. Kapasitor Seri

Kapasitor yang dihubungkan secara seri dengan saluran bertujuan untuk mengurangi reaktansi induktif antara titik sumber dan beban, sehingga mengurangi penurunan tegangan yang disebabkan oleh reaktansi induktif. Kerugian menggunakan kapasitor seri adalah ketika arus hubung singkat mengalir melalui kapasitor, tegangan akan sangat meningkat. Selain itu, dibandingkan dengan kapasitor paralel, kapasitor seri tidak mengurangi arus yang ditarik dari satu daya, tetapi hanya sedikit meningkatkan faktor daya. Gambar dibawah ini menunjukkan pengaruh penggunaan kapasitor seri[8].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Gambar 2. 18 (a) Rangkaian tanpa kapasitor seri (b) Rangkaian dengan kapasitor seri (c) Fasor tanpa kapasitor seri (d) Fasor dengan kapasitor seri[8].

2. Kapasitor Paralel (*Shunt*)

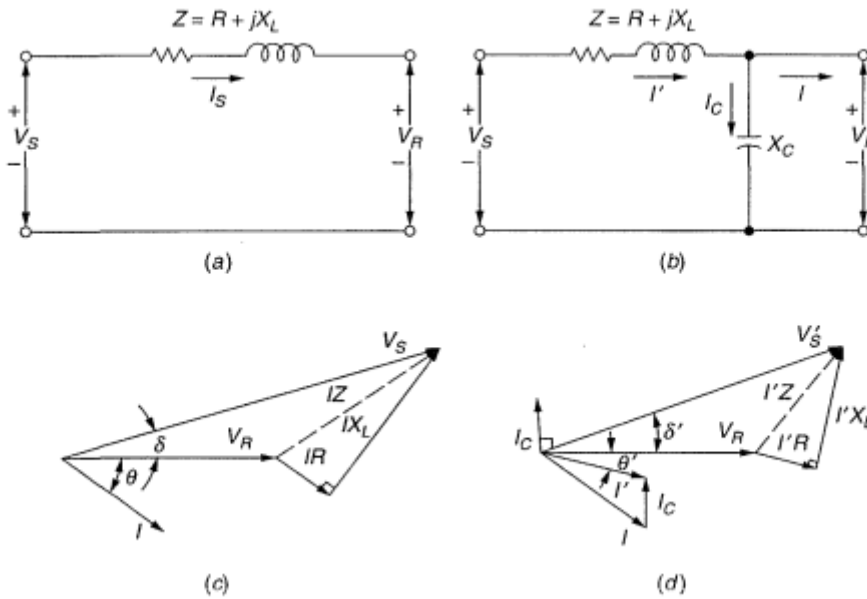
Kapasitor yang dihubungkan secara paralel dengan saluran akan memberikan daya reaktif pada sistem, sehingga dapat memenuhi sebagian atau seluruh daya reaktif yang terhubung dengan beban induktif, atau dapat dikatakan kapasitor meningkatkan sebagian atau seluruh arus yang tertinggal. diserap oleh beban induktif oleh arus utama sistem. Menggunakan kapasitor paralel dapat mengurangi jumlah arus yang ditarik dari catu daya, mengurangi penurunan tegangan dan meningkatkan faktor daya, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini[8]:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Uinmaungi Uaang-uaang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 19 (a) Rangkaian tanpa kapasitor paralel (b) Rangkaian dengan kapasitor paralel (c) Fasor tanpa kapasitor paralel (d) Fasor dengan kapasitor paralel[8].

2.1.13.4 Cara-Cara Dalam Memasang Kapasitor Bank

1. Kapasitor Tetap

Ini adalah kapasitor yang digunakan untuk kompensasi daya reaktif, kapasitansya tetap dan selalu dipasang di jaringan. Saat menggunakan kapasitor ini, perlu diperhatikan kenaikan tegangan pada saat beban ringan, agar tidak melebihi batas tegangan yang telah ditetapkan ($\pm 5\%$)[8].

2. Kapasitor Saklar

Ini adalah kapasitor yang digunakan untuk kompensasi daya reaktif, yang dapat dihubungkan dan diputuskan dari jaringan, dan kapasitansya dapat disesuaikan dengan kondisi beban[8].

2.1.14 Transformator Mengubah Tap

Perbaikan tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengaturan tegangan berupa penggunaan transformator mengubah tap. Tap pada transformator adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sisi sekunder transformator yang lebih baik dari tegangan sisi primer transformator yang berubah-ubah[15].



2.1.14.1 Prinsip Kerja Transformator Mengubah Tap

Tap pada transformator digunakan untuk merubah rasio lilitan primer dan sekunder pada transformator. Jumlah tap berbeda-beda pada setiap transformator karena jumlah tap ditentukan berdasarkan rating tegangan transformator[15]. Persamaan dari prinsip kerja transformator dapat dilihat pada persamaan 2.42[15]. Sedangkan untuk mengetahui tegangan sisi sekunder pada transformator dapat dilihat pada persamaan 2.43[15]berikut:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots(2.42)$$

$$V_s = \frac{V_p}{N_p} \times N_s \dots\dots\dots(2.43)$$

Keterangan :

V_p = Tegangan pada sisi primer

N_p = Belitan pada sisi primer

V_s = Tegangan pada sisi sekunder

N_s = Belitan pada sisi sekunder

Dari persamaan 2.43 diatas disimpulkan jika lilitan primer pada transformator berkurang maka tegangan lilitan bertambah (V_p/N_p), sehingga tegangan sekunder bertambah. Di sisi lain jika lilitan sekunder bertambah dan lilitan primer tetap, sehingga tegangan sekunder juga akan bertambah.

2.1.14.2 Jenis-jenis transformator mengubah tap

1. *On Load Tap Changer* (OLTC)

Untuk dapat memperbaiki jatuh tegangan jaringan tegangan menengah agar tegangan sistem yang sampai ke pelanggan daya listrik sesuai batas toleransi yang ditetapkan, maka transformator daya di Gardu Induk (GI) yang memasok daya listrik ke jaringan tegangan menengah dilengkapi dengan pengubah tap berbeban (OLTC) yaitu tap transformator yang dapat diubah dalam keadaan berbeban tanpa memutus sirkuit nya.

Pengaturan posisi tap transformator pada GI dengan OLTC, dapat memperbaiki tegangan sisi jaringan tegangan menengah sehingga pada sisi terima jaringan tegangan menengah mengalami sedikit perbaikan. Dimana nilai maksimal yang bisa diberikan pada sistem distribusi jaringan tegangan menengah 20 kV adalah 24 kV.

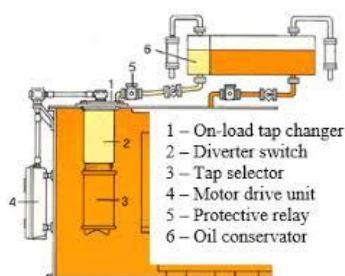
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Bagian-Bagian *On Load Tap Changer* (OLTC)

Secara umum bagian-bagian OLTC dapat dibedakan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 20 Bagian-bagian *On Load Tap Changer* (OLTC)[25].

Penjelasan masing-masing bagian OLTC di atas sebagai berikut[25]:

1. *Tap changer head* dan *Cover*

Bagian ini merupakan tutup pelindung atas dari *tap changer*. Disini terdapat beberapa saluran yang terhubung ke bagian luar antara lain *Tap changer cover*, Saluran yang terhubung ke tangki minyak luar, *Gear unit* dan *drive shaft*, *Bladder valve*.

2. *Tap selector*

Tap selector yaitu bagian *tap changer* yang berfungsi untuk mengatur nilai dan posisi tap lilitan. Dalam hal ini, posisi tap akan mempengaruhi banyak sedikitnya jumlah lilitan yang dipakai, sehingga secara langsung akan mengatur nilai tegangan yang dihasilkan.

Diverter switch

Diverter switch adalah rangkaian mekanis yang dirancang untuk melakukan kontak atau melepaskan kontak dengan kecepatan tinggi.

Panel control dan motor drive unit

Panel control dan motor drive unit adalah sebuah tempat yang berisikan peralatan untuk mengoperasikan *tap changer*. Bagian dari *panel control* dan *motor drive* diantaranya adalah *Selector switch* pada bagian ini ada dua pilihan pengontrolan yaitu pengontrolan *remote* atau *local*. Pengontrolan *remote* adalah pengontrolan *tap changer* yang dilakukan dari panel control di gardu induk. Sedangkan *local* adalah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pengontrolan yang dilakukan secara manual di trafo atau langsung pada *panel control* di lapangan.

Tap Changer Protective Rele

Rele ini berfungsi untuk mengamankan tekanan minyak berlebih pada minyak yang ada pada *diverter switch compartment* saat terjadi gangguan.

Tap Changer Oil Conservator

Tangki ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan suplai minyak untuk *tap changer*. Biasanya tangki ini juga digabung dengan tangki konservator transformator. Agar kedua minyaknya tidak tercampur, maka di dalam tangki transformator ini terdapat sekat pemisah.

2. *Off Load Tap Changer*

Untuk dapat memperbaiki jatuh tegangan jaringan tegangan menengah agar tegangan sistem yang sampai ke pelanggan daya listrik sesuai batas toleransi yang telah ditetapkan, maka dapat dilakukan mengubah tap transformator dalam keadaan tidak berbeban, pada transformator distribusi yang memasok daya listrik ke jaringan tegangan rendah. Transformator distribusi di gardu distribusi dilengkapi dengan tap yang dapat diubah dalam kondisi tidak berbeban atau hanya dapat diubah dalam kondisi tanpa beban dan dioperasikan secara manual[15].

Transformator distribusi di gardu distribusi (GD) pada umumnya dilengkapi dengan tap pada lilitan untuk mengubah besarnya tegangan yang keluar dari transformator. Besarnya tap pada transformator distribusi ada 2 macam, yaitu transformator distribusi dengan 3 tap dan transformator distribusi dengan 5 tap. Gambar transformator distribusi off load tap changer dengan 5 tap pada gambar dan alat tap selektornya pada gambar berikut:



Gambar 2. 21 Transformator Distribusi *Off Load Tap Changer*[26].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

HV.TAP.VOLT	SW.POS
21000	1
20500	2
20000	3
19500	4
19000	5

Gambar 2. 22 Pengaturan Tap Transformator Distribusi Sisi Primer 2.5 % [26].



Gambar 2. 23 Alat Memutar Perubahan Posisi Tap [26]

Pada transformator distribusi memungkinkan pengaturan tap (-/+) 2.5 % dan (-/+) 5 % dilakukan hanya pada saat *off sirkuit* [15]. Pada transformator distribusi yang memiliki tap 2.5 % dan mempunyai 5 posisi tap sebagai berikut:

$$\text{Tapping 1} = N_p + (0.05 \times N_p)$$

$$\text{Tapping 2} = N_p + (0.025 \times N_p)$$

$$\text{Tapping 3} = N_p$$

$$\text{Tapping 4} = N_p - (0.025 \times N_p)$$

$$\text{Tapping 5} = N_p - (0.05 \times N_p)$$

Keterangan :

N_p = Tegangan yang dihasilkan pada belitan primer

2.1.1.1 Regulasi Tegangan Gardu Induk

Kelebihan tegangan di transformator GI yaitu 0,5 – 1 kV dari tegangan nominalnya. Kelebihan tegangan ini dimaksudkan untuk kompensasi turun tegangan pada transformator distribusi dengan tetap berpedoman bahwa tegangan pada konsumen tidak melebihi 105 % dari tegangan nominalnya [27]. Tegangan kerja pada gardu induk distribusi sebagai berikut [27]:

- a. Pada sistem yang tidak memanfaatkan STB (Sadapan Tap Berbeban) pada transformator GI, tegangan kerjanya diatur sebagai berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dipertahankan konstan 20.5-21 kV
2. Dipertahankan konstan 21.5-22 kV
3. Dipertahankan konstan 22.5-23 kV

Pada sistem yang memanfaatkan STB (Sadapan Tap Berbeban) pada transformator GI, tegangan kerjanya diatur sebagai berikut :

1. Pada saat beban penuh tegangan antara 22.5-23 kV pada saat beban nol tegangan 20 kV
2. Pada saat beban penuh tegangan antara 21.5-33 kV pada saat beban nol tegangan 19 kV
3. Pada saat beban penuh tegangan antara 20.5-21 kV, pada saat beban nol tegangan 18 kV.

2.1.16 *Software Electrical Transient and Analysis Program (ETAP) 12.6.0*

Electrical Transient and Analysis Program (ETAP) adalah salah satu *software* untuk mensimulasikan suatu sistem tenaga listrik. Secara garis besar ETAP dapat digunakan untuk simulasi hasil perancangan dan analisis suatu sistem tenaga listrik yang mencakup hal-hal berikut [28]:

1. Menggambarkan denah beban-beban
2. Mengatur data-data beban dan jaringan
3. Merancang diagram satu garis (*one line diagram*)
4. Menganalisis aliran daya (*load flow*)
5. Menghitung gangguan hubung singkat (*short circuit*)
6. Menganalisis motor *starting* atau keadaan transien
7. Koordinasi proteksi

Dalam ETAP digunakan dua standar yaitu standar ANSI dan standar IEC. Perbedaan kedua standar ini terletak pada simbol komponen yang digunakan. Simbol tertentu dapat digunakan untuk menggambarkan setiap komponen di area kerja. Spesifikasi dapat disesuaikan dengan spesifikasi asli di data perusahaan, atau Anda dapat menggunakan spesifikasi yang tersedia di perpustakaan ETAP[28].

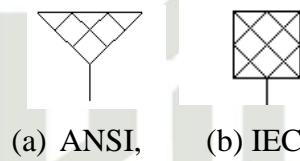
2.1.16.1 Simbol Komponen

ETAP dilengkapi dengan simbol komponen-komponen suatu sistem tenaga listrik, diantaranya *Power Grid, Bus, Transformator, Kabel, Motor, Circuit Breaker (CB), Beban,*

Generator, dan masih banyak lagi. Untuk tampilan *software* ETAP 12.6.0 dapat dilihat pada gambar berikut[28]:

1. *Power Grid*

Merupakan sumber tegangan yang ideal, dalam artian sumber tegangan yang dapat mensuplai daya dengan tegangan konstan walaupun daya yang diserap sangat besar. *Power Grid* bisa berupa generator yang besar atau sebuah Gardu Induk (GI) yang merupakan bagian dari sistem tenaga listrik[28].



Gambar 2. 24 Simbol Grid[28].

2. Generator



Gambar 2. 25 Simbol Generator[28].

3. Bus

Bus atau Busbar adalah tempat penyambungan/koneksi beberapa komponen sistem tenaga listrik (saluran transmisi, jaringan distribusi, *Power grid*, dan beban). Setiap bus memiliki level tegangan yang disesuaikan dengan besar tegangan yang dihubungkan pada Bus tersebut[28].

4. Transformator

Transformator atau trafo adalah alat listrik yang berfungsi menaikkan atau menurunkan tegangan pada sistem tenaga listrik[28].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

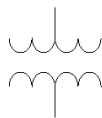
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



(a) IEC



(b) ANSI

Gambar 2. 26 Simbol Transformator[28].

5. Konduktor/kabel

Konduktor merupakan suatu media untuk mengalirkan arus listrik ke seluruh sistem tenaga listrik, mulai dari sistem pembangkit (sumber tenaga listrik) hingga ke konsumen [28].



(a) IEC



(b) ANSI

Gambar 2. 27 Simbol Kabel[28]

6. Beban

Beban adalah peralatan listrik yang menyerap atau memanfaatkan daya dari jaringan tenaga listrik. Pada ETAP ada dua jenis beban, yaitu *Static Load* dan *Lump Load*. *Static load* adalah beban yang tidak banyak mengandung motor listrik sehingga tidak banyak mempengaruhi tegangan sistem saat *starting*[28].

2.1.16.2 Validasi Software

Validasi software merupakan tahap untuk membuktikan apakah hasil dari simulasi analisis jaringan distribusi sama seperti hasil yang didapat dengan perhitungan seperti contoh soal berikut[3]:

Contoh Soal

Suatu saluran distribusi tiga phase dengan tegangan 20 kV mensuplai beban hubung bintang di titik A seperti terlihat pada gambar 2.24, arus beban adalah 100 A dengan faktor daya sebesar 0.8, sedangkan impedans saluran distribusi adalah $0.55 + j 0.5$ ohm. Maka akan dilakukan analisis perhitungan dan simulasi menggunakan software ETAP 12.6.0. Variabel yang akan dicari sebagai berikut :

- a. Tegangan saluran distribusi
- b. Rugi-rugi daya saluran distribusi



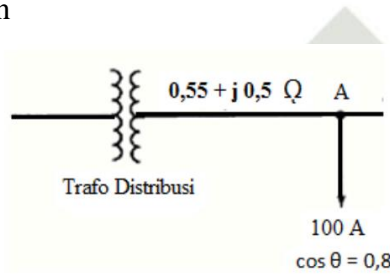
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Daya aktif beban per phase serta daya aktif beban 3 fase
- Daya reaktif beban per phase serta daya reaktif beban 3 fase
- Daya semu per phase serta daya semu beban 3 fase
- Efisiensi saluran distribusi

Jawab Soal

Analisis dengan perhitungan



Gambar 2. 28 Saluran distribusi 3 phase mensuplai beban A[3].

