

**ANALISIS PENURUNAN RUGI RUGI DAYA DENGAN PENAMBAHAN
DAN PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PADA
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV
(Studi Kasus : PT PLN (Persero) UP3 (PEKANBARU))**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains Dan Teknologi



oleh :

RAHMATUL ILAL ARDI

11655101266

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2022

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

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 mengummumkan 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.

LEMBAR PERSETUJUAN


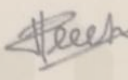
**ANALISIS PENURUNAN RUGI RUGI DAYA DENGAN PENAMBAHAN
DAN PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PADA
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV
(Studi Kasus : PT PLN (Persero) UP3 PEKANBARU)**

TUGAS AKHIR

oleh:

RAHMATUL ILAL ARDI
11655101266

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi
Teknik Elektrodi Pekanbaru, pada tanggal 01 April 2022

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ketua Program Studi</p> <p> Digitally signed by Zulfatri Aini Tanggal: 2022.05.23 11:55:41 WIB</p> <p><u>Dr. Zulfatri Aini, ST., MT</u> NIP. 197210212006042001</p> | <p>Pembimbing</p> <p> Digitally signed by Liliana Tanggal: 2022.05.20 14:11:12 WIB</p> <p><u>Dr. Liliana, ST., M.Eng</u> NIP. 197810122003122004</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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 PENGESAHAN

**ANALISIS PENURUNAN RUGI RUGI DAYA DENGAN PENAMBAHAN
DAN PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PADA
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV
(Studi Kasus : PT PLN (Persero) UP3 PEKANBARU)**

TUGAS AKHIR

oleh:

RAHMATUL ILAL ARDI
11655101266

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 Riaudi
Pekanbaru, pada tanggal 1 April 2022

Pekanbaru, 01 April 2022

Mengesahkan,

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"> Dekan <u>Dr. Hortono, M.Pd</u> NIP. 19640301 199203 1 003</p> | <p style="text-align: center;">Ketua Program Studi Teknik Elektro  <small>Digitally signed by Zulfatri Aini Tanggal: 2022.05.23 11:05:11 WIB</small> <u>Dr. Zulfatri Aini, ST., MT</u> NIP. 197210212006042001</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

DEWAN PENGUJI:

| | | | | | |
|-------------------|-------------------------------|--|--|--|--|
| Ketua | : Ewi Ismaredah S.Kom., M.Kom | | | | |
| Sekretaris | : Dr. Liliana, ST., M.Eng | | | | |
| Penguji I | : Novi Gusnita ST., MT | | | | |
| Penguji II | : Marhama Jelita S.Pd., M.Sc | | | | |


Digitally signed
by Liliana
Tanggal:
2022.05.20
14:10:50 WIB


Digitally signed by -
Novi Gusnita
Tanggal:
2022.05.20
15:16:18 WIB


Digitally signed
by Marhama
Jelita
Date: 2022.05.21
09:26:21 +0700



© 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.

Lampiran Surat :
 Nomor : Nomor 25/2021
 Tanggal : 10 September 2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Raimatul Ilal Ardi
 NIM : 11655101266
 Tempat/Tgl. Lahir : 25 Oktober 1998
 Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi
 Prodi : Teknik Elektro
 Judul Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya*:
 Analisis Perencanaan Fusi-Puji Daya Dengan Penambahan dan Pene-
 liharaan Transformator Pada Saluran Distribusi 20 kV
 Studi kasus : PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi (Karya Ilmiah lainnya)* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru,

Raimatul Ilal Ardi
 NIM: 11655101266

METERAL TEMPEL
 00000
 00E19AJX855716510



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.

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, 01 April 2022

Yang membuat pernyataan,

RAHMATUL ILAL ARDI
NIM. 11655101266

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 Adilnan 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 membuahkan 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 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’

© 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.





**ANALISIS PENURUNAN RUGI-RUGI DAYA DENGAN PENAMBAHAN
DAN PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PADA
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV
(STUDI KASUS: PT.PLN (PERSERO) UP3 PEKANBARU)**

RAHMATUL ILAL ARDI

NIM: 11655101266

Tanggal Sidang: 1 April 2022

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRAK

Penyulang Bawal Jurusan Arengka merupakan Penyulang 20 kV dengan rugi-rugi daya paling besar di wilayah PT.PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, masalah pada penelitian ini ialah peralatan yang sudah berumur mengakibatkan kerugian daya terjadi, dan (*Overload*) pada trafo T16 dengan pembebanan 102,5 kV. Pada skripsi menggunakan bantuan simulasi software ETAP 12.6. Perbaikan tahap pertama dengan melakukan penambahan trafo sisip untuk meminimalisir rugi-rugi daya, untuk melakukan penambahan trafo sisip peletakkan trafo sisip secara paralel dengan trafo T16 dan menggunakan kapasitas trafo yang terpasang pada penyulang Bawal Jurusan Arengka yaitu 200 kV agar pembebanan pada trafo sisip tidak *Overload* sehingga trafo sisip dapat beroperasi secara optimal. Perbaikan tahap kedua yaitu melakukan pemeliharaan dengan metode *Preventive Maintenance*, pemeliharaan yang dilakukan ialah pengecekan suhu trafo, suhu minyak trafo, suhu lingkungan, dan area disekitaran trafo. Hasilnya, setelah penambahan trafo sisip pembebanan pada trafo distribusi (T16) mengalami penurunan yang mana sebesar 50.2 kV dan rugi-rugi daya mengalami penurunan dengan total 0,129 MW untuk daya aktif dan 0,058 untuk daya reaktif. Hasil setelah dilakukan *Preventive Maintenance* terjaganya suhu trafo, suhu minyak dan area sekitaran trafo menjadi bersih. Sehingga disimpulkan, pembebanan trafo T16 setelah melakukan perbaikan tersebut memenuhi standar “SPLN No.17 Tahun 2014 standar pembebanan transformator hanya diizinkan 80% dari total kapasitas transformator”

Kata kunci : Beban Berlebih, Rugi-Rugi Daya, Trafo Sisip, *Preventive Maintenance*, Software ETAP 12.6.0, Transformator Daya, Transformator Distribusi.



ANALYSIS OF REDUCING POWER LOSSES WITH ADDING AND MAINTENANCE OF TRANSFORMERS IN 20 kV DISTRIBUTION CHANNELS (PT.PLN (PERSERO) UP 3 PEKANBARU)

RAHMATUL ILAL ARDI

Student Number: 11655101266

Date of Final Exam: on 01 April 2022

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas Street, Number.155 Pekanbaru

ABSTRACT

The Bawal Feeder of the Arengka Department is a 20 kV feeder with the largest power losses in the area of PT.PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, the problem obtained in this study is that the equipment that is old causes power losses to occur, and (overload) on the T16 transformer with 102,5 kV loading. In the thesis using the help of simulation software ETAP 12.6. The first stage of improvement is to add an insert transformer to minimize losses, to add an insert transformer to place the insert transformer in parallel with the T16 transformer and to use the capacity of the transformer installed on the Bawal Feeder Arengka Department, which is 200 kV so that the load on the insert transformer is not overload so that the insert transformer can operate optimally. The second stage of repair is carrying out maintenance with the Preventive Maintenance method, the maintenance carried out is checking the transformer temperature, oil, ambient temperature and the area around the transformer. As a result, after the addition of the loading insert transformer, the distribution transformer (T16) decreased by 50,2 kV and the power losses decreased by a total of 0.129 MW for active power and 0.058 for reactive power. The result after Preventive Maintenance are the carried out that transformer temperature, oil and the area around the transformer is clean. So it was concluded, the loading of the T16 after carrying out the repair meets the standard of "SPLN No.17 of 2014 the standard of transformer loading is only allowed 80% of the total capacity of the transformer".