Jawab :

Tegangan yang masuk ke hubung bintang adalah[3]: $V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$

$$V_P = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

$$V_P = 11.55 \text{ kV}$$

Faktor Daya[3]: $\cos \theta = 0.8$

$$\theta = \cos^{-1} (0.8)$$

$$\theta = 36.87^\circ$$

Impedans saluran[3]: $Z = R + j X$

$$Z = 0.55 + j 0.5 \Omega$$

Sehingga, nilai $R = 0.55 \Omega$ dan $X = 0.5 \Omega$

Catatan : untuk mencari nilai-nilai pada saluran distribusi di sistem tiga fase terlebih dahulu mencari nilai-nilai untuk di sistem satu fasenya

a. Jatuh tegangan pada saluran distribusi sistem satu fase adalah[3]:

$$\begin{aligned} \Delta V_{1\phi} &= I (R \cos \theta + X \sin \theta) \\ &= 100 [(0.55 \cdot 0.8) + (0.5 \cdot \sin 36.87^\circ)] \\ &= 100 [(0.55 \cdot 0.8) + (0.5 \cdot 0.6)] \\ &= 100 (0.44 + 0.3) \\ &= 100 (0.74) \\ &= 74 \text{ V} \end{aligned}$$



$$= 0.074 \text{ kV}$$

Jatuh tegangan pada saluran distribusi sistem 3 fase adalah[3]:

$$\begin{aligned} \Delta V_{3\phi} &= \sqrt{3} \cdot \Delta V_{1\phi} \\ &= \sqrt{3} \cdot 74 \\ &= 128.17 \text{ V} \\ &= 0.128 \text{ kV} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mencari dalam bentuk per unit dan persentase jatuh tegangan sebagai berikut :

Jatuh tegangan pada saluran distribusi per unit sistem satu fase adalah[3]:

$$\begin{aligned} \Delta V_{pu} &= \frac{\Delta V_{(1\phi)}}{V_p} \text{ (pu)} \\ &= \frac{0.074}{11.55} \\ &= 0.0064 \text{ pu} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya persentase jatuh tegangan pada saluran distribusi sistem satu fase adalah[3]:

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \Delta V_{pu} \cdot 100 \\ &= 0.0064 \cdot 100 \\ &= 0.64 \end{aligned}$$

Jatuh tegangan pada saluran distribusi sistem tiga fase per unit adalah dan besar persentase nya adalah[3]:

$$\begin{aligned} \Delta V_{PU} &= \frac{\Delta V_{(3\phi)}}{V_L} \text{ (pu)} \\ &= \frac{0.128}{20} \\ &= 0.0064 \text{ pu} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya persentase jatuh tegangan pada saluran distribusi sistem tiga fase adalah[3]:

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \Delta V_{pu} \cdot 100 \\ &= 0.0064 \cdot 100 \\ &= 0.64 \end{aligned}$$

- b. Rugi-rugi daya saluran distribusi adalah rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif
- Rugi-rugi daya aktif

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Rugi-rugi daya aktif saluran sistem satu fase di titik A adalah[3]:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rugi-rugi}} (1\phi) &= I^2 \cdot R \\
 &= (100)^2 \cdot 0.55 \\
 &= 10.000 (0.55) \\
 &= 5500 \text{ W} \\
 &= 5.5 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Sedangkan rugi-rugi daya aktif sistem 3 fase adalah[3]:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rugi-rugi}} (3\phi) &= 3 \cdot P_{\text{rugi-rugi}} (1\phi) \\
 &= 3 \cdot 5.5 \text{ KW} \\
 &= 0.0165 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Rugi-rugi daya reaktif

Rugi-rugi daya reaktif saluran sistem satu fase di titik A adalah[3]:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{rugi-rugi}} (1\phi) &= I^2 \cdot X \\
 &= (100)^2 \cdot 0.5 \\
 &= 10.000 (0.5) \\
 &= 5000 \text{ VAR} \\
 &= 5 \text{ KVAR}
 \end{aligned}$$

Sedangkan rugi-rugi daya reaktif sistem 3 fase adalah[3]:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{rugi-rugi}} (3\phi) &= 3 \cdot Q_{\text{rugi-rugi}} (1\phi) \\
 &= 3 \cdot 5 \\
 &= 15 \text{ kVAR} \\
 &= 0.015 \text{ MVAR}
 \end{aligned}$$

c. Daya aktif pada beban satu fase dapat dihitung dengan persamaan berikut[3]:

$$\begin{aligned}
 P_{1\phi} &= V_p \cdot I_p \cos \theta \\
 &= 11.55 \cdot 100 \cdot 0.8 \\
 &= 924 \text{ kW} \\
 &= 0.92 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Daya aktif pada beban tiga fase adalah[3]:

$$\begin{aligned}
 P_{3\phi} &= 3 \cdot P_{1\phi} \\
 &= 3 \cdot 924 \\
 &= 2772 \text{ kW}
 \end{aligned}$$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$= 2.77 \text{ MW}$$

Atau dengan rumus[3],

$$\begin{aligned} P_{3\phi} &= \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cos \theta \\ &= \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 100 \cdot 0.8 \\ &= 2771.28 \text{ kW} \\ &= 2.77 \text{ MW} \end{aligned}$$

Daya reaktif pada beban satu fase dapat dihitung dengan persamaan berikut[3]:

$$\begin{aligned} Q_{1\phi} &= V_p \cdot I_p \sin \theta \\ &= 11.55 \cdot 100 \cdot 36.87^\circ \\ &= 11.55 \cdot 100 \cdot 0.6 \\ &= 693 \text{ kVar} \\ &= 0.69 \text{ MVar} \end{aligned}$$

Daya reaktif pada beban tiga fase adalah[3]:

$$\begin{aligned} Q_{3\phi} &= 3 \cdot Q_{1\phi} \\ &= 3 \cdot 693 \\ &= 2079 \text{ kVar} \\ &= 2.08 \text{ MVar} \end{aligned}$$

atau dengan rumus[3],

$$\begin{aligned} Q_{3\phi} &= \sqrt{3} V_L \cdot I_L \sin \theta \\ &= \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 100 \cdot 36.87^\circ \\ &= \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 100 \cdot 0.6 \\ &= 2078.46 \text{ kVar} \\ &= 2.08 \text{ MVar} \end{aligned}$$

- e. Daya semu pada beban satu fase dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[3]:

$$\begin{aligned} S_{1\phi} &= P_{1\phi} + j Q_{1\phi} \\ &= \sqrt{P^2 + Q^2} \\ &= \sqrt{924^2 + 693^2} \\ &= 1155 \text{ kVA} \\ &= 1.15 \text{ MVA} \end{aligned}$$

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Daya semu pada beban tiga fase adalah[3]:

$$\begin{aligned}
 S_{3\phi} &= 3 \cdot S_{1\phi} \\
 &= 3 \cdot 1155 \\
 &= 3465 \text{ kVA} \\
 &= 3.46 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

atau dengan rumus[3],

$$\begin{aligned}
 S_{3\phi} &= \sqrt{3} V_L \cdot I_L \\
 &= \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 100 \\
 &= 3464.1 \text{ kVA} \\
 &= 3.46 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

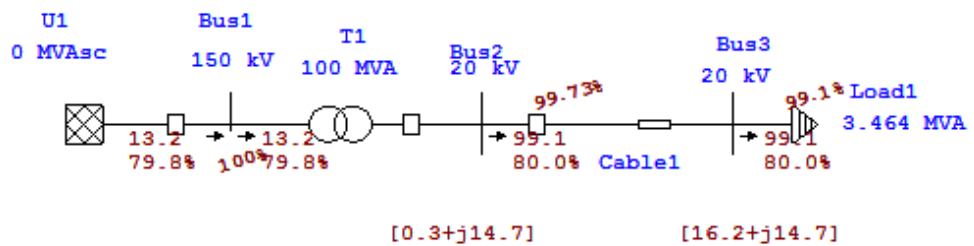
Efisiensi saluran distribusi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut[3]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

Dimana[3],

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= P_{rugi-rugi} + P_{out} \\
 &= 0.0165 + 2.8 \\
 &= 2.82 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

2. Analisis dengan simulasi



Gambar 2. 29 Rangkaian Validasi

Branch Losses Summary Report

Project: Analisis Jatuh Tegangan **ETAP** Page: 1
 Location: 12.6.0H Date: 19-11-2020
 Contract: SN:
 Engineer: Julian Milano Study Case: LF Revision: Base
 Filename: validasi data Config.: Normal

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in V mag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	2.738	2.071	-2.738	-2.056	0.3	14.7	100.0	99.7	0.27
Cable1	2.738	2.056	-2.721	-2.041	16.2	14.7	99.7	99.1	0.64
					16.5	29.5			

Gambar 2. 30 Hasil Branch Losses Summary Report

b. Bus Loading Summary Report

Project: Analisis Jatuh Tegangan **ETAP** Page: 1
 Location: 12.6.0H Date: 19-11-2020
 Contract: SN:
 Engineer: Julian Milano Study Case: LF Revision: Base
 Filename: validasi data Config.: Normal

Bus Loading Summary Report

Bus	ID	kV	Rated Amp	Directly Connected Load						Total Bus Load			Percent Loading	
				Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA		% PF
Bus1		150.000		0	0	0	0	0	0	0	0	3.433	79.8	13.2
Bus2		20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	3.424	80.0	99.1
Bus3		20.000		0	0	2.721	2.041	0	0	0	0	3.402	80.0	99.1

* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).
 # Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

Gambar 2. 31 Bus Loading Summary Report

Hak Cipta Diinaungi ungang-ungang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Branch Loading Summary Report

Project:	Analisis Jatuh Tegangan	ETAP	Page:	1
Location:		12.6.0H	Date:	19-11-2020
Contract:			SN:	
Engineer:	Julian Milano	Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	validasi data		Config.:	Normal

Branch Loading Summary Report

CKT / Branch		Cable & Reactor			Transformer				
ID	Type	Ampacity (Amp)	Loading Amp	%	Capability (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
						MVA	%	MVA	%
T1	Transformer				100.000	3.433	3.4	3.424	3.4

* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability.

Gambar 2. 32 Branch Loading Summary Report

3. Tabel perbandingan hasil perhitungan dan simulasi[3].

Tabel 2. 3 Tabel perbandingan hasil perhitungan dan simulasi[3].

No.	Hasil Perhitungan Manual	Hasil Simulasi ETAP
1.	Jatuh tegangan (% ΔV) $\% \Delta V = 0.64$	Jatuh Tegangan (Vd % Drop in Vmag) $\% Vd = 0.64$
2.	Rugi-rugi daya saluran Rugi rugi daya aktif $P_{\text{rugi-rugi}} (3\phi) = 16.5 \text{ KW}$ Rugi rugi daya reaktif $Q_{\text{rugi-rugi}} (3\phi) = 15 \text{ kVAr}$	Rugi rugi (losses) Rugi-rugi daya aktif $\text{kW} = 16.2$ rugi-rugi daya reaktif $\text{kVar} = 14.7$
3.	Total Beban Total Daya Aktif $P_{3\phi} = 2.77 \text{ MW}$ Total Daya Reaktif $Q_{3\phi} = 2.08 \text{ MVar}$ Total Daya Semu $S_{3\phi} = 3.46 \text{ MVA}$	Total Beban (Bus Total Load) Bus 3 Total Daya Aktif $\text{MW} = 2.72$ Total Daya Reaktif $\text{Mvar} = 2.04$ Total Daya Semu $\text{MVA} = 3.40$

Dari tabel di atas menunjukkan hasil perhitungan manual dan hasil simulasi etap perbedaannya dapat ditoleransi, sehingga dapat disimpulkan *software* ETAP dapat digunakan sebagai tools dalam penelitian.

Hak Cipta Diinaungi undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

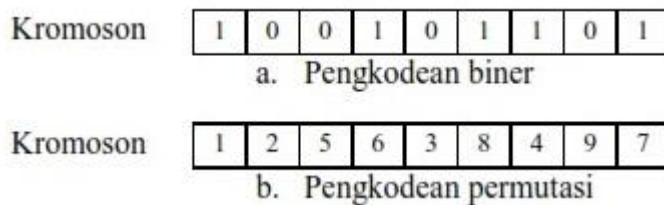


2.1.17 Algoritma Genetika Pada *Optimal Placement Capacitors*

Optimal Placement of Capacitors(OPC) merupakan alat dalam aplikasi ETAP 12. 6. 0 yang memakai algoritma genetika buat menempatkan bank kapasitor maksimal. Algoritma genetika adalah metode pengoptimalan yang didasarkan pada teori pilih alam. Algoritma diawali dengan menciptakan pemecahan yang bermacam- macam buat mewakili ciri dari segala ruang pencarian. Dengan mutasi serta ciri crossover yang baik, bisa diseleksi buat dibawa ke generasi berikutnya. Pemecahan terbaik bisa dicapai dengan generasi kesekian. Tata cara yang sangat universal bersumber pada ketentuan instan merupakan melaksanakan sebagian riset aliran energi buat membiasakan dimensi serta posisi [29].

2.1.17.1 Pengkodean

Proses algoritma genetika mengasumsikan kalau sesuatu permasalahan tertentu bisa dituntaskan dengan mengatakan sekumpulan parameter. Parameter ini diucap gen nilai(representasi), serta digabungkan buat membentuk string(kromosom). Tidak hanya itu, sebagian tipe kromosom berkumpul buat membentuk suatu populasi. Dari populasi semacam itu, algoritma genetika mulai mencari. Kamu bisa memandang diagram pengkodean pada foto kromosom di dasar ini.



Gambar 2. 33 Gambar Pengkodean Dalam Algoritma Genetika[29].

2.1.17.2 Nilai Fitness

Nilai fitness menampilkan seberapa baik orang maupun pemecahan. Dalam evolusi alam orang dengan nilai fitness besar hendak bertahan. Pada dikala yang sama, orang dengan nilai fitness rendah hendak mati [29].

2.1.17.3 Reproduksi

Reproduksi adalah proses memilih untuk bermigrasi ke generasi baru berdasarkan nilai adapte individu. Metode seleksi alam yang digunakan adalah Roulette Wheel[29].

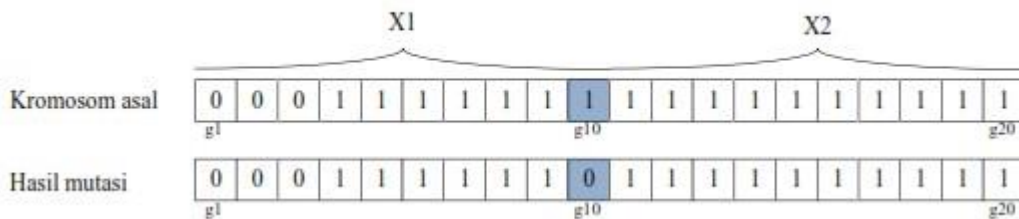
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.1.17.4 Crossover

Crossover (kawin silang) adalah proses penggabungan dua individu untuk mendapatkan individu baru yang memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik. Penentuan *crossover* ditentukan secara acak. Gen baru yang lebih panjang dipertahankan sebagai bagian dari individu baru, dan sisanya dipertukarkan[29].

2.1.17.5 Mutasi

Lakukan mutasi pada semua gen yang ada, Jika bilangan acak yang dihasilkan kurang dari probabilitas mutasi yang ditentukan, gen tersebut akan diubah menjadi nilai sebaliknya (dalam kode biner, 0 menjadi 1, dan 1 menjadi 0)[29].



Gambar 2. 34 Proses Mutasi Dalam Algoritma Genetika[29].

2.1.17.6 Fungsi Objektif

Tujuan dari masalah penempatan kapasitor adalah untuk memperbaiki kurva tegangan dan mengurangi kehilangan daya total pada sistem tenaga yang terpasang. Fungsi tujuan berasal dari dua istilah Pertama adalah lokasi kapasitor, dan yang kedua adalah kehilangan daya total. Secara umum, masalah penempatan dan kapasitas kapasitor yang optimal dapat dituliskan sebagai persamaan 2.38[29] berikut.

$$\text{Min. } F = \sum_{ii=1}^{N_{bus}} (I(ii). KI + KB. C_{ii} + KO. X_{(ii)} T) + TP'_L/KE_1 \dots\dots\dots(2.44)$$

Keterangan :

- F Fungsi *objective* (penempatan kapasitor, mengurangi rugi-rugi daya, biaya pembelian dan pemasangan kapasitor)
- N_{bus} Jumlah kandidat bus
- I 0 atau 1,0 artinya tidak ada kapasitor bank yang terpasang pada bus
- KI Biaya pemasangan kapasitor bank tiap bus
- KB Biaya pembelian kapasitor bank per KVAR
- C Ukuran bank kapasitor dalam KVAR

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- Biaya operasi dalam pemeliharaan per bank, per tahun
- Jumlah bank kapasitor
- Waktu perencanaan (tahun)
- Biaya energi per KWH
- Jumlah rugi daya aktif setelah pemasangan kapasitor

2.1.17.7 Biaya Penempatan Optimal Kapasitor

Tujuan penempatan kapasitor dalam sistem distribusi daya adalah untuk meminimalkan biaya tahunan, dan sistem akan menghadapi masalah dalam mode beban tertentu untuk memudahkan pengoperasian dan pemeliharaan kapasitor yang ditempatkan pada sistem. Distribusi tidak mempertimbangkan biaya, sistem tiga fase dianggap seimbang, dan beban dianggap konstan waktu[29].