Keywords: *Overload, Power losses, Insert Transformer, Preventive Maintenance, ETAP 12.6.0 Software, Power Transformer, Distribution Transformer*



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 Penurunan Rugi-Rugi Daya Dengan Penambahan dan Pemeliharaan Transformator Pada Saluran Distribusi 20 kV (Studi Kasus: PT.PLN (Persero) UP3 Pekanbaru)**”. 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 setulusnya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Alm. Ayah, Ibu, Kakak, Abang 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. Drs. Hartono., B.A., M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini ST MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Sutoyo ST, MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro



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.

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.

7. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom selaku ketua sidang Tugas Akhir yang telah mengingatkan kembali untuk terus belajar tentang Agama Islam.

8. Ibu Novi Gusnita ST.,MT selaku 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. Liliana ST.,M.,Eng Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta memotivasi penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir

10. Ibu Novi Gusnita ST., MT selaku Dosen penguji I yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

11. Ibu Marhamah jelita S.Pd., M.,Sc selaku Dosen penguji II yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

12. 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.

13. Pimpinan, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

14. Bapak Al-Verus Ummari selaku Supervisor PT. PLN (PERSERO) UP3 Pekanbaru, Provinsi Riau, atas ilmu, saran dan bimbingan nya kepada



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.

saya.

15. Novia Rini, Julian Milano, dan Teguh Rahayu yang selalu memberikan support dan 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 01 April 2022

Rahmatul Ilal Ardi

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------------|-------------|
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | I-5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | I-5 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | I-5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | I-6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | II-1 |
| 2.1 Penelitian Terkait | II-1 |
| 2.2 Landasan Teori..... | II-5 |
| 2.2.1 Pembangkit Tenaga Listrik..... | II-5 |
| 2.2.2 Pembangkit..... | II-6 |
| 2.2.3 Transmisi | II-6 |
| 2.2.4 Distribusi | II-6 |
| 2.2.5 Klasifikasi Jaringan Distribusi..... | II-7 |
| 2.2.6 Jaringan Distribusi Primer..... | II-8 |
| 2.2.7 Jaringan Distribusi Sekunder..... | II-10 |
| 2.2.8 Transformator | II-10 |
| 2.2.8.1 Prinsip Kerja Transformator..... | II-11 |
| 2.2.8.2 Kapasitas Tranformator | II-12 |
| 2.2.8.3 Gardu Sisip | II-12 |
| 2.2.9 Daya Listrik | II-13 |
| 2.2.9.1 Daya Semu..... | II-14 |
| 2.2.9.2 Daya Aktif | II-14 |
| 2.2.9.3 Daya Reaktif..... | II-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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University Sultan Syarif Kasim Riau

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.2.10 Rugi-Rugi Daya | II-15 |
| 2.2.10.1 Rugi-Rugi Daya Pada Transformator | II-15 |
| 2.2.10.2 Rugi-Rugi Saluran | II-16 |
| 2.2.11 Konduktor | II-18 |
| 2.2.12 Studi Aliran Daya | II-19 |
| 2.2.12.1 Metode Aliran Daya Newton Raphson | II-20 |
| 2.2.13 Software ETAP 12.6.0 (Electric Transient and Analysis Program) | III-1 |
| 2.2.14 Pemeliharaan Transformator Distribusi | II-28 |
| 2.2.14.1 Pengertian Pemeliharaan | II-28 |
| 2.2.14.2 Jenis-Jenis Pemeliharaan | II-28 |
| 2.2.14.3 Langkah-Langkah Preventive Maintenance | II-29 |

BAB III METODE PENELITIAN III-1

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 3.1 Jenis Penelitian..... | III-1 |
| 3.2 Lokasi Penelitian..... | III-1 |
| 3.3 Tahapan penelitian | III-1 |
| 3.4 Identifikasi Masalah..... | III-3 |
| 3.5 Studi Literatur | III-3 |
| 3.6 Pengumpulan Data Sekunder | III-3 |
| 3.7 Simulasi Sebelum Penambahan Transformator Baru (sisip) Dengan Software ETAP 12.6..... | III-7 |
| 3.7.1 Input Data Jaringan..... | III-7 |
| 3.8 Simulasi Setelah Penambahan Transformator Baru (sisip) Menggunakan Software ETAP 12.6..... | III-11 |
| 3.8.1 Menentukan Letak Trafo | III-12 |
| 3.8.2 Kapasitas Trafo Sisip..... | III-12 |
| 3.8.3 Beban Peralihan Pada Trafo Sisip | III-12 |

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. 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.

| | | |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 3.9 | Pemeliharaan <i>Preventive Maintenance</i> Pada Trafo | III-12 |
| 3.9.1 | Pemeriksaan Nameplate Trafo..... | III-12 |
| 3.9.2 | Pemeriksaan Temperatur Minyak Trafo..... | III-13 |
| 3.9.3 | Pemeriksaan Magnetic Oil Level Conservator | III-13 |
| 3.9.4 | Pemeriksaan Suhu Lingkungan | III-13 |
| 3.9.5 | Pemeriksaan Cooling System (Sistem Pendingin) | III-13 |
| 3.9.6 | Membersihkan Body Trafo Bagian Luar..... | III-13 |
| 3.9.7 | Membersihkan Area Sekitaran Trafo | III-13 |
| 3.9.8 | Pengaruh Penurunan Rugi-Rugi Daya Setelah Dilakukan <i>Preventive Maintenance</i> Pada Trafo..... | III-14 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | IV-1 |
| 4.1 | Hasil dan Analisis Rugi-Rugi Daya Sebelum dilakukan Penambahan Transformator Baru (trafo sisip) | IV-1 |
| 4.1.1 | Hasil dan Analisis Masing-Masing Beban Trafo Distribusi Pada Penyulang Bawal Jurusan Arengka Sebelum Penambahan Trafo Sisip..... | IV-3 |
| 4.1.2 | Hasil dan Analisis Total Beban Penyulang Bawal Jurusan Arengka Sebelum Penambahan Trafo Sisip..... | IV-5 |
| 4.1.3 | Hasil dan Analisis Rugi-Rugi Daya (<i>losses</i>) Pada Penyulang Bawal Jurusan Arengka Sebelum Penambahan Trafo Sisip..... | IV-6 |
| 4.2 | Hasil dan Analisis Rugi-Rugi Daya Setelah dilakukan Penambahan Transformator Baru (trafo sisip) | IV-7 |
| 4.2.1 | Tahapan Penambahan Transformator Baru (trafo sisip)..... | IV-7 |
| 4.2.1.1 | Hasil Peletakkan Transformator Baru (Trafo Sisip)..... | IV-7 |
| 4.2.1.2 | Hasil Kapasitas Transformator Baru (Trafo Sisip)..... | IV-8 |
| 4.2.1.3 | Hasil Beban Peralihan Transformator Baru (Trafo Sisip) | IV-9 |
| 4.2.2 | Hasil dan Analisis Rugi-Rugi Daya Setelah dilakukan Penambahan Transformator Baru (trafo sisip)..... | IV-10 |



| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.2.1 Hasil dan Analisis Masing-Masing Beban Trafo Distribusi Setelah Dilakukan Penambahan Trafo Sisip Pada Peyulang Bawal Jurusan Arengka | IV-11 |
| 4.2.2.2 Hasil dan Analisis Total Beban Setelah Penambahan Trafo Sisip Pada penyulang Bawal Jurusan Arengka..... | IV-12 |
| 4.2.2.3 Hasil dan Analisis Rugi-Rugi Daya (losses) Setelah Penambahan Trafo Sisip Pada Penyulang Bawal Jurusan Arengka | IV-13 |
| 4.3 Hasil dan Analisis Perbandingan Rugi-Rugi Daya Sebelum dan Setelah Penambahan Trafo Sisip..... | IV-14 |
| 4.4 Hasil dan Analisis <i>Preventive Maintenance</i> Pada Transformator..... | IV-15 |
| 4.4.1 Hasil dan Analisis Pemeriksaan Nameplate Trafo | IV-16 |
| 4.4.2 Hasil dan Analisis Pemeriksaan Temperatur Minyak Trafo | IV-16 |
| 4.4.3 Hasil dan Analisis Pemeriksaan <i>Magnetic Oil Conservator</i> | IV-17 |
| 4.4.4 Hasil dan Analisis Pemeriksaan Suhu Lingkungan | IV-17 |
| 4.4.5 Hasil dan Analisis Pemeriksaan <i>Cooling System</i> (Sistem Pendingin).. | IV-17 |
| 4.4.6 Hasil dan Analisis Pembersihan <i>Body</i> Trafo Bagian Luar | IV-17 |
| 4.4.7 Hasil dan Analisis Pembersihan Area Sekitaran Trafo | IV-18 |
| 4.4.8 Hasil dan Analisis Pengaruh Penurunan Rugi-Rugi Daya Setelah Dilakukan <i>Preventive Maintenance</i> Pada Trafo..... | IV-18 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | V-1 |
| 5.1 Kesimpulan | V-1 |
| 5.2 Saran..... | V-1 |
| DAFTAR PUSTAKA | 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.



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------|-------------------------------------------------------------------------|--------|
| 2.1 | Skema Sistem Tenaga Listrik | II-5 |
| 2.2 | Konfigurasi Sistem Jaringan Radial | II-9 |
| 2.3 | Konfigurasi Sistem Jaringan Loop | II-9 |
| 2.4 | Konfigurasi Sistem Jaringan Spindel | II-10 |
| 2.5 | Jaringan Distribusi Sekunder..... | II-10 |
| 2.6 | Prinsip Kerja Transformator..... | II-11 |
| 2.7 | Diagram Line Transformator Sisipan | II-13 |
| 2.8 | Gambar Segitiga Daya..... | II-13 |
| 2.9 | Jenis Konduktor Listrik | II-19 |
| 2.10 | Gambar Elemen-elemen AC di ETAP..... | II-25 |
| 2.11 | Simbol Transformator..... | II-25 |
| 2.12 | Simbol Load | II-25 |
| 2.13 | Simbol Pemutus Tegangan | II-25 |
| 2.14 | Simbol Bus | II-26 |
| 2.15 | Tampilan Lembar Kerja ETAP 12.6.0..... | II-26 |
| 2.16 | Pemilihan Standar pada ETAP 12.6 | II-27 |
| 2.17 | Single Line Diagram Sederhana Distribusi | II-27 |
| 2.18 | Pendingin Tipe ONAN | II-32 |
| 2.19 | Pendingin ONAF..... | II-33 |
| 3.1 | Diagram Alir Penelitian..... | III-2 |
| 3.2 | Single Line Diagram Gardu Induk Garuda Sakti | III-3 |
| 3.3 | Input Sumber Tegangan Ideal Di Software ETAP 12.6 | III-8 |
| 3.4 | Rangkaian Penyulang Bawal Jurusan Arengka pada Software ETAP 12.6. | III-8 |
| 3.5 | Input Daya Transformator Daya Pada Software ETAP 12.6..... | III-9 |
| 3.6 | CB (Circuit Breaker) | III-9 |
| 3.7 | Input Data Saluran Pada Software ETAP 12.6.0..... | III-10 |
| 3.8 | Input Data Transformator Distribusi Pada Software ETAp 12.6.0 | III-10 |
| 3.9 | Input Data Beban pada software ETAP 12.6.0..... | III-11 |
| 4.1 | Rangkaian Simulasi Awal Sebelum Dilakukan Penambahan Trafo Sisip | IV-2 |
| 4.2 | Data Beban Transformator Penyulang Bawal Jurusan Arengka | IV-4 |
| 4.3 | Nameplate ETAP 12.6 Transformator T16 | IV-4 |

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.4 | Peletakkan Transformator Baru (Trafo Sisip) | IV-8 |
| 4.5 | Rangkaian Simulasi Setelah Dilakukan Penambahan Trafo Sisip | IV-10 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. 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.

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





DAFTAR TABEL

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.1 Sifat Logam Penghantar | II-19 |
| 2.2 Perbedaan Metode Gauss-Seidel, Newton Raphson dan Fast Decoupled[24] | II-20 |
| 3.1 Spesifikasi Transformator..... | III-4 |
| 3.2 Jenis Penghantar Penyulang | III-5 |
| 3.3 Panjang Saluran Penghantar Penyulang | III-5 |
| 3.4 Data Komponen ETAP 12.6..... | III-6 |
| 3.5 Data Beban Puncak Penyulang..... | III-7 |
| 4.1 Tabel Masing-Masing beban trafo distribusi pada Penyulang Bawal | IV-3 |
| 4.2 Tabel total beban penyulang Bawal Jurusan Arengka..... | IV-5 |
| 4.3 Tabel rugi-rugi daya (losses) pada Penyulang Bawal Jurusan Arengka | IV-6 |
| 4.4 Tabel Hasil Kapasitas Transformator Baru (trafo sisip)..... | IV-8 |
| 4.5 Tabel Hasil Beban Peralihan Transformator Baru (Trafo Sisip)..... | IV-9 |
| 4.6 Tabel masing-masing beban trafo distribusi setelah dilakukan penambahan trafo sisip pada Penyulang Bawal Jurusan Arengka..... | IV-11 |
| 4.7 Tabel total beban setelah penambahan trafo sisip pada penyulang Bawal Jurusan Arengka | IV-12 |
| 4.8 Tabel analisis rugi-rugi daya (losses) setelah penambahan trafo sisip pada penyulang Bawal Jurusan Arengka | IV-13 |
| 4.9 Hasil dan Analisis Rugi-Rugi Daya (losses) sebelum penambahan trafo sisip..... | IV-14 |
| 4.10 Hasil dan Analisis Rugi-Rugi Daya (losses) setelah penambahan trafo sisip | IV-14 |