2.1.17.8 Strategi Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal Kapasitor

1. Penempatan kapasitor yang optimal pada sistem tenaga memiliki banyak variabel, antara lain kapasitas kapasitor, penempatan optimal, fungsi pengisian daya, dan tegangan. Saat menentukan tata letak dan kapasitas terbaik, jenis kapasitor dapat disesuaikan dengan kondisi lokasi. Namun, mengingat variabel-variabel ini penempatan optimal sangat rumit. Untuk mempermudah analisis, dapat diasumsikan bahwa jenis kapasitor adalah sebagai berikut[29]:
 - a. Sistem dalam keadaan seimbang
 - b. Semua beban dianggap konstan
2. Saat menentukan kapasitas sebuah kapasitor, kapasitas yang digunakan didasarkan pada standar kapasitas minimum kapasitor dan kelipatannya[29]. Oleh karena itu, menurut standar ini, kapasitas kapasitor dapat digunakan sebagai variabel diskrit, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 4 Spesifikasi Kapasitor Bank yang Digunakan[28].

No	Max kV	Bank size (kVar)	Max Bank	purchase(\$ kVar)	Install(\$)	operation (\$/Bank)
1.	0.48	100	30	20	800	200
2.	0.6	100	30	20	800	200
3.	2.4	200	30	20	800	200
4.	4.8	200	30	20	800	200
5.	6.64	200	30	20	800	200
6.	12.4	300	30	20	800	200

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



7.	13.8	300	30	25	1600	300
8.	15.1	300	30	30	1000	300
9.	20	400	30	12	800	400
10.	24.9	400	30	40	1200	400
11.	4.16	200	30	20	1200	200



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode deskriptif. Penelitian kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang spesifikasinya meliputi suatu struktur yang sistematis, terencana, jelas dan tepat. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran tentang objek penelitian melalui data atau sampel yang dikumpulkan tanpa rekayasa. Metode deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan objek penelitian atau hasil penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung di PT.PLN (PERSERO) ULP Duri, SUB Belutu. Jurusan Tapung merupakan salah satu jurusan pada Penyulang Maroko (*feeder express*). Penyulang Maroko Jurusan Tapung beralamat di Jl. Belutu, Kec. Kandis, Kab. Siak, Provinsi Riau. Penyulang Maroko Jurusan Tapung mendapatkan suplai daya listrik dari Transformator Daya Unit 1 Gardu Induk Balai Pungut dengan kapasitas 60 MVA. Adapun alasan pemilihan lokasi pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil wawancara dengan supervisor yaitu pada penyulang maroko jurusan tapung Tapung terjadi keluhan salah satu pelanggan akibat besarnya jatuh tegangan.
2. Berdasarkan pengukuran oleh pihak PT PLN (PERSERO) Belutu Kandis pada bulan Juli Tahun 2020, hasil pengukuran di Desa Sekijang jatuh tegangan sebesar 16 %, tidak pada standar SPLN 1 : 1987 yaitu jatuh tegangan maksimal 10 % terhadap tegangan nominal.
3. Penyulang Maroko Jurusan tapung mempunyai jaringan sistem yang sangat luas dengan panjang total saluran kurang lebih sekitar 103.6 kms.
4. Penyulang Maroko Jurusan Tapung memiliki pelanggan dengan beban besar yaitu dari pelanggan-pelanggan sektor industri. Pelanggan industri merupakan pelanggan beban



Induktif yang membutuhkan daya reaktif yang besar, sehingga memperbesar jatuh tegangan pada jaringan.

3.3 Tahapan penelitian

Penelitian ini diawali dengan proses studi literatur, diantaranya, identifikasi masalah, menentukan masalah, dan meninjau penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Kemudian, melakukan observasi terkait objek penelitian. Pada proses observasi, peneliti melakukan pengumpulan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian. Adapun diagram alur penelitian ini adalah sebagai berikut :

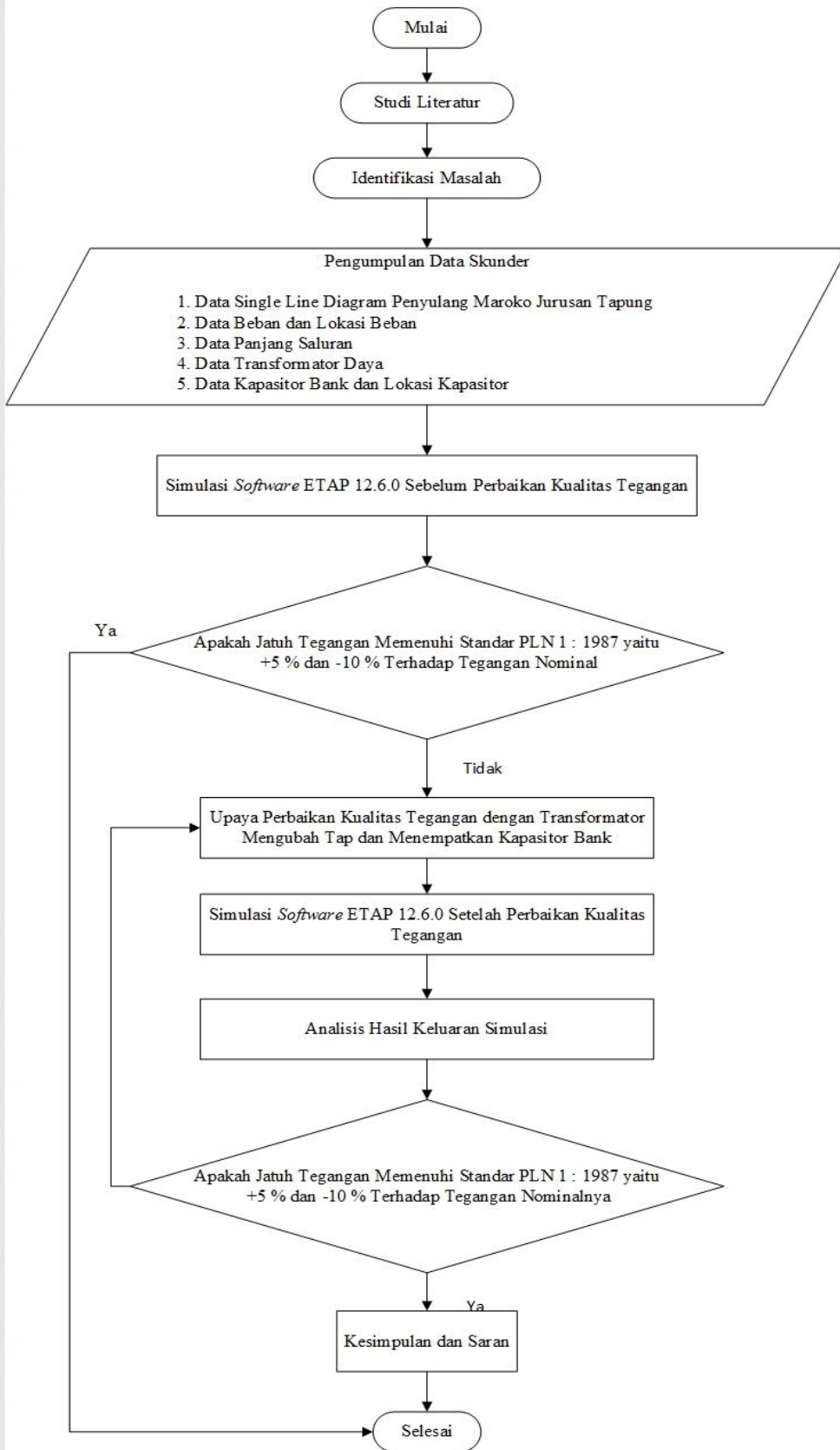


Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



3.4 Studi Literatur

Dalam studi literatur melakukan pengumpulan sejumlah sumber referensi terkait dari jurnal penelitian sebelumnya dan buku. Pada jurnal terkait akan dilakukan analisis mengenai teori yang dipakai dan metode apa yang diterapkan. Sedangkan pada buku akan diambil teori pendukung dalam penelitian ini.

3.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini terdiri dari langkah-langkah dalam melakukan penelitian, yaitu sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah

Masalah yang diangkat dalam penelitian adalah besar jatuh tegangan yang melebihi batas toleransi yang terjadi di Penyulang Maroko Jurusan Tapung, ULP Duri.

2. Membuat Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui hasil dan analisis perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank pada penyulang maroko jurusan tapung, ULP Duri.

3. Menentukan Judul

Sebagai kerangka dasar berfikir dalam suatu penelitian untuk menggambarkan penelitian secara garis besar, maka perlu direpresentasikan kedalam suatu judul. Berdasarkan permasalahan dan tujuan maka peneliti mengangkat judul “**Analisis Perbaikan Tegangan Penyulang 20 Kv Dengan Transformator Mengubah Tap Dan Menempatkan Kapasitor Bank Pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung Di Unit Layanan Pelanggan Duri**”

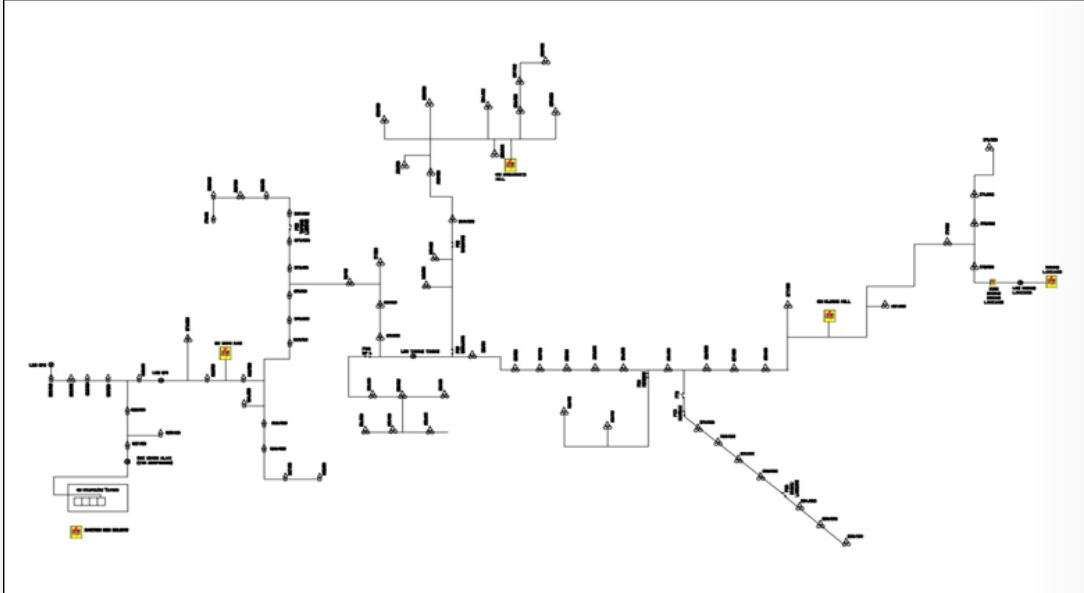
3.6 Pengumpulan Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder milik pihak PT.PLN (PERSERO) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Duri, PT.PLN (PERSERO) Belutu Kande dan pihak Gardu Induk Balai Pungut. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain data *Single Line Diagram* (SLD) Penyulang Maroko Jurusan Tapung, data, data beban dan lokasi beban, data panjang saluran, data transformator daya dan data kapasitor dan lokasi kapasitor. Rincian data-data tersebut sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Data Single Line Diagram Penyulang Maroko Jurusan Tapung



Gambar 3. 2 Single Line Diagram (SLD) Penyulang Maroko Jurusan Tapung

Pada Gambar 3.2 diatas merupakan gambaran keseluruhan rangkaian dari Penyulang Maroko Jurusan Tapung yang mempunyai konfigurasi sistem jaringan radial. Data ini diperlukan sebagai acuan dalam membuat rangkaian Penyulang Maroko Jurusan Tapung pada simulasi *software* ETAP 12.6.0.

2. Data beban dan lokasi beban

Tabel 3. 1 Data Beban dan Lokasi Beban

NO	Nomor Trafo distribusi	Tegangan kV	kVA	Beban			Lokasi
				kVA	%	pf	
1	027	20/0.38	50	22.4	44.7	0.85	PDK III, Sei Rokan
2	028	20/0.38	50	15.2	30.4	0.85	PDK III, Sei Rokan
3	029	20/0.38	50	20.5	41.1	0.85	PDK III, Sei Rokan
4	050	20/0.38	50	29.5	59.1	0.85	Jl. Cinta Damai
5	051	20/0.38	100	77.7	77.7	0.85	Jl. Cinta Damai
6	052	20/0.38	50	23.8	47.5	0.85	Jl. Cinta Damai
7	053	20/0.38	100	71.0	71.0	0.85	Jl. Cinta Damai
8	222	20/0.38	100	75.3	75.3	0.85	Desa Cinta Damai
9	276	20/0.38	100	78.5	78.5	0.85	Desa Kota Bangun
10	062	20/0.38	50	13.4	26.8	0.85	Dami Mas Tapung

Pada tabel 3.1 diatas merupakan data beban yang ditanggung dari setiap transformator distribusi pada penyulang maroko jurusan tapung. Sedangkan lokasi beban yaitu letak dari pemasangan transformator distribusi tersebut. Data beban transformator distribusi pada tabel

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.1 Di atas adalah ketika pengukuran bulan september-oktober tahun 2019 oleh pihak PT.PDN Belutu Kandis. Total gardu pelanggan atau transformator distribusi Penyulang Maroko Jurusan Tapung berjumlah 75 unit. Tabel beban dan lokasi beban lebih lengkapnya pada lampiran C.

3. Data Panjang Saluran

Data panjang saluran digunakan untuk mengetahui jarak antara beban dan untuk mengetahui nilai impedans dari saluran penyulang. Data panjang saluran dapat dilihat pada lampiran D.

4. Data Transformator Daya

Tabel 3. 2 Spesifikasi Transformator Daya Unit 1 GI Balai Pungut

	HV	LV
Merk	PAUWELS TRAFO	
Type	3011120085	
Rated Power	60 MVA	60 MVA
Rated Voltage	150	20
Rated Current	230.9	1732.1
Cooling	ONAN	
Winding	Ynyn0+D	
Impedance	12.5 %	

Pada tabel 3.2 diatas merupakan data Transformator Daya Unit 1 Gardu Induk Balai Pungut. Transformator daya tersebut dengan jenis (*On Load Tap Changer*) yang digunakan untuk mengirimkan daya listrik ke dua penyulang yaitu Penyulang Maroko Dan Penyulang Mesir

5. Data Kapasitor Bank dan Lokasi

Tabel 3. 3 Data Kapasitor Bank dan Lokasi

No	Jenis	Kapasitas (KVAR)	Lokasi
1	Kapasitor <i>shunt</i> (paralel)	1200	GH Nagakti Mill
2	Kapasitor <i>shunt</i> (Paralel)	600	GH Kijang Mill

Pada tabel 3.3 diatas merupakan data kapasitor bank yang sudah terpasang pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Data tersebut terdiri dari jenis , kapasitas, dan lokasi penempatan kapasitor bank.