- 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

| | |
|-------------------------------------------------------|-------|
| 2.1 Arus Maksimal Yang Dapat Mengalir Pada Trafo..... | II-12 |
| 2.2 Daya Semu Sistem Satu Fasa..... | II-14 |
| 2.3 Daya Semu Sistem Tiga Fasa 1..... | II-14 |
| 2.4 Daya Semu Sistem Tiga Fasa 2..... | II-14 |
| 2.5 Daya Aktif Sistem Satu Fasa..... | II-14 |
| 2.6 Daya Aktif Sistem Tiga Fasa 1..... | II-14 |
| 2.7 Daya Aktif Sistem Tiga Fasa 2..... | II-14 |
| 2.8 Daya Reaktif Sistem Satu Fasa..... | II-15 |
| 2.9 Daya Reaktif Sistem Tiga Fasa 1..... | II-15 |
| 2.10 Daya Reaktif Sistem Tiga Fasa 2..... | II-15 |
| 2.11 Efisiensi Pada Saluran Distribusi..... | II-15 |
| 2.12 Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem Satu Fasa..... | II-16 |
| 2.13 Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem Tiga Fasa..... | II-16 |
| 2.14 Rugi-Rugi Daya Reaktif Sistem Satu Fasa..... | II-17 |
| 2.15 Rugi-Rugi Daya Reaktif Sistem Tiga Fasa..... | II-17 |
| 2.16 Perhitungan Rugi Tembaga..... | II-17 |
| 2.17 Rugi-Rugi Arus Eddy..... | II-17 |
| 2.18 Rugi-Rugi Hysteresis..... | II-18 |
| 2.19 Impedansi Jaringan..... | II-21 |
| 2.20 Admitans Jaringan..... | II-21 |

- Hak Cipta Pindai dan Unggah yang 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.



| | |
|------------------------------------------|-------|
| 2.21 Resistansi Jaringan..... | II-21 |
| 2.22 Daya Terjadwal Pada Setiap Bus..... | II-21 |
| 2.23 <i>Mismatch Power</i> | II-21 |
| 2.24 <i>Matriks Jacobian 1</i> | II-22 |
| 2.25 <i>Matriks Jacobian 2</i> | II-22 |
| 2.26 <i>Slack Bus</i> | II-22 |
| 2.27 Aliran Daya Hantar Antar Bus 1..... | II-22 |
| 2.28 Aliran Daya Hantar Antar Bus 2..... | II-22 |
| 2.29 Rugi-Rugi Daya Antar Bus..... | II-23 |
| 2.30 Gradien Titik Panas..... | II-34 |
| 2.31 Kenaikan Suhu Titik Panas..... | II-35 |
| 2.32 Suhu lingkungan..... | II-35 |
| 2.33 Laju Penuaan Relatif..... | II-36 |
| 2.34 Susut Umur Penuaan Relatif..... | II-36 |
| 2.35 Umur Transformator..... | II-36 |

2. Dilarang mengumumkan 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 membantukan 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 Diilangi dan Janda



DAFTAR LAMBANG

| | |
|----------------|------------------------------------|
| V | : Tegangan |
| °C | : Celcius |
| Ω | : Ohm |
| °K | : Kelvin |
| S | : Daya Semu |
| V _P | : Tegangan Fase-Netral |
| V _L | : Tegangan Fase-Fase |
| IP | : Arus Fase-Netral |
| I _L | : Arus Fase-Fase |
| P | : Daya Aktif |
| Q | : Daya Reaktif |
| S | : Daya Semu |
| cos θ | : Faktor Daya |
| V _s | : Tegangan Kirim |
| V _R | : Tegangan Terima |
| ΔV | : Jatuh Tegangan |
| Prugi-rugi | : Rugi-Rugi Daya Aktif |
| Qrugi-rugi | : Rugi-Rugi Daya Reaktif |
| R | : Resistansi |
| I | : Arus |
| X _L | : Reaktansi Induktif |
| X _c | : Reaktansi Kapasitiff : Ferkuensi |



: Kapasitas kapasitor bank

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
QC

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. 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 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> |
| MW | : MegaWatt |
| Mvar | : MegaVarr |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran A-1 Single Line Diagram Gardu Induk Garuda Sakti..... | A-1 |
| Lampiran B-1 Single Line Diagram Penyulang Bawal..... | B-1 |
| Lampiran C-1 Rangkaian Penyulang Bawal Jurusan Arenga Pada ETAP 12.6..... | C-1 |
| Lampiran C-2 Rangkaian Penyulang Bawal Setelah Penambahan Trafo Sisip..... | C-2 |
| Lampiran D-1 Data Pengukuran Trafo Distribusi Penyulang Bawal..... | D-1 |
| Lampiran E-1 Hasil Running Total Beban Penyulang Bawal Sebelum Penambahan Trafo Sisip Menggunakan Software ETAP 12.6..... | E-1 |
| Lampiran F-1 Hasil Running Rugi-Rugi Daya Sebelum Penambahan Trafo Sisip Menggunakan Software ETAP 12.6..... | F-1 |
| Lampiran G-1 Hasil Running Total Beban Penyulang Bawal Setelah Penambahan Trafo Sisip Menggunakan Software ETAP 12.6..... | G-1 |
| Lampiran H-1 Hasil Running Rugi-Rugi Daya Setelah Penambahan Trafo Sisip Menggunakan Software ETAP 12.6..... | H-1 |
| Lampiran I-1 Pemeliharaan Area Sekitaran Trafo Distribusi..... | I-1 |
| Lampiran J-1 Data Pengukuran Suhu Trafo, Isolasi, dan Bushing Pada Transformator Distribusi Di Penyulang Bawal Jurusan Arengka..... | J-1 |
| Lampiran K-1 Data Pengukuran Suhu Trafo, Isolasi, dan Bushing Pada Transformator Distribusi Di Penyulang Bawal Jurusan Arengka..... | K-1 |
| Lampiran L-1 Data Pengukuran Suhu Trafo, Isolasi, dan Bushing Pada Transformator Distribusi Di Penyulang Bawal Jurusan Arengka..... | L-1 |

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan bantukan 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 salah satu tenaga yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat, perkantoran, industri, dan lain sebagainya, segala aktifitas yang berkaitan dengan kebutuhan sehari-hari tidak terlepas dari kebutuhan akan energi listrik, karena tenaga listrik adalah kebutuhan yang pokok bagi kehidupan masyarakat modern. Selain itu, tenaga listrik merupakan salah satu tolak ukur perkembangan suatu daerah, semakin berkembangnya suatu daerah, maka kebutuhan tenaga listrik juga semakin meningkat [1]. Sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga bagian yaitu, sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pada sistem tenaga listrik bagian yang berhubungan langsung dengan pelanggan yaitu sistem distribusi.

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 380V. Pada sebuah penyulang terdapat cabang-cabang 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 fasa dan sistem tiga fasa. Adapun gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem distribusi ialah rugi daya listrik.

Rugi daya listrik adalah berkurangnya pasokan daya yang dikirimkan oleh sumber ke beban. Artinya daya yang hilang akibat susut daya yang dibangkitkan namun tidak terjual. Rugi daya listrik dibedakan menjadi dua kategori yaitu, rugi daya teknis dan rugi daya *non* teknis. Rugi daya teknis adalah rugi daya yang di akibatkan oleh faktor *internal* seperti pengguna material dalam sistem yang tidak memenuhi standar kebutuhan sistem, jarak antara pembangkit dan konsumen yang berjauhan, dan beban yang besar, sedangkan rugi daya *non* teknis disebabkan oleh faktor *eksternal* seperti gangguan binatang yang menyebabkan gangguan hubung singkat sehingga terjadinya pemadaman listrik. Rugi daya tentunya dapat merugikan pihak penyedia daya listrik dalam hal ini PT.PLN (Persero).



Pada PT.PLN (Persero) bagian yang mengurus distribusi daya listrik ke pelanggan, merupakan bagian dari Unit Pelayanan (UP) [4].

Penelitian ini dilakukan disalah satu unit pelayanan (UP) 3 Pekanbaru. Dalam hal ini peneliti menganalisa rugi-rugi daya listrik yang terjadi di PT.PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, dimana data jaringan yang di ambil adalah jaringan kota Pekanbaru bagian Barat atau rayon kota Barat. Jaringan distribusi di kota Barat di suplai dari gardu induk (GI) Garuda Sakti yang terletak di Jl. Air Hitam Panam Pekanbaru. Jaringan distribusi di kota Barat di suplai dari Gardu Induk (GI) Garuda Sakti dengan memiliki 5 penyulang, penyulang tersebut ialah penyulang Bawal, penyulang Salmon, penyulang Belanak, penyulang Etna, dan penyulang Teri. Dimana setiap penyulang memiliki beban, panjang saluran, dan jenis kabel/penghantar yang digunakan berbeda tiap penyulang. Pada penyulang Bawal memiliki beban yang di suplai sebesar 171 Ampere atau 160,85 kVA, jaringan tegangan menengah (JTM) pada penyulang Bawal menggunakan penghantar jenis AAAC dengan luas penampang $150 = mm^2$ panjang saluran 21,65 kms [11].

Pada Gardu Induk Garuda Sakti terdapat 5 penyulang, peneliti mengambil 1 penyulang untuk dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu penyulang Bawal. Alasan penyulang Bawal memiliki beban puncak yang cukup besar yaitu 171 A atau 160,85 kVA pada panjang saluran yang dimiliki 21,65 kms di antara 5 penyulang tersebut penyulang Bawal yang memiliki panjang saluran yang terpanjang, itu sangat memungkinkan untuk terjadinya rugi daya yang besar diantara penyulang lain [11].

Tujuan penelitian ini ialah menganalisis rugi – rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV di Gardu Induk (GI) Garuda Sakti Rayon Kota Barat Pekanbaru, menganalisis kerugian daya pada penyulang yang dipilih di antara 5 penyulang yang ada pada Gardu Induk (GI) Garuda Sakti yaitu penyulang Bawal. Adapun masalah-masalah yang didapatkan pada penelitian ini ialah peralatan yang sudah berumur mengakibatkan kerugian daya terjadi, dan beban berlebih (*Overload*) [11].

Sejauh ini solusi dalam penanganan rugi daya teknis berdasarkan penelitian terkait dapat dilakukan dengan rekonfigurasi jaringan [1]. Rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan dengan merubah kondisi jaringan lama ke kondisi yang baru. Menambah gardu hubung [2][3][4]. Dengan penambahan gardu hubung (GH) dapat mengurangi rugi daya melalui pembagian beban pada GH. Melakukan tindakan pemeliharaan [2], dengan melakukan pemeliharaan peralatan yang tidak berfungsi dengan baik dapat diganti. Memperluas



penampang saluran [2][5], dengan memperluas penampang saluran hambatan yang terjadi menjadi berkurang. Penambahan trafo distribusi [3][4], dapat memperbaiki kualitas tegangan sehingga dapat meminimalisir rugi daya. Selanjutnya dapat melakukan dengan pemeliharaan transformator.

Adapun pemeliharaan transformator terdapat beberapa metode yang biasa dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Diantara, metode *Predictive* dan *Breakdown Maintenance*. *Predictive Maintenance* (Pemeliharaan Kondisional) adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan, sedangkan metode *Breakdown Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan mendesak yang waktunya tidak tertentu, tidak tertentu disini maksudnya bisa terjadi sewaktu-waktu kerusakan seperti adanya kecelakaan atau bencana alam yang kita sendiri tidak bisa memprediksi [4].

Saat ini pihak PLN telah melakukan upaya meminimalisir rugi daya terutama pada penyulang Bawal dengan melakukan tindakan rekonfigurasi jaringan (*express feeder*). Dalam upaya ini masih terdapat kekurangan dari segi teknis. Salah satunya adanya beberapa trafo yang *overload* (beban lebih), pada penyulang Bawal Jurusan Arengka terdapat 14 trafo unit dimana pada trafo T16 mengalami beban berlebih yang mana kapasitas maksimal yang bisa ditanggung oleh trafo tersebut adalah 200 kVA, sementara pembebanan trafo saat ini adalah 205 kVA maka trafo T16 mengalami *overload*. Hal ini tentunya akan memperbesar rugi-rugi daya pada penyulang Bawal. sehingga perlu menjadi perhatian khusus dalam meminimalisir rugi-rugi daya [11].

Berdasarkan permasalahan dan berbagai solusi yang dijelaskan, maka perlu dilakukan suatu penelitian lebih lanjut mengenai rugi daya listrik pada penyulang Bawal. Mengingat beban penyulang semakin tinggi dan adanya trafo yang *overload* (beban lebih) tentunya dapat memperbesar terjadinya rugi daya listrik. Adapun pengembangan yang diberikan pada penelitian ini ialah metode yang diberikan dan solusi terbaik untuk mengatasi masalah rugi-rugi daya yang terjadi di Rayon Kota Barat Pekanbaru, metode yang digunakan untuk analisa aliran daya yaitu metode *Newton Raphson* dan metode yang digunakan untuk pemeliharaan yaitu metode *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan berdasarkan waktu). Solusi yang terbaik didapatkan oleh peneliti yaitu penambahan trafo baru di penyulang Bawal dan pemeliharaan secara berkala. Kontribusi ini memungkinkan



untuk melakukan tindakan terjadinya rugi-rugi daya atau dapat meminimalisir kerugian daya.