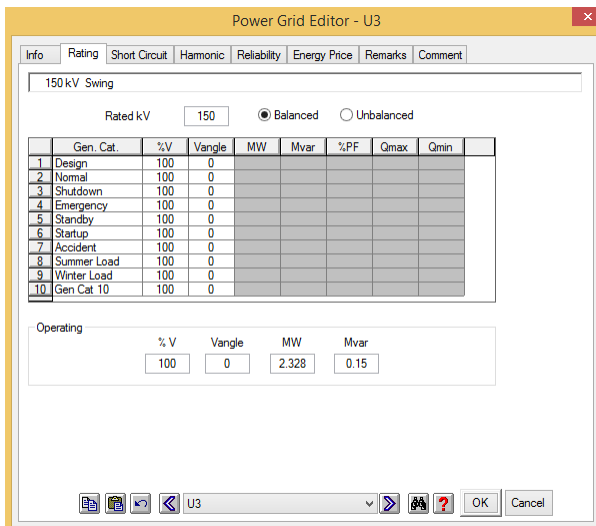
3.7 Simulasi Software ETAP 12.6.0 Sebelum Perbaikan Kualitas Tegangan

Pada simulasi *software* ETAP 12.6.0, bertujuan melihat kondisi awal pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Langkah-langkah pada tahap ini yaitu memasukkan data sekunder yang telah didapatkan oleh pihak PLN ke simulasi *software* ETAP 12.6.0.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

3.7.1 Input Data

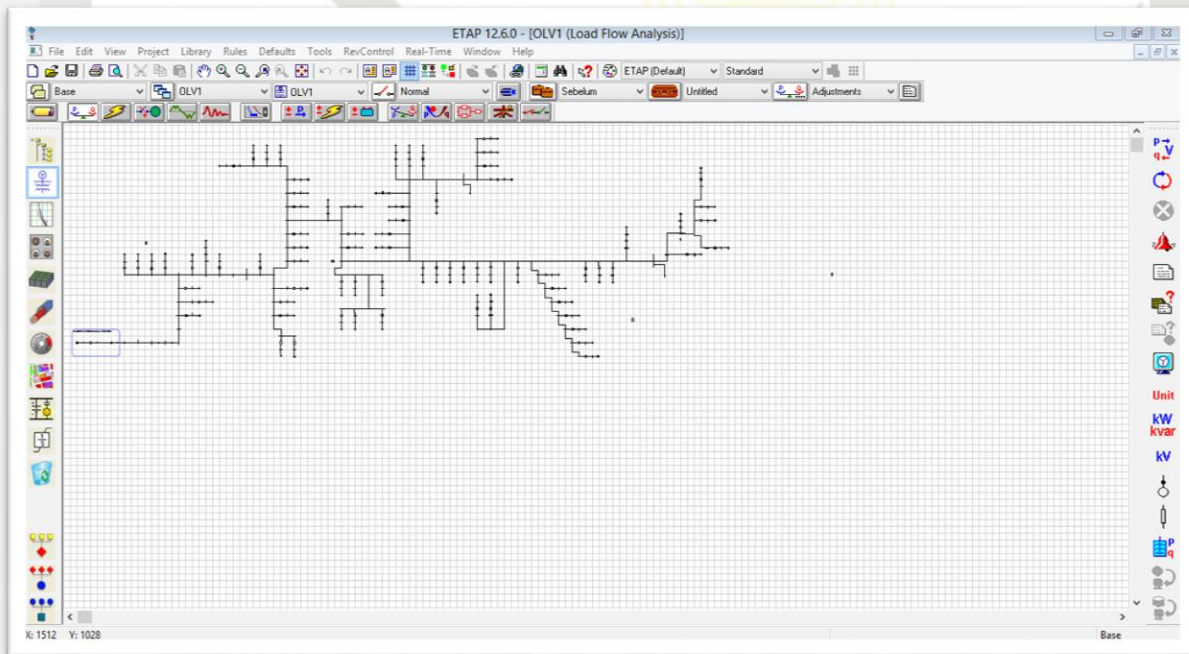
Memasukkan tegangan sumber dalam bentuk *Power Grid*.



Gambar 3. 3 Input Sumber Tegangan Ideal Di *Software* ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.3 di atas merupakan input sumber tegangan ideal di *software* ETAP 12.6.0 dengan tegangan 150 kV.

2. Membuat Rangkaian Penyulang Maroko Jurusan Tapung di *software* ETAP 12.6.0



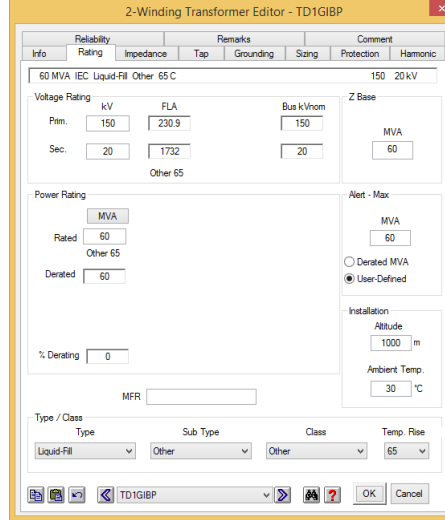
Gambar 3. 4 Rangkaian Penyulang Maroko Jurusan Tapung Pada *Software* ETAP 12.6.0

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

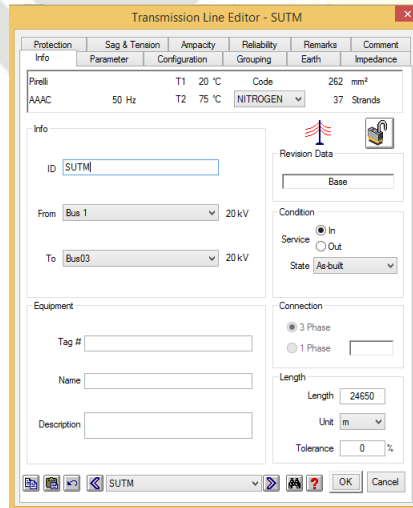
Input Data Transformator Daya



Gambar 3. 5 Input Data Transformator Daya Pada *Software* ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.5 di atas merupakan Input Data Transformator Daya nit 1 GI BP pada *software* ETAP 12.6.0, meliputi rating tegangan (kV), kapasitas (MVA) dan impedans (Ω).

4. Input Data Penghantar Saluran



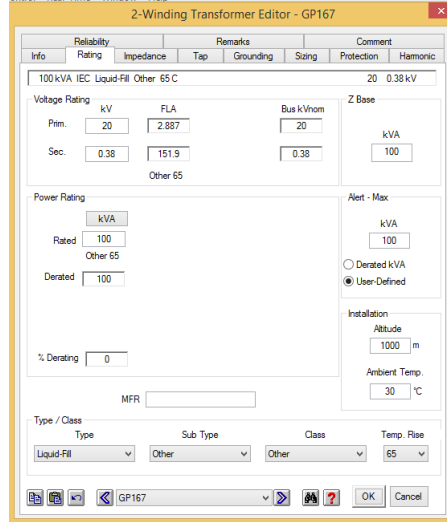
Gambar 3. 6 Input Data Saluran Pada *Software* ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.6 di atas, merupakan input data saluran pada *software* ETAP 12.6.0, meliputi diameter penampang (mm^2), merek, jenis, dan panjang saluran (m).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

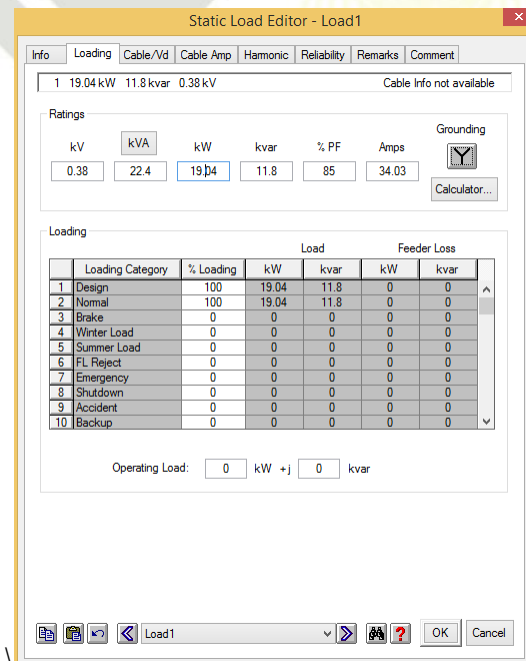
Input Data Transformator Distribusi



Gambar 3. 7 Input Data Transformator Distribusi Pada *Software* ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.7 di atas, merupakan input data transformator distribusi pada *software* ETAP 12.6.0, meliputi rating tegangan (kV), kapasitas (MVA) dan impedans (Ω).

6. Input Data Beban



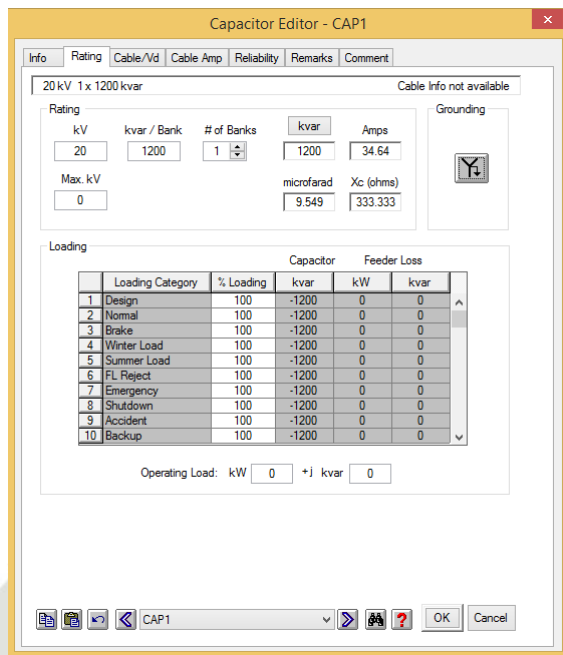
Gambar 3. 8 Input Data Beban pada *software* ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.8 di atas, merupakan input data beban pada *software* ETAP 12.6.0, meliputi daya semu (kVA), daya reaktif (kVAR), daya aktif (kW), arus (I) dan faktor daya (θ).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7. Input Data Kapasitor Bank



Gambar 3. 9 Input Data Kapasitor Bank pada *software* ETAP 12.6.0

Pada gambar di atas, merupakan input data kapasitor bank pada *software* ETAP 12.6.0, meliputi daya reaktif kompensasi (kVAR), Microfarad (C), Tegangan (kV), arus I (A) dan jumlah kapasitor.

3.7.2 Simulasi Aliran Daya

Pada penelitian ini simulasi aliran daya menggunakan metode Newton Raphson. Sedangkan batas standar tegangan diatur berdasarkan SPLN 1 : 1987 yaitu +5 % dan -10 % terhadap tegangan nominal. Menu pada simulasi aliran daya masing-masing memiliki fungsi yang berbeda-beda, adapun fungsi menu dijelaskan sebagai berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 10 Fungsi Menu Simulasi Aliran Daya

1. Aliran daya, menu untuk menjalankan simulasi aliran daya
2. *Alert*, menu untuk menampilkan komponen yang mengalami kondisi kritis
3. *Display*, untuk mengatur tampilan layar
4. Unit, menu untuk menampilkan satuan unit (ampere, volt, watt dan lain-lain)
5. Arus, untuk menampilkan nilai arus
6. Tegangan, untuk menampilkan nilai tegangan

3.8 Simulasi *Software* ETAP 12.6.0 Setelah Perbaikan Kualitas Tegangan dengan Transformator Mengubah Tap dan Menempatkan Kapasitor Bank

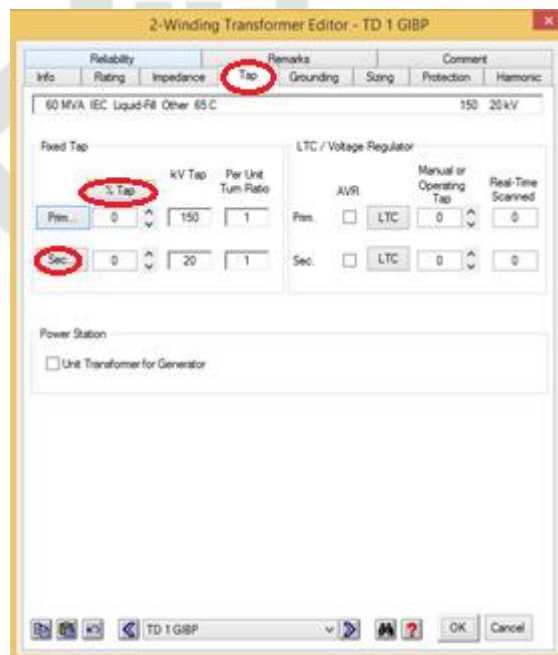
Pada simulasi *software* ETAP 12.6.0, bertujuan melihat kualitas tegangan setelah upaya perbaikan dengan transformator mengubah tap dan menempatkan kapasitor bank shunt. Upaya perbaikan dilakukan dengan 3 tahap yang bertujuan untuk mengetahui hasil setelah tahap ke berapa perbaikan kualitas tegangan paling optimal. Adapun tahapannya antara lain, tahap pertama dengan transformator mengubah tap (transformator daya), selanjutnya perbaikan pada tahap 2 dilanjutkan dengan menempatkan kapasitor bank shunt, dan selanjutnya perbaikan pada tahap ketiga dilanjutkan dengan transformator mengubah tap (transformator distribusi). Upaya-upaya perbaikan pada penelitian ini, dilakukan dengan menggabungkan upaya-upaya yang telah dilakukan dari jurnal-jurnal terkait terdapat pada [11][12][14][16].

3.8.1 Perbaiki Kualitas Tegangan Tahap 1

Penyulang Maroko Jurusan Tapung disuplai oleh transformator daya Unit 1 Gi Balai Pungut dengan jenis *On Load Tap Changer* (OLTC) atau sistem pengubah tap berbeban. OLTC merupakan jenis tap pada transformator yang bisa diubah posisi tap nya dalam keadaan berbeban atau bertegangan tanpa memutus sirkuit nya.

Pada tahap ini, transformator daya dinaikkan tap nya 5 % di sisi sekunder. Hal ini berarti adanya penambahan lilitan sisi sekunder, sehingga tegangan pada sisi sekunder akan terjadi peningkatan dari tegangan nominal 20 kV menjadi 21 kV. Adapun langkah-langkah perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap (transformator daya) sebagai berikut[12][16]:

1. Mengatur setting tap pada transformator daya unit 1 GI Balai Pungut dengan setting tap % untuk sisi sekunder seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 11 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Daya Pada Menu Tap Di Software ETAP 12.6.0

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

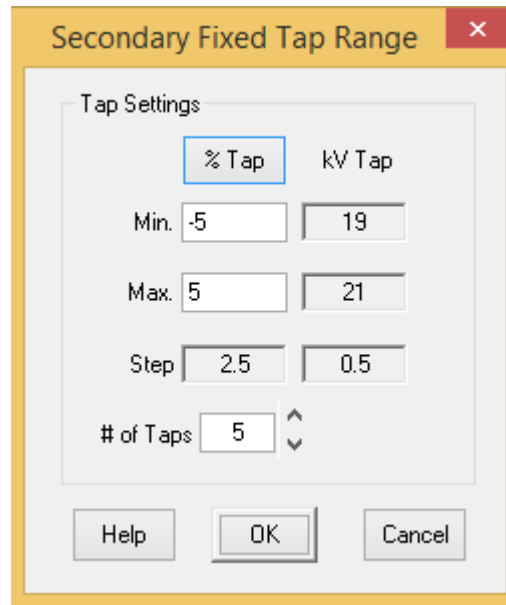
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

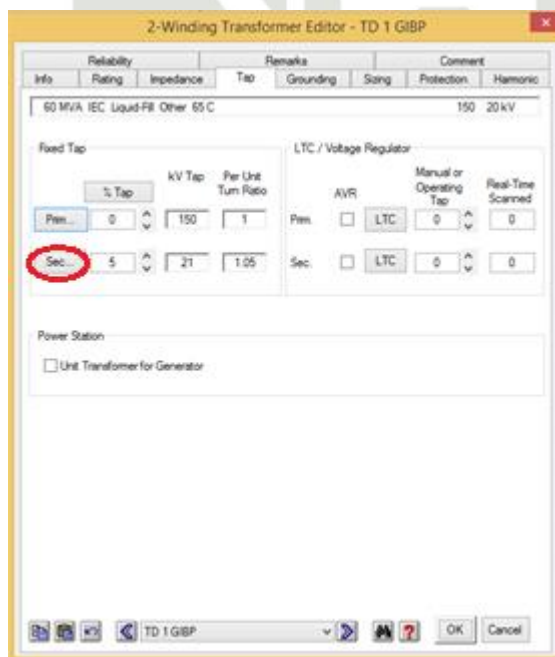
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Mengatur jumlah tap % yang akan dinaikkan untuk mendapatkan tegangan 21 kV.



Gambar 3. 12 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Daya Pada Sisi Sekunder Di Software ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.12 di atas, merupakan setting yang akan dilakukan pada sisi sekunder transformator GI BP. Dari gambar tersebut untuk mendapatkan tegangan 21 kV, maka tap dinaikkan 5% dari nilai awal. Pada menu setting tap %, menaikkan tap % sisi sekunder menjadi 5 % untuk mendapatkan tegangan 21 kV seperti pada gambar dibawah ini:





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 3. 13 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Daya Pada Menu Tap Di *Software* ETAP 12.6.0

3.8.2 Perbaikan Kualitas Tegangan Tahap 2

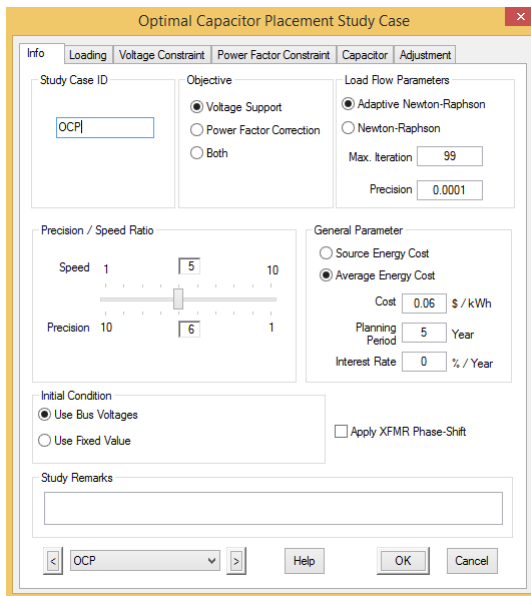
Perbaikan kualitas tegangan tahap 2 adalah dengan menempatkan kapasitor bank *shunt* pada saluran Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Kapasitor *shunt* adalah kapasitor yang dihubungkan secara paralel pada suatu saluran, dan banyak digunakan pada saluran distribusi. Memasang kapasitor *shunt* di jaringan distribusi akan meningkatkan kualitas tegangan, meningkatkan faktor daya, dan mengurangi kerugian daya pada saluran[8].