Tahap pertama yaitu meminimalisir rugi-rugi daya dengan melakukan penambahan transformator baru (trafo sisip). Pada tahap ini dimana pada trafo T16 yang mengalami *Overload* dengan pembebanan 102,5 kV akan dilakukan pemindahan beban sebesar 50% ke trafo sisip, dasar pemindahan beban ini dikarenakan untuk mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi di penyulang Bawal Jurusan Arengka, oleh karena itu 50% beban dari trafo T16 akan dipindahkan ke trafo sisip. Transformator T16 yang mengalami *Overload* nantinya akan dipararelkan dengan trafo sisip, sehingga transformator yang mengalami *Overload* bebannya menjadi berkurang dan dapat beroperasi dengan optimal, kelebihan penelitian ini dengan penelitian [1] ialah pada penelitian [1] menggunakan metode rekonfigurasi jaringan, rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan dengan merubah kondisi jaringan lama ke kondisi yang baru, yang mana pada penelitian [1] ini terdapat kekurangan dari segi teknis yaitu masih adanya trafo yang mengalami *Overload* (beban berlebih), maka dari itu suatu pengembangan dari penelitian ini dengan menggunakan solusi penambahan trafo sisip guna mengatasi masalah *Overload* (beban berlebih) agar dapat meminimalisir rugi-rugi daya yang terjadi.

Tahap kedua yaitu melakukan pemeliharaan pada transformator distribusi di penyulang Bawal Jurusan Arengka dengan metode *Preventive Maintenance*. Pada tahap ini transformator akan dilakukan pemeliharaan secara berkala dan terjadwal, dimana pemeliharaan yang dilakukan ialah melakukan pengecekan suhu trafo, suhu minyak trafo, suhu tangki trafo, suhu lingkungan dan area disekitaran trafo. Tahapan pemeliharaan dilakukan dalam kurun waktu 3 bulan 1 kali guna untuk melakukan pemeriksaan, pengukuran dan pengujian, oleh karena itu *Preventive Maintenance* sangat berguna untuk melakukan tindakan terjadinya rugi-rugi daya yang besar pada penyulang Bawal Jurusan Arengka. Kelebihan penelitian ini dengan penelitian [6][7] ialah pada metode yang digunakan yaitu *Predictive Maintenance* [6] dan *Breakdown Maintenance* [7] yang mana pada metode ini dilakukan pemeliharaan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan [6] dan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada transformator, hal ini terdapat kekurangan yaitu masih banyaknya trafo-trafo yang sering terjadi kerusakan bahkan kebakaran akibat suhu terlalu panas, oleh karena itu dengan pengembangan penelitian ini dengan dilakukannya metode *Preventive Maintenance* (terjadwal)



transformator yang ada di penyulang Bawal akan termonitoring secara terjadwal dan dapat mengatasi masalah trafo-trafo yang mengalami kerusakan dan kebakaran akibat suhu terlalu panas.

Dari permasalahan dan solusi yang telah di uraikan, maka perlu sebuah penelitian upaya meminimalisir rugi-rugi daya dengan solusi yang tepat pada penyulang Bawal. Upaya perbaikan ini harus cepat dilakukan karena beban yang semakin meningkat dan adanya transformator yang mengalami *overload*, sehingga dapat menyebabkan kerugian bagi pihak PLN (Persero) sebagai penyedia energi listrik. Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Penurunan Rugi – Rugi Daya Dengan Penambahan dan Pemeliharaan Transformator Pada Saluran Distribusi 20 kV (Studi Kasus: PT.PLN (Persero) UP3 Pekanbaru)**”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka didapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besarnya rugi – rugi daya pada penyulang Bawal kondisi *eksisting* saat ini
2. Bagaimana pengaruh penambahan transformator baru untuk penurunan rugi – rugi daya pada penyulang Bawal
3. Bagaimana cara melakukan Metode *Preventive Maintenance* (Berdasarkan Waktu) pada transformator daya pada penyulang Bawal

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menganalisis berapa besar rugi – rugi daya yang terjadi pada saluran di penyulang Bawal
2. Menganalisis pengaruh penambahan transformator baru dalam meminimalisir rugi – rugi daya pada penyulang Bawal
3. Menganalisis pemeliharaan yang dilakukan pada transformator di penyulang Bawal

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak melebar dari pembahasan, maka penulis akan membatasi permasalahannya. Adapun batasan masalahnya sebagai berikut :

1. Penelitian hanya dilakukan pada penyulang 20 kV di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru Rayon Kota Barat Pekanbaru



2. Mensimulasikan rugi daya dengan *Software* ETAP 12.6.0 mengenai rugi daya listrik.
3. Analisis dilakukan pada beban puncak dan penyulang bawal
4. Pemeliharaan yang dilakukan hanya berdasarkan manual book trafo
5. Kapasitas Transformator digunakan dengan kapasitas yang terpasang pada penyulang Bawal Jurusan Arengka

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis
Dapat mengaplikasikan perangkat lunak ETAP 12.6.0 dalam menganalisis rugi-rugi daya pada jaringan distribusi
2. Bagi lembaga pendidikan
Dapat dijadikan sumber referensi bagi pihak yang membutuhkan.
3. Bagi perusahaan
Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan penambahan trafo baru dan pemeliharaan untuk meminimalisir kerugian daya.

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 mengummumkan 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 ini, dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk mencari rujukan dan referensi dari penelitian yang berhubungan khusus atau permasalahan yang akan diselesaikan dari tugas akhir, artikel, dan jurnal yang berkaitan. Rujukan ini didapatkan dari jurnal, buku ataupun *paper* yang berhubungan dengan penelitian ini.

Dalam penelitian ini peneliti merangkum beberapa referensi terkait analisa rugi-rugi daya, Pada penelitian [1] yang berjudul “Rekonfigurasi sistem distribusi 20 KV Gardu Induk Teluk Lembu Dan PLTMG Langgam Power Untuk Mengurangi Rugi Daya Dan Drop Tegangan”, tujuan dari penelitian ini untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sepanjang jalan lintas timur Kabupaten Pelalawan meliputi daerah Kulim, Pasir Putih, Sei Kijang sampai dengan pangkalan kerinci. Berdasarkan hasil analisa pembahasan dan perhitungan menggunakan program ETAP 7.5 tegangan terendah pada saluran Feeder Cemara terdapat pada trafo TR.1064 sebesar 16,27 kV sedangkan tegangan terendah pada Feeder Langgam pada trafo SP.26 sebesar 19,87 kV dengan rugi daya total sebesar 731,04 kW. Setelah dilakukan rekonfigurasi, maka rekonfigurasi 2 tegangan rendah Feeder Cemara terdapat pada trafo TR.1102 sebesar 18,70 kV, pada saluran Feeder Langgam yaitu pada trafo SP.26 sebesar 19,05 kV dan pada saluran Feeder Pasir Putih trafo ST.262 sebesar 18,78 kV dengan rugi daya total sebesar 410,65 kW. Penghematan rugi daya total diperoleh sebesar 320,39 kW[1]

Penelitian [2] yang berjudul “Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Manado 2017”. Tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui pada jaringan distribusi jumlah energi listrik yang sampai ke beban tidak sama dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan karena terjadi susut atau rugi-rugi. Rugi-rugi daya pada jaringan sistem tenaga listrik juga disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga sistem fasa, panas yang timbul pada konduktor saluran maupun transformator, serta panas yang timbul pada sambungan konduktor yang buruk (*losscontact*). Perhitungan sangat sukar karena kondisi pembebanan sistem yang berbeda setiap saat sesuai dengan kebutuhan konsumen sistem tenaga listrik. Dengan demikian besar rugi-rugi daya berbeda dari waktu ke waktu, sehingga total rugi daya listrik setiap



bulan dan setiap harinya berbeda-beda, karena itu dibutuhkan suatu metode perhitungan yang akurat untuk menghitung rugi daya jaringan distribusi tegangan menengah di PT.PLN khusus Area Manado. Hasil dari penelitian ini didapatkan sebesar 1,962,051,492 kWh, hasil penelitian pada PT.PLN (Persero) Area Manado adalah sebesar 3,6% dibandingkan dengan standar presentase rugi teknis tegangan menengah yaitu 3.0%. kota Manado masih kelebihan 0,6% dan analisa diperoleh bahwa penyulang yang memiliki rugi teknis energi listrik paling besar adalah penyulang SR.1 dengan besar 444.788,19 kWh dan presentase 12,8% terhadap penyulang itu. Kemudian rugi teknis energi listrik yang paling kecil adalah SR.2 Bandara dengan besar 837,33 kWh dan presentase 0,13% terhadap penyulang itu sendiri.

Penelitian [3] yang berjudul “Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT.PLN (Persero) Palu”. Tujuan dari penelitian ini ialah mencakup sejauh mana besar jatuh tegangan di daerah Rayon Kota Palu, mengingat penyulang yang tersebar merupakan penyulang lama, berdasarkan data dari tahun 2009 sampai 2013 dimana diketahui terdapat banyak permasalahan dan kendala yang dihadapi oleh PT.PLN cabang Palu salah satunya jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang yang terdapat di Rayon kota yang di dukung 1 Gardu Induk (GI) yaitu Gardu Induk (GI) Talise. Sehingga dengan menambahkan Gardu Induk untuk kota palu cukup membantu permasalahan yang terjadi disana. Solusi dari penelitian ini ialah pemanfaatan gardu hubung maesa yang mana menanggung 6 feeder sekaligus dengan kata lain dengan menggunakan gardu hubung maesa maka tidak menutup kemungkinan untuk memperkecil kerugian daya pada kota Palu.

Penelitian [4] yang berjudul “Studi Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Primer 20 KV Di Kota Tahuna”. Tujuan dari penelitian ini mengetahui perhitungan jatuh tegangan untuk penyulang kota diperoleh hasil sebesar 11,51% dan untuk penyulang kolongan sebesar 10,185% maka dengan demikian jatuh tegangan untuk penyulang kota dan kolongan tidak memenuhi standard yang ditentukan PLN yaitu jatuh tegangan tidak boleh lebih dari 10%. Masalah pada penelitian ini ialah sistem jaringan pada kota Tahuna merupakan jaringan yang cukup lama seiring perkembangan ekonomi kota perlu peninjauan atau analisa kemampuan jaringan yang berada di kota Tahuna. Untuk itu diperlukan penanganan secepatnya untuk mengantisipasi pertumbuhan beban yang semakin tinggi. Setelah melakukan penelitian serta juga perhitungan pada jaringan distribusi primer 20 KV di Kota Tahuna khususnya pada penyulang Kota Tahuna dan



Kolongan hasil dari penyulang Kota yaitu sebesar 11,51% atau 2,303 kV, untuk penyulang Tona sebesar 9,66% atau 1,932 kV dan penyulang Kolongan yaitu sebesar 10,185% atau 2,037 kV. Penyusutan daya pada penyulang Kota yaitu sebesar 627,033 kW, untuk penyulang Tona yaitu sebesar 237,672 kW dan untuk penyulang Kolongan yaitu sebesar 1.431,49 kW. Solusi yang diberikan pada penelitian ini ialah penambahan gardu hubung di setiap penyulang kota dan kolongan.

Penelitian [5] yang berjudul “Analisa rugi tegangan jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Cabang Merauke”. Tujuan penelitian ini ialah menganalisis rugi tegangan yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV atau jaringan distribusi Primer, dimana masalah yang terjadi pada penelitian ini terjadinya rugi tegangan pada jaringan distribusi primer yang dipengaruhi oleh besar arus, luas penampang dan panjang saluran. Setelah dilakukan nya penelitian lebih lanjut peneliti menemukan solusi terhadap masalah ini ialah menghitung rugi tegangan pada jaringan distribusi primer dengan mengambil data arus beban puncak siang dan arus beban puncak malam, pada penyulang yang terpasang pada PT.PLN (Persero) Cabang Merauke dan menambah panjang saluran disetiap saluran agar dapat meminimalisir kerugian daya.

Penelitian [6] yang berjudul “*Maintenance Predictive*” pada transformator *Step-Down* AV 05 dengan kapasitas 150 kV di PT.Krakatau daya listrik”. Tujuan penelitian ini adalah melakukan *maintenance predictive* pada transformator *step-down* AV05 yang berada di PT. Krakatau daya listrik. Transformator adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, maka dari itu masalah yang terjadi pada pannelitian ini terdapatnya banyak trafo yang belum dilakukan pemeliharaan sehingga terjadinya rugi-rugi daya yang ditimbulkan dari factor eksternal seperti angin kencang. Solusi yang didapatkan dari penelitian ini yaitu melakukan sistem pemeliharaan pada trafo yang berada pada PT, Krakatau daya listrik. Untuk menjaga agar kinerja transformator tenaga tetap handal, diperlukan adanya sebuah pemeliharaan rutin. Pemeliharaan rutin ini dapat mendeteksi kerusakan atau kegagalan yang akan terjadi pada transformator secara dini, sehingga dapat dilakukan pencegahan kerusakan transformator tersebut secara dini.

Penelitian [7] yang berjudul “Pemeliharaan transformator daya 60 mVA di gardu induk bantul 150 kV dan analisis minyak transformator dengan menggunakan *Dissolved gas analysis* (DGA). Tujuan dari penelitian ini ialah melakukan perawatan dan



pemeliharaan transformator daya, dimana masalah yang terjadi pada penelitian ini menentukan apakah ada kelainan pada transformator yang ada pada gardu induk bantu. Dengan solusi melakukan pemeliharaan secara rutin dan uji DGA analisis kondisi transformator dilakukan berdasarkan jumlah gas terlarut dalam minyak transformator. Dalam penelitian ini penggunaan dan pemeliharaan analisis minyak transformator daya menggunakan DGA. Setelah dilakukan pengujian ada beberapa gas yang terdeteksi adalah nitrogen, karbon monoksida, karbon dioksida, etilena, etana dan TCG.”

Penelitian [8] yang berjudul “Analisa Penambahan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi *Overload* Pada Transformator DB0244 Di Penyulang Belangga”. Tujuan penelitian ini ialah membagi beban transformator DB0244 dengan transformator sisipan, berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini akan dibahas tentang permasalahan dan penempatan transformator distribusi pada penyulang sebelangga. Adapun solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan melakukan pemasangan transformator sisipan yang bertujuan untuk membagi beban dari transformator utama yaitu DB0244.