Pada tahap perbaikan kedua ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas tegangan pada jaringan tegangan menengah dan pada jaringan tegangan rendah. Penempatan kapasitor bank *shunt* menggunakan Optimasi Metode Algoritma Genetika. Pada penelitian ini Optimasi dengan metode algoritma genetika menggunakan tool *Optimal Placement Capacitor* (OPC) pada *software* ETAP 12.6.0. Variabel-variabel hasil pencarian Optimasi tersebut antara lain, lokasi, jumlah, kapasitas dan biaya dari kapasitor bank *shunt* yang akan ditempatkan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung. Adapun langkah-langkah menempatkan kapasitor bank *shunt* pada penyulang dengan fitur OPC sebagai berikut[17]:

1. Masukkan input data pembangkitan $\{P_{gen}, Q_{gen}, Q_{max}, Q_{min}\}$, data beban $\{V_{mag}, \text{sudut fasa tegangan } \delta, \text{ daya reaktif (P), daya reaktif (Q)}\}$ jumlah bus (N_{bus}) dan data impedans saluran ke dalam *software* ETAP.
2. Melakukan proses *load flow* dengan Metode Newton Raphson untuk melihat parameter-parameter sistem sebelum di optimasi penempatan kapasitor.
3. Sebelum melakukan optimasi penempatan kapasitor, terlebih dahulu mengatur studi kasus optimasi penempatan kapasitor sebagai berikut.
 - a. Pengaturan studi kasus penempatan kapasitor pada *software* ETAP 12.6.0.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

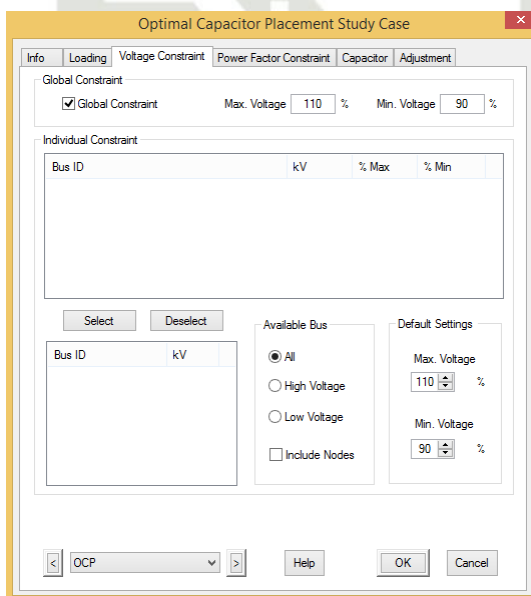
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 14 Antarmuka Pengaturan Studi Kasus Penempatan Kapasitor Pada *Software* ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.14 di atas, merupakan pengaturan yang diantaranya berkaitan dengan metode *load flow* yang digunakan, *precision* atau *speed ratio* yaitu pengaturan kecepatan dan ketelitian fitur OPC saat melakukan perhitungan penempatan optimal kapasitor bank.

- b. Pengaturan studi kasus penempatan optimal kapasitor pada batas margin tegangan *software* ETAP 12.6.0.



Gambar 3. 15 Antarmuka Pengaturan Studi Kasus Penempatan Kapasitor Pada Batas Margin Tegangan *Software* ETAP 12.6.0

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

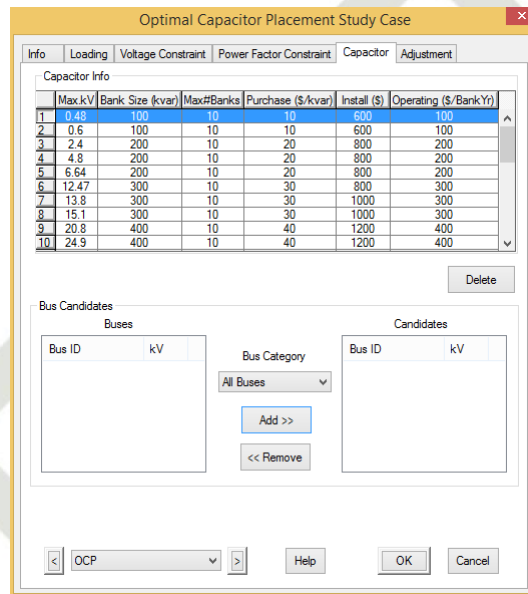
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada gambar 3.15 di atas, merupakan pengaturan yang berkaitan dengan hasil margin tegangan setelah melakukan optimasi penempatan kapasitor bank. Terdapat pilihan *global constraint* yang berfungsi otomatis melakukan perbaikan tegangan ke seluruh bus dan pilihan *individual constraint* yang dapat berfungsi manual, sehingga kita dapat memilih bus yang ingin diperbaiki tegangannya.

- c. Pengaturan Studi Kasus Penempatan Optimal Kapasitor Pada Bagian Kapasitor Untuk Kandidat Bus Di *Software* ETAP 12.6.0



Gambar 3. 16 Antarmuka Pengaturan Studi Kasus Penempatan Kapasitor Pada Bagian Kapasitor Untuk Kandidat Bus *Software* ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.16 di atas, merupakan pengaturan yang berkaitan dengan kandidat bus yang akan ditempatkan kapasitor bank, kandidat bus dapat dipilih secara manual.

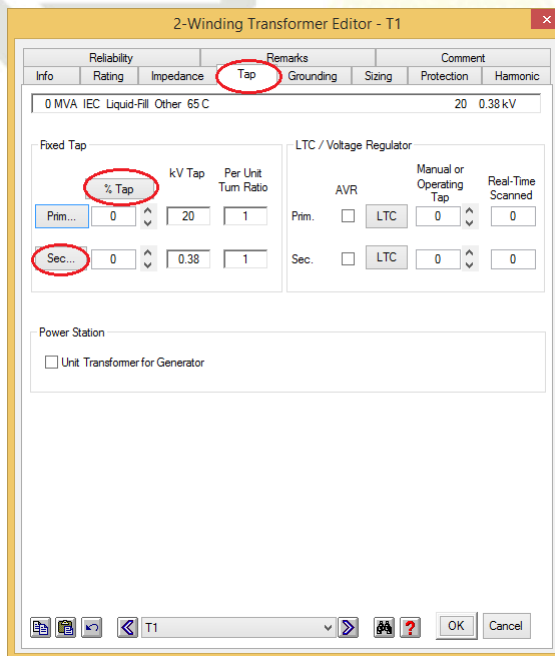
4. Setelah melakukan setting di studi kasus OPC, selanjutnya Jalankan optimasi penempatan kapasitor bank
5. Lihat dimanakah lokasi kapasitor paling optimal fan ukuran kapasitor hasil optimasi penempatan kapasitor menggunakan *software* ETAP.
6. Pasangkan kapasitor bank sesuai tempat dan ukuran setelah optimasi kemudian jalankan *load flow* kembali.

3.8.3 Perbaiki Kualitas Tegangan Tahap 3

Pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung terdapat 75 transformator distribusi dengan jenis *Off Load Tap Changer* atau sistem mengubah tap tidak berbeban. *Off Load Tap Changer* merupakan jenis tap pada transformator yang tidak bisa diubah posisi tap nya dalam keadaan berbeban sehingga dapat dilakukan dengan memutus sirkuit nya terlebih dahulu [18].

Pada tahap ini, transformator distribusi dinaikkan tap nya satu kali sebesar 2.5 % dari tegangan nominal sisi sekunder nya. Jika tegangan sisi sekunder masih belum berada pada batas toleransi tap akan dinaikkan dua kali sebesar 5 % dari tegangan nominal sisi sekunder nya. Menaikkan tap di sisi sekunder, berarti adanya penambahan lilitan sisi sekunder, sehingga tegangan pada sisi sekunder atau tegangan diterima konsumen akan terjadi peningkatan. Adapun langkah-langkah perbaikan kualitas tegangan dengan transformator mengubah tap (transformator distribusi) sebagai berikut [13][14][18][21]:

1. Mengatur setting tap pada transformator distribusi dengan setting tap % untuk sisi sekunder seperti pada gambar dibawah ini:



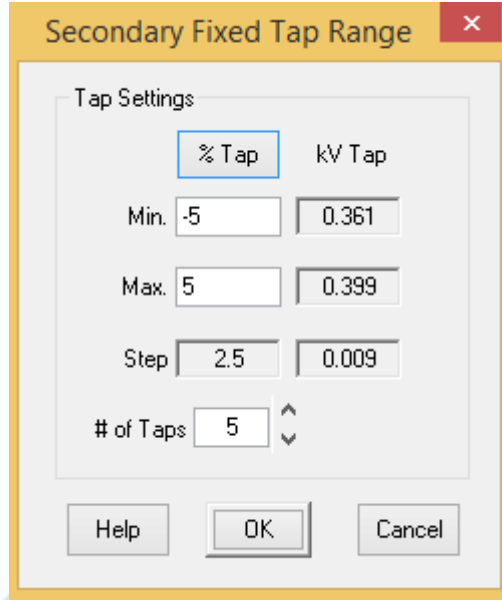
Gambar 3. 17 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Distribusi Pada Menu Tap Di Software ETAP 12.6.0

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

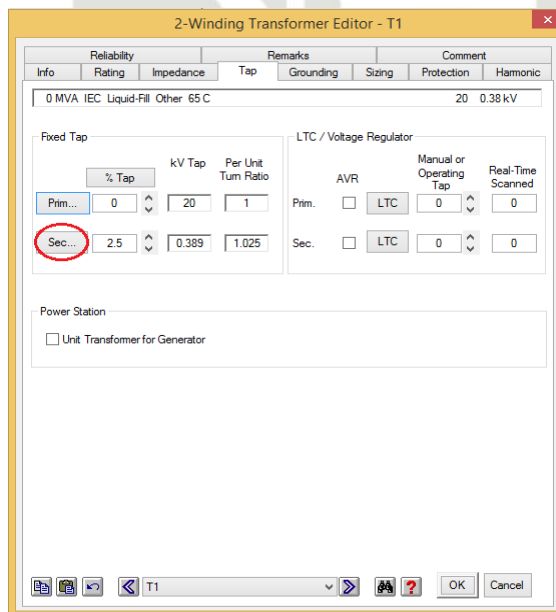
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Mengatur jumlah tap % sekunder yang akan dinaikkan. Setiap satu kali tap perubahan sebesar 2.5 %.



Gambar 3. 18 Antarmuka Pengaturan Tap Transformator Distribusi Pada Lilitan Sekunder Di Software ETAP 12.6.0

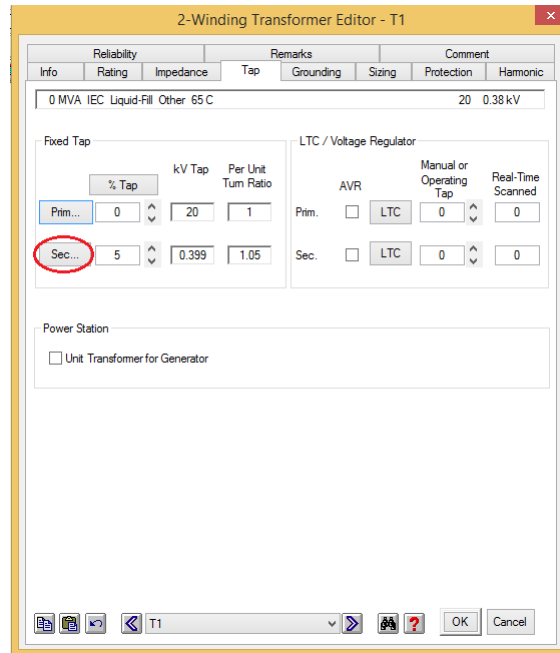
3. Pada menu setting tap %, menaikkan tap % sisi sekunder menjadi 2.5 % atau 5 %, sesuai dengan peningkatan tegangan yang dibutuhkan seperti pada gambar 3. dan 3. dibawah ini:



Gambar 3. 19 Antarmuka Pengaturan Tap 2.5 % Transformator Distribusi Pada Menu Tap Di Software ETAP 12.6.0

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 20 Antarmuka Pengaturan Tap 5 % Transformator Distribusi Pada Menu Tap Di Software ETAP 12.6.0

3.8.4 Analisis hasil keluaran simulasi

Analisis ini dilakukan untuk melihat apakah besar jatuh tegangan pada keseluruhan bus-bus sudah atau belum berada pada batas standar tegangan, berdasarkan SPLN 1 : 1987 yaitu +5 % dan -10 % terhadap tegangan nominal. Jika belum penelitian ini akan mengulang kembali untuk menjalankan fitur OPC (*Optimal Placement Capacitors*) dengan menambah kandidat bus untuk ditempatkan kapasitor bank. Hal ini dilakukan karena semakin banyak kandidat bus yang akan ditempatkan, akan mendapatkan hasil penempatan kapasitor bank yang lebih optimal, sehingga tegangan lebih tereduksi. Setelah menempatkan kapasitor bank, selanjutnya dengan menaikkan tap transformator distribusi yang tegangan sekunder nya masih belum standar. Jika tegangan sudah pada standar yang ditetapkan, maka lanjut pada tahap selanjutnya melakukan perbandingan analisis hasil aliran daya sebelum dan sesudah perbaikan dan setelah itu ditutup dengan menulis kesimpulan dan saran.

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Sebelum melakukan perbaikan kualitas tegangan pada Penyulang Maroko Jurusan Tapung, jumlah bus dengan tegangan operasi kurang dari 90 % pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) berjumlah 83 bus. Sedangkan pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) berjumlah 75 bus.
2. Perbaikan kualitas tegangan pada JTM dilakukan dengan menaikkan tap sisi sekunder transformator daya sebesar 5 % dan menempatkan kapasitor bank 400 kVAR di bus 172. Sedangkan Perbaikan kualitas tegangan pada JTR dilakukan dengan menaikkan tap sebesar 2.5 % di sisi sekunder pada 32 transformator distribusi dan menaikkan tap sebesar 5 % di sisi sekunder pada 13 transformator distribusi.
3. Tegangan paling rendah sebelum perbaikan kualitas tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah 86.73 %. Sedangkan pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) adalah 82.58%. Setelah melakukan perbaikan, tegangan paling rendah pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah 91.69 % dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) adalah 90.47 %. Dapat disimpulkan tegangan setelah melakukan perbaikan memenuhi batas standar tegangan berdasarkan SPLN 1 : 1987 yaitu +5 % dan -10 % terhadap tegangan nominal.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan perbaikan kualitas tegangan metode pemasangan *feeder express* berupa analisis teknis dan ekonomis pada sistem distribusi.
2. Pihak PLN disarankan untuk memasang transformator distribusi jenis (OLTC) *On Load Tap Changer* pada penyulang, karena dapat bekerja secara otomatis menjaga tegangan nominal sekunder nya ketika beban puncak dan ketika di luar beban puncak.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhadi dkk, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, 1st ed. Jakarta: Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [2] S. Muslim, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*, 1st ed. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [3] Syufrijal dan Readysal Monantun, *Jaringan distribusi tenaga listrik*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dasar Menengah dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2014.
- [4] “PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Duri,” 2020.
- [5] Bidang Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik, Ed., *Provinsi Riau Dalam Angka (Riau Province in Figures 2020)*. Pekanbaru: Badan Pusat Statistik Provinsi Riau, 2020.
- [6] *SPLN 1 : 1978 Tegangan - Tegangan Standar*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [7] R. T. dan I. A. Tanto, “Optimalisasi Pengaturan Tegangan Menggunakan Tap Changer,” pp. 1–8, 2015.
- [8] David D. Robb, *Electric Power Distribution Engineering*, Third. London, New York: Taylor and Francis Group, 2014.
- [9] I. M. A. Subawa, A. A. G. M. Pelayun dan I. W. Y. A. Wijaya, “Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV Pada Penyulang Menjangan Untuk Mengatasi Jatuh Tegangan,” *Spektrum*, vol. 6, no. 3, pp. 101–106, 2019.
- [10] D. K. Tabarok, A. Saleh dan B. S. Kaloko, “Optimasi Penempatan Distributed Generation (DG) dan Kapasitor pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Metode Genetic Algorithm (GA) (Studi Kasus Pada Penyulang Watu Ulo Jember),” *Berk. SAINSTEK*, vol. 1, pp. 35–40, 2017.
- [11] C. Saleh, A. U. Krismanto dan A. Lomi, “Implementasi Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Profil Tegangan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Software ETAP Power Station di Rayon Besuki,” *ELEKTRIKA*, vol. 1, no. 1, pp. 17–21, 2017.

- © Hak cipta milik UIN Suska Riau
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
- [12] A. Rafianto, “Analisis Sistem On Load Tap Changer (OLTC) Pada Transformator 150 / 20 Kv Untuk Menjaga Kestabilan Tegangan Pada GI Kaliwungu Jawa Tengah,” *Media Elektr.*, vol. 12, no. 1, pp. 12–28, 2019.
 - [13] M. F. B. Lubis dan Nurhalim, “Analisa Alternatif Perbaikan Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Kota 20 Kv Di Rokan Hulu,” *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2016.
 - [14] M. F. Wahyudianto, S. Sarwito dan A. Kurniawan, “Analisa Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik di Kapal Penumpang dengan Menggunakan Metode Simulasi,” *Tek. Inst. Teknol. Sepuluh*, vol. 5, no. 2, pp. 344–348, 2016.
 - [15] Sumanto, *TEORI TRANSFORMATOR*, 1st ed. Yogyakarta: ANDI OFFSET, 1991.
 - [16] B. Santoso, A. Gifson dan D. Pratama, “Perbaikan Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 34–40, 2018.
 - [17] W. Eko, “Optimasi Penempatan Kapasitor Bank Shunt Untuk Perbaikan Daya Reaktif Pada Penyulang Distribusi Primer Radial Dengan Algoritma Genetika,” *Univ. Sumatera Utara*, 2011.
 - [18] E. R. P. Simamora, “Studi Penentuan Jumlah Tap Trafo Distribusi 20 kV,” 2011.
 - [19] Y. Prasetyo, “Analisis Rekonfigurasi dan Penempatan Kapasitor Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan Pada Sistem Distribusi,” *geuthe Inst.*, vol. 1, no. 2, pp. 117–126, 2018.
 - [20] A. Abadi, A. C. Arifin dan T. Multazam, “Analisa Perbaikan Profil Tegangan Sistem Tenaga Listrik Sumbar Menggunakan Kapasitor Bank dan Tap Transformator,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 158–164, 2015.
 - [21] R. Frayedo, “Evaluasi Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Changer Untuk Perbaikan Profil Tegangan Listrik Feeder Banuaran dengan Simulator ETAP,” Universitas Andalas 2020.
 - [22] M. dan J. E. Nahvi, *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2004.
 - [23] M. Ramdani, *Rangkaian Listrik*. Bandung: Sekolah Tinggi Telkom, 2005.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [24] Wi. D. S. JR, *Analisa Sistem Tenaga*, 3rd ed., no. 1. Malang: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya Malang, 1983.
- [25] D. Dohnal, *On-Load Tap-Changers For Power Transformers*. Regensburg, Germany: Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, 2013.
- [26] I. Muchin, *Panduan Instalasi, Penggunaan, dan Pemeliharaan Transformator (PT. Trafindo)*. Elektronika & Tenaga Listrik.
- [27] PT. PLN (PERSERO), *SPLN No. 72 Tahun 1987 Tentang Spesifikasi Desaun Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [28] E.12.6, *ETAP 12.6.0 User Guide*. User Guide, 2014.
- [29] Robandi and D. M. Si, *Desain Sistem Tenaga Modern, Optimasi, Logika Fuzzy, dan Algoritma Genetika*, 1st ed. Yogyakarta, 2015.
- [30] Bank Indonesia, “Kurs Transaksi Bank Indonesia,” *Bank Indonesia (Bank Sentral Republik Indonesia)*, 2021. [Online]. Available: <https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/transaksi-bi/default.asp>.

LAMPIRAN A SURAT IZIN PENELITIAN

**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCES AND TECHNOLOGY**
J. HR. Soekarnoas KM. 16 No. 155 TuahredariTampar - Pekanbaru 28129 Po. Box. 1004 Telp. (0761) 589026 - 589027
Fas. (0761) 589 025 Web: www.uin-suska.ac.id E-mail: fastr@uin-suska.ac.id

Nomor : Un.04/F.V/PP.00.9/ 4171 /2020 Pekanbaru, 26 Juni 2020
Sifat : Penting
Hal : Mohon Izin Penelitian dan Pengambilan
Data Tugas Akhir/Skripsi


Kepada Yth.
Pimpinan PT. PLN Persero Rayon Duri
Jl. Hangtuah, Air Jamban, Kecamatan Mandau
Kabupaten Bengkalis, Riau

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.
Dengan hormat, sehubungan telah dimulainya mata kuliah Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau, Kami bermaksud mengirimkan mahasiswa :

Nama : Julian Milano
NIM : 11655103714
Fakultas : Sains dan Teknologi
Program Studi /Smt : Teknik Elektro / VIII (Delapan)
No. HP / E-mail : 082285325361 / Julianmilano729@gmail.com

untuk melakukan penelitian dan pengambilan data yang sangat dibutuhkan dalam Tugas Akhir yang berjudul "Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Penyulang 20 Kv Dengan Menggunakan Kapasitor Bank, Trafo Tab dan Optimalisasi Penempatan Trafo"

Kami mohon kiranya Saudara berkenan memberikan izin dan fasilitas demi kelancaran Tugas Akhir mahasiswa yang bersangkutan.
Demikian surat ini Kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama Saudara Kami ucapkan terimakasih.

Wassalam,
Dekan,

DR. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.
NIP.19660604 199203 1 004

Tembusan:
Yth. Rektor UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

LAMPIRAN B HASIL WAWANCARA

B.1 Tabel Hasil Wawancara 1 Studi Pendahuluan

Hari/Tanggal : Senin / 29 Juni 2020

Pukul/Tempat : 10.00 WIB / Unit Layanan Pelanggan (ULP) Duri

No.	Peneliti	Narasumber
	Apakah di ULP Duri terdapat Penyulang yang mengalami jatuh tegangan?	Penyulang Maroko Jurusan Tapung di PT.PLN (PERSERO) Belutu Kandis
	Dari manakah suplai daya listrik Penyulang Maroko Jurusan Tapung	Dari Transformator Daya Unit 1 60 MVA Di Gardu Induk Balai Pungut

Duri November 2020

Mengetahui,
Samuel Tu Sutrisno
Supervisor Unit Layanan
Pelanggan Duri

Hormat Saya,



Julian Milano

Mahasiswa UIN SUSKA Riau



B.2 Tabel Hasil Wawancara 2 Studi Pendahuluan

Hari/Tanggal : Rabu/ 1 Juli 2020

Pukul/Tempat : 10.00/ PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandis

No.	Peneliti	Narasumber
1.	Bagaimana upaya yang telah dilakukan oleh pihak PT. PLN (PERSERO) GI Balai Pungut dan pihak PT. PLN (PERSERO) untuk meminimalisir jatuh tegangan di Penyulang Maroko Jurusan Tapung?	Ada beberapa yang telah dilakukan diantaranya, menggunakan <i>On Load Tap Changer</i> pada Transformator Daya, menempatkan 2 kapasitor bank di beberapa titik di Penyulang Maroko Jurusan Tapung, dan memperbesar diameter sebagian kawat penghantar jaringan yang sebelumnya 70 mm ² menjadi 150 mm ² .
2.	Apa permasalahan yang ditimbulkan akibat jatuh tegangan di Penyulang Maroko Jurusan Tapung?	Pihak PT. PLN (PERSERO) Belutu Kandis selaku yang mengurus Penyulang Maroko Jurusan Tapung, tiga bulan berturut-turut dari sejak bulan Maret 2020 dikeluhkan oleh salah satu pelanggan sektor industri. Lebih tepatnya keluhan dari PT. Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Kijang Mill. Perindustrian tersebut mengeluh, karena tegangan sisi sekunder yang terbaca pada panel kontrol transformator distribusi Perindustrian tersebut tidak memenuhi tegangan standar PLN dan berdampak terganggunya jalannya Perindustrian tersebut.
3.	Ada berapa pelanggan sektor industri di Penyulang Maroko Jurusan Tapung?	Ada tiga pabrik di Penyulang Maroko Jurusan Tapung antara lain, PT. PKS Naga Mas, PT. PKS Naga Sakti Mill dan PT. PKS Kijang Mill.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University

Duri, November 2020

Mengetahui,

Erix Syandra Qardova.HSB

Junior Technician Distribusi PT.

PLN (PERSERO) Belutu Kandis

Hormat Saya,

Julian Milano

Mahasiswa UIN SUSKA Riau

sim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN C

Data Beban dan Lokasi Beban

NO	Nomor Gardu	Tegangan kV	kVA	Beban			Lokasi
				kVA	%	pf	
1.	027	20/0.38	50	22.4	44.7	0.85	PDK III, Sei Rokan
2.	028	20/0.38	50	15.2	30.4	0.85	PDK III, Sei Rokan
3.	029	20/0.38	50	20.5	41.1	0.85	PDK III, Sei Rokan
4.	050	20/0.38	50	29.5	59.1	0.85	Jl. Cinta Damai
5.	051	20/0.38	100	77.7	77.7	0.85	Jl. Cinta Damai
6.	052	20/0.38	50	23.8	47.5	0.85	Jl. Cinta Damai
7.	053	20/0.38	100	71.0	71.0	0.85	Jl. Cinta Damai
8.	222	20/0.38	100	33.8	75.3	0.85	Desa Cinta Damai
9.	276	20/0.38	100	78.5	78.5	0.85	Desa Kota Bangun
10.	062	20/0.38	50	13.4	26.8	0.85	Dami Mas Tapung
11.	063	20/0.38	100	23.8	47.5	0.85	Dami Mas Tapung
12.	064	20/0.38	100	42.9	42.9	0.85	Komp. Rama Bakti
13.	065	20/0.38	100	46.1	46.1	0.85	SP 3 Tapung
14.	066	20/0.38	100	64.6	64.6	0.85	SP 3 Tapung
15.	067	20/0.38	50	23.3	46.6	0.85	SP 3 Tapung
16.	068	20/0.38	50	31.8	63.7	0.85	SP 3 Tapung
17.	069	20/0.38	50	27.2	54.4	0.85	SP 7 Tapung
18.	070	20/0.38	100	72.1	72.1	0.85	SP 7 Tapung
19.	071	20/0.38	50	22.4	42.4	0.85	SP 7 Tapung
20.	072	20/0.38	50	26.5	53.1	0.85	SP 7 Tapung
21.	073	20/0.38	100	71.5	71.5	0.85	SP 7 Tapung
22.	087	20/0.38	100	25.6	25.6	0.85	Desa Tapung Lestari
23.	088	20/0.38	50	22.1	22.1	0.85	DPL Simpang
24.	089	20/0.38	100	65.3	65.3	0.85	DPL Ujung
25.	178	20/0.38	25	6.2	24.9	0.85	Jl Tapung Lestari
26.	261	20/0.38	100	15.2	15.2	0.85	SP 8 Tapung

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

©

27.	116	20/0.38	50	30.2	60.4	0.85	DS. SP 4 Buana
28.	117	20/0.38	100	68.3	68.3	0.85	DS. SP 4 Buana
29.	118	20/0.38	100	73.1	73.1	0.85	DS. SP 4 Buana
30.	119	20/0.38	100	75.4	75.4	0.85	DS. SP 4 Buana
31.	120	20/0.38	50	54.4	108.9	0.85	DS. SP 1 Buana
32.	121	20/0.38	100	70.7	70.7	0.85	DS. SP 1 Buana
33.	122	20/0.38	100	55.8	55.8	0.85	DS. SP 1 Buana
34.	123	20/0.38	50	3.9	7.8	0.85	DS. SP 1 Buana
35.	124	20/0.38	100	51.3	71.3	0.85	DS. SP 1 Buana
36.	125	20/0.38	100	55.4	55.4	0.85	DS. SP 1 Buana
37.	126	20/0.38	250	137.7	55.1	0.85	DS. SP 2 Buana
38.	127	20/0.38	100	33.4	33.4	0.85	DS. SP 2 Buana
39.	128	20/0.38	100	57.7	67.7	0.85	DS. SP 2 Buana
40.	129	20/0.38	100	50.6	50.6	0.85	DS. SP 5 Buana
41.	130	20/0.38	100	46.7	46.7	0.85	DS. SP 5 Buana
42.	131	20/0.38	100	53.4	53.4	0.85	DS. SP 5 Buana
43.	132	20/0.38	100	66.2	66.2	0.85	DS. SP 6 Buana
44.	133	20/0.38	100	52.9	52.9	0.85	DS. SP 6 Buana
45.	134	20/0.38	100	44.3	44.3	0.85	DS. SP 6 Buana
46.	165	20/0.38	50	26.6	93.2	0.85	DS. Sekijang
47.	166	20/0.38	25	5.5	61.8	0.85	DS. Sekijang
48.	167	20/0.38	100	42.5	42.5	0.85	Inti Tapung
49.	168	20/0.38	100	22.5	22.5	0.85	DS. Kijang
50.	169	20/0.38	100	49.8	49.8	0.85	DS. Kijang
51.	171	20/0.38	100	49.8	49.8	0.85	SP 4 Buana
52.	172	20/0.38	100	53.2	53.2	0.85	SP 4 Buana
53.	173	20/0.38	100	54.5	74.5	0.85	SP 4 Buana
54.	174	20/0.38	100	57.1	57.1	0.85	SP 4 Buana
55.	175	20/0.38	100	39.9	69.9	0.85	DS. Suka Maju
56.	200	20/0.38	100	38.9	68.9	0.85	Mandau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

©

57.	201	20/0.38	100	50.5	50.5	0.85	Mandau
58.	202	20/0.38	100	29.9	29.9	0.85	Mandau
59.	234	20/0.38	100	35.4	35.4	0.85	Danau Lancang
60.	235	20/0.38	100	38.9	38.9	0.85	Danau Lancang
61.	236	20/0.38	100	33.4	33.4	0.85	Danau Lancang
62.	249	20/0.38	100	6.2	6.2	0.85	Nagasakti
63.	250	20/0.38	100	66.7	66.7	0.85	Nagasakti
64.	251	20/0.38	100	35.8	35.8	0.85	Nagasakti
65.	252	20/0.38	100	43.1	43.1	0.85	Nagasakti
66.	253	20/0.38	100	37.4	37.4	0.85	Nagasakti
67.	254	20/0.38	100	44.3	44.3	0.85	Nagasakti
68.	255	20/0.38	100	33.7	33.7	0.85	Nagasakti
69.	256	20/0.38	100	37.4	37.4	0.85	Nagasakti
70.	257	20/0.38	100	6.7	6.7	0.85	Nagasakti
71.	258	20/0.38	100	33.4	33.4	0.85	Nagasakti
72.	259	20/0.38	100	46.8	46.8	0.85	Nagasakti
73.	260	20/0.38	100	55.7	55.7	0.85	DS. SP 1 Buana
74.	277	20/0.38	100	34.1	34.1	0.85	Perum Kijang
75.	199	20/0.38	100	50.6	50.6	0.85	Mandau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

LAMPIRAN D

Data Panjang Saluran Penyulang Maroko Jurusan Tapung

No.	Saluran		Jenis	Panjang (km)	Diameter (mm ²)	R (Resistansi)	X (Reaktansi)	R (Total)	X (Total)
1	Bus 2	Bus 3	XLPE	0.03	1 - 3/C 300	0.076207	0.092700	0.002286	0.002781
2	Bus 3	Bus 4	XLPE	0.35	1 - 3/C 240	0.094138	0.094800	0.032948	0.03318
3	Bus 4	Bus 5	AAAC	24.65	70	0.468000	0.347311	11.5362	8.561216
4	Bus 7	Bus 8	XLPE	0.115	1 - 3/C 240	0.094138	0.094800	0.010826	0.010902
5	Bus 8	Bus 9	AAAC	5.5	70	0.468000	0.347311	2.574	1.910211
6	Bus 9	Bus 11	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462
7	Bus 11	Bus12	AAAC	0.25	70	0.468000	0.347311	0.117	0.086828
8	Bus 11	Bus 14	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462
9	Bus 14	Bus 25	AAAC	1	70	0.468000	0.347311	0.468	0.347311
10	Bus 17	Bus 25	AAAC	0.9	70	0.468000	0.347311	0.4212	0.31258
11	Bus 17	Bus 19	AAAC	0.25	70	0.468000	0.347311	0.117	0.086828
12	Bus 19	Bus 21	AAAC	0.35	70	0.468000	0.347311	0.1638	0.121559
13	Bus 21	Bus 23	AAAC	0.15	70	0.468000	0.347311	0.0702	0.052097
14	Bus 25	Bus 26	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
15	Bus 26	Bus 28	AAAC	0.6	70	0.468000	0.347311	0.2808	0.208387
16	Bus 28	Bus 29	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
17	Bus 28	Bus 31	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
18	Bus 31	Bus 33	AAAC	1.05	70	0.468000	0.347311	0.4914	0.364677
19	Bus 33	GH DAMI MAS	XLPE	0.105	1 - 3/C 240	0.094138	0.094800	0.009884	0.009954
20	GH DAMI MAS	Bus 34	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
21	Bus 34	Bus 36	AAAC	0.6	70	0.468000	0.347311	0.2808	0.208387
22	Bus 36	Bus 37	AAAC	2.55	70	0.468000	0.347311	1.1934	0.885643
23	Bus 36	Bus 58	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
24	Bus 37	Bus 39	AAAC	1.05	70	0.468000	0.347311	0.4914	0.364677
25	Bus 39	Bus 41	AAAC	0.75	70	0.468000	0.347311	0.351	0.260483
26	Bus 41	Bus 43	AAAC	1	70	0.468000	0.347311	0.468	0.347311
27	Bus 43	Bus 45	AAAC	0.55	70	0.468000	0.347311	0.2574	0.191021
28	Bus 45	Bus 47	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
29	Bus 47	Bus 49	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118
30	Bus 49	Bus 50	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
31	Bus 54	Bus 56	AAAC	0.15	70	0.468000	0.347311	0.0702	0.052097
32	Bus 53	Bus 54	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
33	Bus 50	Bus 53	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462
34	Bus 58	Bus 59	AAAC	0.15	70	0.468000	0.347311	0.0702	0.052097
35	Bus 58	Bus 61	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
36	Bus 61	Bus 64	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462
37	Bus 64	Bus 65	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462

2.	1.	Ha							
	Bus 65	Bus 68	AAAC	0.6	70	0.468000	0.347311	0.2808	0.208387
	Bus 43	Bus 69	AAAC	0.9	70	0.468000	0.347311	0.4212	0.31258
	Bus 69	Bus 71	AAAC	1.5	70	0.468000	0.347311	0.702	0.520967
	Bus 71	Bus 72	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118
	Bus 71	Bus 74	AAAC	5.5	70	0.468000	0.347311	2.574	1.910211
	Bus 74	Bus 76	AAAC	0.85	70	0.468000	0.347311	0.3978	0.295214
	Bus 76	Bus 78	AAAC	1.9	70	0.468000	0.347311	0.8892	0.659891
	Bus 78	Bus 79	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
	Bus 79	Bus 81	AAAC	0.5	70	0.468000	0.347311	0.234	0.173656
	Bus 81	Bus 83	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462
	Bus 83	Bus 84	AAAC	0.65	70	0.468000	0.347311	0.3042	0.225752
	Bus 83	Bus 86	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
	Bus 86	Bus 87	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118
	Bus 86	Bus 89	AAAC	0.1	70	0.468000	0.347311	0.0468	0.034731
	Bus 89	Bus 91	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118
	Bus 78	Bus 93	AAAC	0.95	70	0.468000	0.347311	0.4446	0.329945
	Bus 93	Bus 94	AAAC	0.3	70	0.468000	0.347311	0.1404	0.104193
	Bus 94	Bus 123	AAAC	0.3	70	0.468000	0.347311	0.1404	0.104193
	Bus 94	Bus 96	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118
	Bus 96	Bus 122	AAAC	0.35	70	0.468000	0.347311	0.1638	0.121559
	Bus 96	Bus 98	AAAC	0.75	70	0.468000	0.347311	0.351	0.260483
	Bus 98	Bus 100	AAAC	0.75	150	0.231000	0.320333	0.17325	0.24025
	Bus 100	Bus 102	AAAC	0.8	150	0.231000	0.320333	0.1848	0.256266
	Bus 102	Bus 121	AAAC	0.75	150	0.231000	0.320333	0.17325	0.24025
	Bus 102	Bus 106	AAAC	2.5	150	0.231000	0.320333	0.5775	0.800833
	Bus 106	Bus 107A	AAAC	0.75	150	0.231000	0.320333	0.17325	0.24025
	Bus 105A	Bus 106	AAAC	0.7	150	0.231000	0.320333	0.1617	0.224233
	Bus 106	Bus 108	AAAC	0.45	150	0.231000	0.320333	0.10395	0.14415
	Bus 108	Bus 109A	AAAC	0.4	150	0.231000	0.320333	0.0924	0.128133
	Bus 108	Bus 110	AAAC	0.4	150	0.231000	0.320333	0.0924	0.128133
	Bus 110	Bus 111	AAAC	0.35	150	0.231000	0.320333	0.08085	0.112117
	Bus 110	Bus 112	AAAC	0.45	150	0.231000	0.320333	0.10395	0.14415
	Bus 112	GH NAGASAKTI	XLPE	0.11	1 - 3/C 240	0.094138	0.094800	0.010355	0.010428
	GH NAGASAKTI	Bus 113	AAAC	0.8	150	0.231000	0.320333	0.1848	0.256266
	Bus 113	Bus 114A	AAAC	1.05	150	0.231000	0.320333	0.24255	0.33635
	Bus 113	Bus 115	AAAC	0.8	150	0.231000	0.320333	0.1848	0.256266
	Bus 115	Bus 117	AAAC	0.75	150	0.231000	0.320333	0.17325	0.24025
	Bus 117	Bus 119	AAAC	0.85	150	0.231000	0.320333	0.19635	0.272283
	Bus 93	Bus 124	AAAC	0.35	70	0.468000	0.347311	0.1638	0.121559
	Bus 124	Bus 126	AAAC	3	70	0.468000	0.347311	1.404	1.041933
	Bus 126	Bus 128	AAAC	0.5	70	0.468000	0.347311	0.234	0.173656

Ha
1.
2.

Bus 128	Bus 130	AAAC	0.35	70	0.468000	0.347311	0.1638	0.121559
Bus 130	Bus 132	AAAC	0.3	70	0.468000	0.347311	0.1404	0.104193
Bus 132	Bus 134	AAAC	5	70	0.468000	0.347311	2.34	1.736555
Bus 134	Bus 143	AAAC	0.3	70	0.468000	0.347311	0.1404	0.104193
Bus 143	Bus 144	AAAC	0.3	70	0.468000	0.347311	0.1404	0.104193
Bus 143	Bus 137	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
Bus 138	Bus 137	AAAC	0.15	70	0.468000	0.347311	0.0702	0.052097
Bus 140	Bus 137	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
Bus 141	Bus 140	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462
Bus 46	Bus 146	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118
Bus 146	Bus 148	AAAC	0.45	150	0.231000	0.320333	0.10395	0.14415
Bus 148	Bus 150	AAAC	0.45	150	0.231000	0.320333	0.10395	0.14415
Bus 150	Bus 152	AAAC	0.5	150	0.231000	0.320333	0.1155	0.160167
Bus 152	Bus 154	AAAC	0.7	150	0.231000	0.320333	0.1617	0.224233
Bus 154	Bus 156	AAAC	0.4	150	0.231000	0.320333	0.0924	0.128133
Bus 156	Bus 158	AAAC	0.45	150	0.231000	0.320333	0.10395	0.14415
Bus 46	Bus 160	AAAC	2.5	70	0.468000	0.347311	1.17	0.868278
Bus 160	Bus 162	AAAC	0.6	70	0.468000	0.347311	0.2808	0.208387
Bus 162	Bus 164	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
Bus 164	Bus 166	AAAC	0.4	70	0.468000	0.347311	0.1872	0.138924
Bus 167	Bus 166	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118
Bus 166	Bus 169	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
Bus 169	GH KIJANG MILL	AAAC	0.105	1 - 3/C 240	0.094138	0.094800	0.009884	0.009954
GH KIJANG MILL	Bus 170	AAAC	0.85	70	0.468000	0.347311	0.3978	0.295214
Bus 170	Bus 171A	AAAC	0.2	70	0.468000	0.347311	0.0936	0.069462
Bus 170	Bus 172	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
Bus 172	Bus 174	AAAC	0.8	70	0.468000	0.347311	0.3744	0.277849
Bus 174	Bus 175	AAAC	0.3	70	0.468000	0.347311	0.1404	0.104193
Bus 154	Bus 174	AAAC	0.15	70	0.468000	0.347311	0.0702	0.052097
Bus 175	Bus 178	AAAC	0.25	70	0.468000	0.347311	0.117	0.086828
Bus 178	Bus 180	AAAC	0.25	70	0.468000	0.347311	0.117	0.086828
Bus 46	Bus 144	AAAC	0.7	70	0.468000	0.347311	0.3276	0.243118

LAMPIRAN D

Data Panjang Total Penyulang-Penyulang di ULP Duri

DAFTAR PERALATAN SALURAN TEGANGAN MENENGAH

#REF!

Formulir : 12B / 1
 Halaman : 1
 Edaran : 060/PS/11376
 Tgl/Tahun : 1 Desember 1976

SALURAN TEGANGAN MENENGAH TERPASANG (JTM)

NO	NAMA UNIT	PENYULANG	TEGANGAN (kV)	PANJANG SIRKIT (km)	PANJANG ROUTE (km)	JENIS	BAHAM	PENAMPANG (mm ²)	JUMLAH TIANG	STATUS KEPEMILIKAN	KODE MILIK	STATUS OPERASI	KODE OPERAS
1	RAYON DURI	KONGO	20	27.48		SUTM	AAAC	3x150	613	PLN	1	OPERASI	1
	RAYON DURI	KONGO	20	1.95		SUTM	AAAC	3x70		PLN	1	OPERASI	1
		KONGO	20	0.90		SKTM	XLPE	3x240					
2	RAYON DURI	KAMERUN	20	20.60		SUTM	AAAC	3x150	784	PLN	1	OPERASI	1
	RAYON DURI	KAMERUN	20	54.15		SUTM	AAAC	3x70		PLN	1	OPERASI	1
		KAMERUN	20	0.30		SKTM	XLPE	3x240					
3	RAYON DURI	MAROKO	20	24.65		SUTM	AAACS	3x240	293	PLN	1	OPERASI	1
		MAROKO	20	0.35		SKTM	XLPE	3x240					
4	RAYON DURI	SUKATANI	20	18.70		SUTM	AAAC	3x70	312	PLN	1	OPERASI	1
		SUKATANI	20	0.30		SKTM	XLPE	3x300					
		SUKATANI	20	0.30		SKTM	XLPE	3x240					
		SUKATANI	20	0.30		SKTM	XLPE	3x150					
5	RAYON DURI	TAPUNG	20	2.00		SUTM	AAAC	3x240	1,875	PLN	1	OPERASI	1
		TAPUNG	20	22.70		SUTM	AAAC	3x150					
		TAPUNG	20	77.43		SUTM	AAAC	3x70					
		TAPUNG	20	1.50		SKTM	XLPE	3x240					
6	RAYON DURI	KANDIS KOTA	20	6.15		SUTM	AAACS	3x240	135	PLN	1	OPERASI	1
		KANDIS KOTA	20	0.15		SKTM	XLPE	3x240					
7	RAYON DURI	MESIR	20	201.50		SUTM	AAAC	3x150	3,321	PLN	1	OPERASI	1
		MESIR	20	1.50		SKTM	XLPE	3x240					
		MESIR	20	0.50		SKTM	XLPE	3x70					

- Hak Cipta**
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 - Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN E

Gambar Hasil Pengukuran Tegangan Tanggal 3 Juli Tahun 2020

E.1 Gambar Tegangan Di Jaringan Tegangan Menengah Fasa S-T Di Desa Kijang Mill



E.2 Gambar Tegangan Di Jaringan Tegangan Menengah Fasa R-T Di Desa Kijang Mill



E.3 Gambar Tegangan Di Jaringan Tegangan Menengah Fasa R-S Di Desa Kijang Mill



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

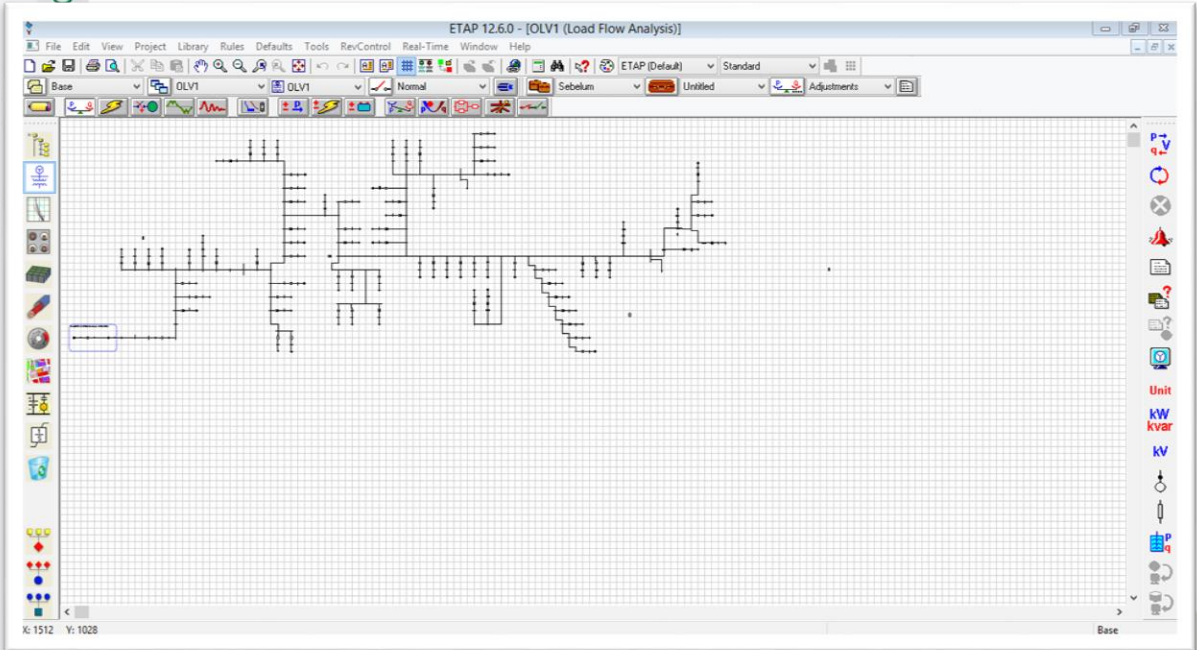
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

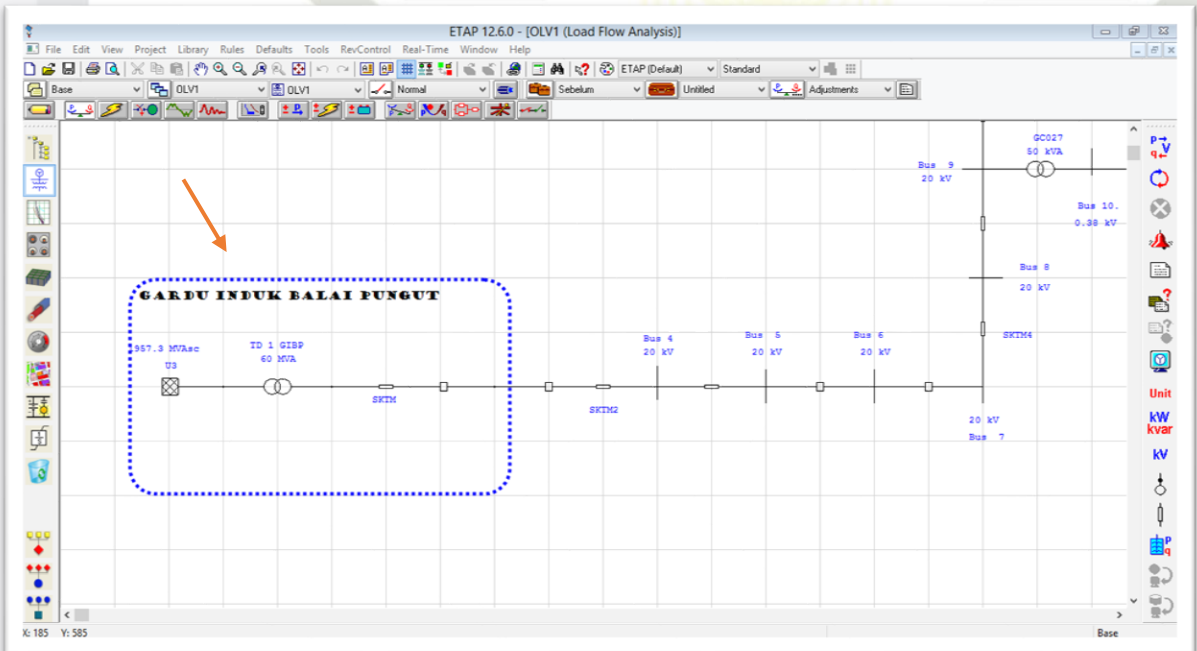
LAMPIRAN F

Rangkaian Penyulang Maroko Jurusan Tapung Pada ETAP 12.6.0

F.1 Rangkaian Keseluruhan Penyulang Maroko Jurusan Tapung



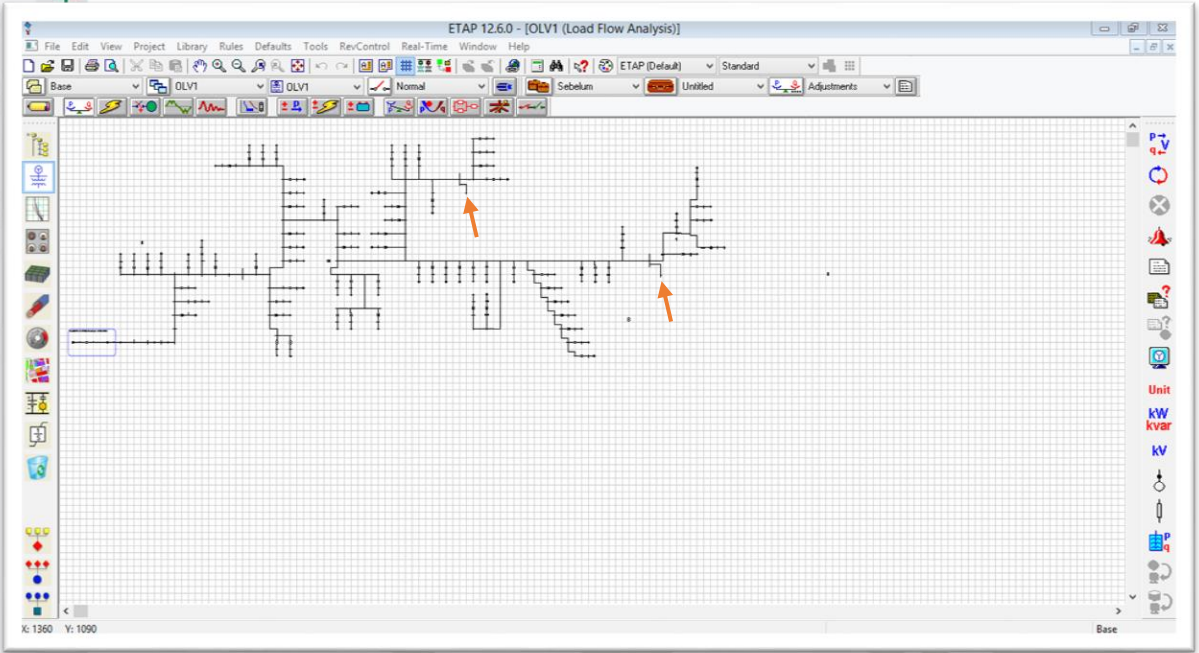
F.2 Gardu Induk Balai Pungut Sebagai Pusat Beban Penyulang Maroko Jurusan Tapung



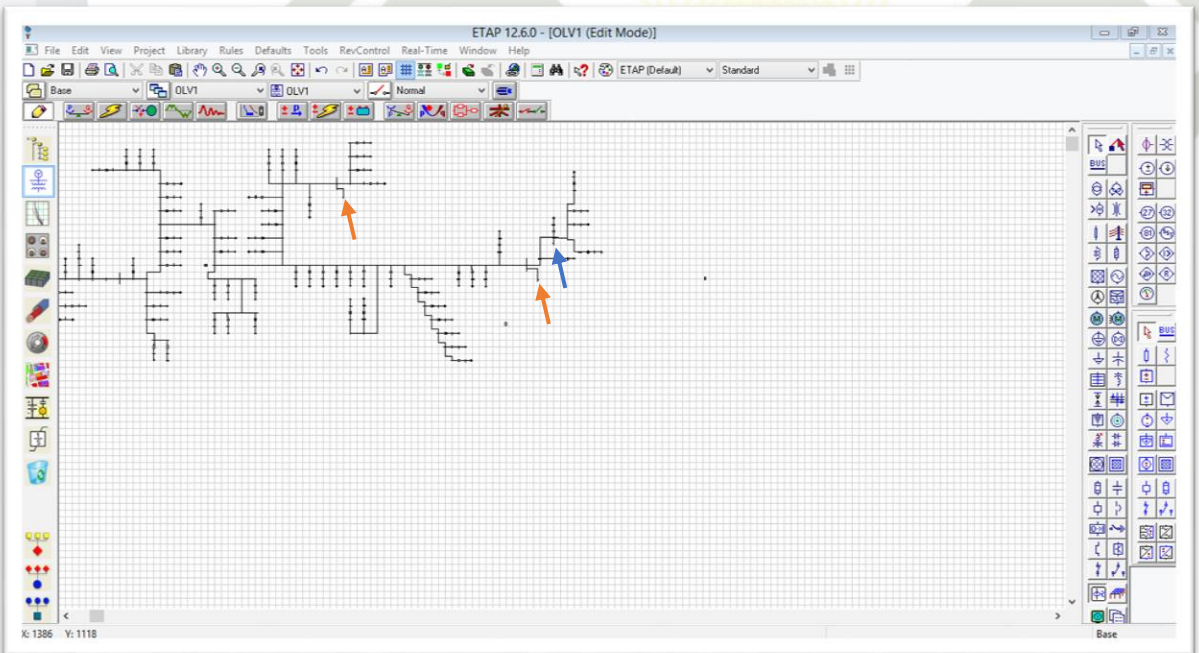
F.3 Kapasitor Bank yang Telah Terpasang Sebelum Melakukan Perbaikan (Panah Warna Orange)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



F.4 Kapasitor Bank yang Ditambahkan Setelah Melakukan Perbaikan (Panah Warna Biru)



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN G

Hasil Aliran Daya (Tegangan) Dari Setiap Tahapan Perbaikan

Bus ID	Nominal kV	Tegangan (%) Sebelum	Tegangan (%) Tahap 1	Tegangan (%) Tahap 2	Tegangan (%) Tahap 3
Bus 1	150	100	100	100	100
Bus 2	20	99.96	104.95	105.02	105
Bus 3	20	99.96	104.95	105.02	105
Bus 4	20	99.94	104.93	105	104.98
Bus 5	20	93	97.64	98.18	97.73
Bus 6	20	93	97.64	98.18	97.73
Bus 7	20	93	97.64	98.18	97.73
Bus 8	20	92.99	97.64	98.18	97.73
Bus 9	20	91.47	96.04	96.7	96.15
Bus 10.	0.38	88.66	93.09	93.73	93.21
Bus 11	20	91.41	95.98	96.64	96.1
Bus12	20	91.41	95.98	96.64	96.1
Bus13	0.38	89.51	93.98	94.64	94.1
Bus14	20	91.36	95.92	96.59	96.04
Bus 15	0.38	88.8	93.23	93.88	93.35
Bus 17	20	91.06	95.61	96.3	95.73
Bus18	0.38	86.22	90.53	91.18	90.64
Bus 19	20	91.06	95.6	96.3	95.73
Bus 20	0.38	86.84	91.18	91.84	91.3
Bus 21	20	91.05	95.6	96.29	95.72
Bus 22	0.38	86.36	90.67	91.33	90.79
Bus 23	20	91.05	95.6	96.29	95.72
Bus 24	0.38	86.36	90.67	91.33	90.79
Bus 25	20	91.09	95.64	96.33	95.76
Bus 26	20	91	95.54	96.24	95.67
Bus 27	0.38	87.32	91.68	92.36	91.8
Bus 28	20	90.86	95.4	96.11	95.52
Bus 29	20	90.85	95.39	96.1	95.52
Bus 30	0.38	85.97	90.27	90.94	92.38
Bus 31	20	90.77	95.3	96.03	95.43
Bus 32	0.38	89.11	93.56	94.27	93.68
Bus 33	20	90.54	95.06	95.81	95.2
Bus 34	20	90.45	94.96	95.72	95.1
Bus 35	0.38	88.97	93.42	94.17	93.56
Bus 36	20	90.32	94.83	95.6	94.97

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bus 37	20	89.83	94.32	95.16	94.48
Bus 38	0.38	86.49	90.81	91.62	90.96
Bus 39	20	89.64	94.12	94.98	94.28
Bus 40	0.38	87.67	92.05	92.9	92.21
Bus 41	20	89.5	93.97	94.86	94.15
Bus 42	0.38	86.76	91.09	91.95	91.26
Bus 43	20	89.32	93.79	94.7	93.97
Bus 44	0.38	86.07	90.37	91.24	90.54
Bus 45	20	89.31	93.77	94.68	93.95
Bus 46	0.38	84.93	89.17	90.04	91.34
Bus 46	20	86.89	91.23	92.78	91.76
Bus 47	20	89.3	93.76	94.67	93.94
Bus 48	0.38	87.72	92.11	93	92.28
Bus 49	20	89.29	93.75	94.66	93.93
Bus 50	20	89.28	93.74	94.64	93.92
Bus 51	0.38	86.58	90.9	91.78	91.08
Bus 52	0.38	88.35	92.76	93.66	92.94
Bus 53	20	89.27	93.73	94.64	93.91
Bus 54	20	89.27	93.73	94.64	93.91
Bus 55	0.38	85.28	89.54	90.41	91.74
Bus 56	20	89.27	93.73	94.64	93.91
Bus 57	0.38	87.76	92.14	93.03	92.32
Bus 58	20	90.29	94.81	95.58	94.95
Bus 59	20	90.29	94.8	95.58	94.95
Bus 60	0.38	87.64	92.02	92.77	92.16
Bus 61	20	90.29	94.8	95.57	94.94
Bus 62	0.38	87.44	91.81	92.56	91.95
Bus 63	0.38	86.29	90.6	91.34	90.74
Bus 64	20	90.28	94.79	95.57	94.94
Bus 65	20	90.28	94.79	95.57	94.94
BUS 66	0.38	87.4	91.77	92.52	91.91
Bus 67	0.38	86.35	90.66	91.41	90.8
Bus 68	20	90.28	94.79	95.56	94.93
Bus 69	20	89.19	93.65	94.58	93.84
Bus 70	0.38	85.5	89.78	90.67	92.01
Bus 71	20	88.97	93.42	94.39	93.62
Bus 72	20	88.97	93.41	94.38	93.61
Bus 73	0.38	86.71	91.05	91.99	91.24
Bus 74	20	88.23	92.64	93.76	92.9
Bus 75	0.38	85.69	89.97	91.06	92.17

Bus 76	20	88.13	92.53	93.67	92.8
Bus 77	0.38	83.58	87.76	88.84	91.9
Bus 78	20	87.91	92.3	93.5	92.59
Bus 79	20	87.89	92.28	93.48	92.57
Bus 80	0.38	84.85	89.09	90.25	91.44
Bus 81	20	87.88	92.27	93.47	92.56
Bus 82	0.38	85.07	89.32	90.48	91.68
Bus 83	20	87.87	92.26	93.46	92.55
Bus 84	20	87.87	92.26	93.46	92.55
Bus 85	0.38	84.66	88.89	90.04	91.22
Bus 86	20	87.86	92.24	93.44	92.53
Bus 87	20	87.85	92.24	93.44	92.53
Bus 88	0.38	83.87	88.06	89.21	92.3
Bus 89	20	87.85	92.24	93.44	92.53
Bus 90	0.38	84.67	88.9	90.06	91.24
Bus 91	20	87.85	92.24	93.44	92.53
Bus 92	0.38	85.19	89.44	90.61	91.82
Bus 93	20	87.84	92.22	93.45	92.53
Bus 94	20	87.85	92.23	93.46	92.54
Bus 95	0.38	86.5	90.82	92.03	91.12
Bus 96	20	87.87	92.26	93.49	92.56
Bus 97	0.38	84.87	89.11	90.3	91.48
Bus 98	20	87.9	92.29	93.52	92.59
Bus 99	0.38	87.53	91.9	93.12	92.2
Bus 100	20	87.94	92.33	93.56	92.63
Bus 101	0.38	83.93	88.12	89.29	92.37
Bus 102	20	87.99	92.38	93.61	92.68
Bus 103	0.38	85.83	90.12	91.32	92.55
Bus 105	0.38	85.54	89.81	91.01	92.21
Bus 105A	20	88.14	92.54	93.77	92.84
Bus 106	20	88.14	92.54	93.77	92.84
Bus 107	0.38	85.88	90.17	91.37	92.6
Bus 107A	20	88.14	92.54	93.77	92.84
Bus 108	20	88.17	92.57	93.8	92.87
Bus 109	0.38	85.5	89.77	90.96	92.16
Bus 109A	20	88.17	92.57	93.8	92.87
Bus 110	20	88.2	92.6	93.83	92.9
Bus 111	20	88.2	92.6	93.83	92.9
Bus 111A	0.38	86.16	90.47	91.67	90.76
Bus 112	20	88.23	92.64	93.87	92.93

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bus 113	20	88.22	92.63	93.86	92.93
Bus 114	0.38	85.39	89.66	90.85	92.04
Bus 114A	20	88.22	92.63	93.86	92.92
Bus 115	20	88.22	92.62	93.85	92.92
Bus 116	0.38	84.19	88.4	89.57	90.68
Bus 117	20	88.21	92.62	93.85	92.92
Bus 118	0.38	87.81	92.2	93.42	92.49
Bus 119	20	88.21	92.62	93.85	92.91
Bus 120	0.38	86.2	90.5	91.71	90.79
Bus 121	20	87.98	92.38	93.61	92.68
Bus 122	20	87.87	92.26	93.48	92.56
Bus 123	20	87.84	92.23	93.46	92.54
Bus 124	20	87.8	92.18	93.42	92.5
Bus 125	0.38	83.67	87.85	89.02	92.08
Bus 126	20	87.49	91.86	93.18	92.23
Bus 127	0.38	83.26	87.42	88.68	91.68
Bus 128	20	87.44	91.81	93.15	92.19
Bus 129	0.38	84.1	88.3	89.59	90.7
Bus 130	20	87.41	91.78	93.13	92.16
Bus 131	0.38	86.95	91.29	92.63	91.67
Bus 132	20	87.39	91.75	93.11	92.14
Bus 133	0.38	84.05	88.25	89.56	90.66
Bus 134	20	86.98	91.33	92.84	91.82
Bus 135	0.38	83.93	88.12	89.58	90.65
Bus 137	20	86.96	91.3	92.82	91.8
Bus 138	20	86.96	91.3	92.82	91.8
Bus 139	0.38	83.79	87.98	89.44	90.5
Bus 140	20	86.96	91.3	92.82	91.8
Bus 141	20	86.96	91.3	92.82	91.8
Bus 142	0.38	85.65	89.93	91.42	94.79
Bus 143	20	86.96	91.3	92.82	91.8
Bus 144	20	86.94	91.28	92.81	91.79
Bus 145	0.38	83.76	87.95	89.42	90.47
Bus 146	20	86.87	91.21	92.75	91.73
Bus 147	0.38	83.86	88.05	89.54	90.6
Bus 148	20	86.86	91.2	92.74	91.72
Bus 149	0.38	82.76	86.9	88.37	91.3
Bus 150	20	86.85	91.19	92.74	91.71
Bus 151	0.38	83.85	88.04	89.53	90.59
Bus 152	20	86.85	91.18	92.73	91.7

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bus 153	0.38	85.07	89.32	90.84	91.98
Bus 154	20	86.74	91.07	92.82	91.76
Bus 154	20	86.84	91.18	92.73	91.7
Bus 155	0.38	84.74	88.97	90.48	91.6
Bus 156	0.38	83.58	87.76	89.44	92.48
Bus 156	20	86.84	91.18	92.72	91.7
Bus 157	0.38	84.53	88.75	90.26	91.36
Bus 158	20	86.84	91.17	92.72	91.69
Bus 159	0.38	84.85	89.09	90.6	91.73
Bus 160	20	86.83	91.16	92.79	91.75
Bus 161	0.38	83.55	87.72	89.28	92.32
Bus 162	20	86.82	91.16	92.8	91.76
Bus 163	0.38	84.84	89.07	90.68	91.79
Bus 164	20	86.82	91.15	92.81	91.77
Bus 165	0.38	82.8	86.93	88.51	91.43
Bus 166	20	86.82	91.15	92.83	91.78
Bus 167	20	86.81	91.15	92.82	91.77
Bus 168	0.38	84.79	89.03	90.66	91.76
Bus 169	20	86.82	91.16	92.86	91.8
Bus 170	20	86.79	91.12	92.85	91.79
Bus 171	0.38	84.26	88.47	90.15	91.21
Bus 171A	20	86.79	91.12	92.85	91.79
Bus 172	20	86.76	91.1	92.85	91.79
Bus 173	0.38	83.8	87.99	89.68	90.71
Bus 174	20	86.74	91.07	92.82	91.76
Bus 175	20	86.73	91.06	92.81	91.75
Bus 176	0.38	83.5	87.67	89.35	92.38
Bus 178	20	86.73	91.06	92.81	91.75
Bus 179	0.38	83.34	87.5	89.18	92.19
Bus 180	20	86.73	91.06	92.81	91.75
Bus 181	0.38	82.58	86.7	88.37	91.26
GH DAMI MAS	20	90.53	95.06	95.81	95.19
GH KIJANG MILL	20	86.82	91.16	92.86	91.81
GH NAGASAKTI	20	88.23	92.64	93.87	92.94

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN H

Hasil Simulasi Report Fitur *Optimal Placement Capacitor*

Project:	ETAP	Page:	1
Location:	12.6.0H	Date:	10-04-2021
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: OCP	Revision:	Base
Filename: Penyulang Maroko T-		Config.:	Normal

Optimal Capacitor Placement Results

ID	Candidate Buses				Capacitor Information							
	Nominal kV	Operating Voltage			Rated kvar/Bank	Rated kV	# of Banks	Total kvar	Cost (\$)			
		% Mag	Angle	% PF					Installation	Purchase	Oper./Year	
Bus 171A	20.000	90.588	-1.32	100.0	400.000	20.800	1	400.000	1200.00	16000.00	400.00	
Bus 172	20.000	90.576	-1.34	100.0								
Bus 174	20.000	90.543	-1.34	100.0								
Bus 175	20.000	90.534	-1.34	100.0								
Bus 178	20.000	90.529	-1.34	100.0								
Bus 180	20.000	90.526	-1.34	100.0								
Total							1	400.000	1200.00	16000.00	400.00	

Hak Cipta Diinaungi ungaang-ungaang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.