Penelitian [9] yang berjudul “Analisis Pemasangan Gardu Sisip Guna Mengurangi Beban Berlebih (*Overload*) Pada Transformator Distribusi Di PT.PLN (Persero) UP3 Yogyakarta”. Tujuan penelitian ialah melakukan upaya agar presentase pembebanan transformator distribusi tidak melebihi kapasitasnya dan mengetahui cara menghitung nilai jatuh tegangan pada tiang akhir transformator satu fasa. Dengan solusi pemasangan gardu sisip. Metode yang digunakan dengan mengambil data sekunder yang bersumber dari pengukuran beban transformator satu fasa.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka peneliti tertarik untuk melaksanakan penelitian pada penyulang 20 kV di Gardu Induk Garuda Sakti. Dalam hal ini peneliti mengangkat judul “**Analisis Penurunan Rugi Rugi Daya Dengan Penambahan Dan Pemeliharaan Transformator Pada Saluran Distribusi 20 kV (Studi Kasus : PT PLN (Persero) Up3 Pekanbaru)**”. Dalam penelitian ini penulis mengambil data beban yang dimiliki oleh PT.PLN (Persero) UP3 Pekanbaru rayon kota Barat meliputi *Single Line Diagram*, data beban puncak, panjang saluran penyulang, jenis penghantar penyulang, dan luas penampang. Penelitian ini dekat dengan penelitian [2][3][4][9], pada penelitian [2][3][4][9] sama-sama melakukan analisis rugi-rugi daya pada saluran distribusi. Pada



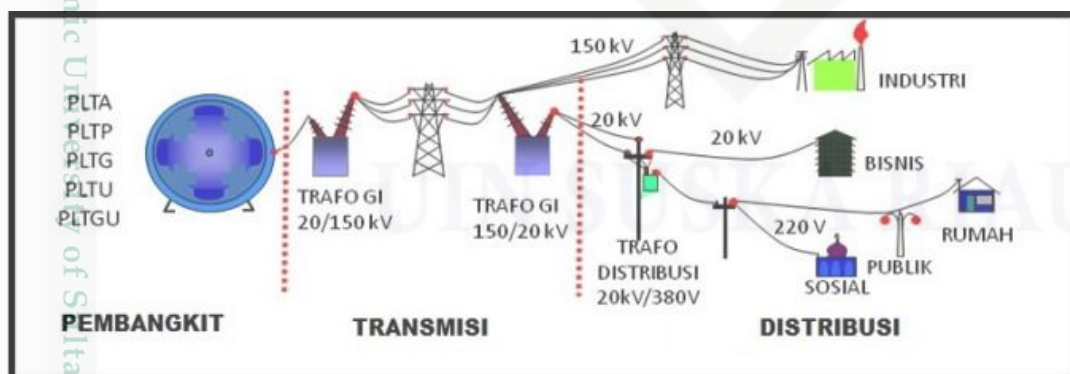
penelitian [2] bertujuan untuk menganalisis rugi-rugi daya pada setiap penyulang di Area Manado yang disebabkan pembebanan yang tidak seimbang. Pada penelitian [3] bertujuan untuk menganalisis rugi-rugi daya yang disebabkan oleh jatuh tegangan pada jaringan distribusi rayon Kota Palu. Penelitian [4] bertujuan untuk menganalisis rugi-rugi daya pada saluran distribusi primer 20 kV di Kota Tahuna yang disebabkan oleh penambahan beban dari tahun ke tahun. Sedangkan pada penelitian [9] bertujuan untuk menganalisis pemasangan gardu sisip guna mengurangi beban berlebih (*overload*) pada transformator distribusi PT.PLN Yogyakarta.

Pada penelitian ini juga melakukan analisis rugi-rugi daya seperti pada penelitian [2,3,4,9], perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan memberikan solusi penambahan trafo sisip untuk menurunkan rugi-rugi daya di sistem distribusi seperti pada penelitian [9]. Penambahan variable lainnya yaitu melakukan *Preventive Maintenance* untuk mencegah besarnya nilai rugi-rugi daya yang terjadi, dimana rujukan *Preventive Maintenance* dilakukan berdasarkan *Manual Book* PLN [11]

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang menjelaskan suatu proses listrik dari pembangkit hingga menuju beban yang paling tinggi yang saling berhubungan untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan. Sehingga didalam tenaga listrik terdiri dari 3 komponen utama yaitu Pembangkit, Transmisi, Distribusi dan Beban. Skema dari sistem tenaga listrik dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Skema Sistem Tenaga Listrik [9]



Pada Gambar 2.1 merupakan contoh skema karena jika ditinjau dari level tegangan pada transmisi tidak harus 150 kV, bisa 70 kV, 275 kV hingga 500 kV untuk di Indonesia. Pada Gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa sistem tenaga listrik diawali dengan pembangkitan, transmisi, distribusi hingga menuju beban. Fungsi dari 3 hal tersebut sebagai berikut.

2.2.2 Pembangkit

Pembangkit merupakan suatu proses konversi energi lain menjadi energi listrik. Pada dasarnya listrik dibangkitkan oleh generator yang digerakkan oleh beberapa jenis energy penggerak salah satunya adalah air, batu bara, panas bumi, dan angin. Pada sistem pembangkitan, level tegangan disesuaikan dengan spesifikasi generator pembangkit yang digunakan, biasanya menggunakan level tegangan yang lebih tinggi. Tenaga listrik yang dihasilkan pembangkit, tegangannya akan dinaikkan oleh trafo step-up untuk dikirimkan ke sistem interkoneksi transmisi [9].

2.2.3 Transmisi

Transmisi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berupa sejumlah konduktor yang dipasang membentang sepanjang jarak antara pusat pembangkit sampai pusat beban. Secara ringkas fungsi dari transmisi adalah menyalurkan tenaga listrik. Pada transmisi diperlukan efisiensi yang tinggi agar daya yang disalurkan tidak banyak hilang maka dipilih level tegangan yang lebih tinggi untuk disalurkan dikarenakan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan turun tegangan kecil pada saat penyaluran. Pada umumnya, level tegangan pada transmisi ≥ 70 kV [9].

2.2.4 Distribusi

Setelah proses penyaluran, maka tegangan kembali diturunkan di Gardu Idnuk sesuai kebutuhan untuk didistribusikan ke beban. Sehingga jaringan distribusi dalam operasinya tidak bisah dipisahkan dari GI sisi distribusi yang berada pada ujung transmisi yang berfungsi mengatur level tegangan transmisi sesuai dengan level tegangan distribusi untuk disalurkan ke beban. Beban adalah peralatan listrik di lokasi konsumen yang memanfaatkan energy listrik dari sistem tersebut. Beban dari konsumen terbagi atas beberapa klasifikasi tegangan mulai konsumen tegangan rendah (KTR), konsumen tegangan menengah (KTM), konsumen tegangan tinggi (KTT). Proses dimulai dari tegangan keluaran dari Gi sisi distribusi sebesar 20 kV yang kemudian menuju beban



konsumen 20 kV atau diturunkan oleh trafo pada tiang distribusi untuk konsumen 380V/220V. Namun untuk KTT, tegangan dari transmisi langsung disalurkan melalui bay penghantar pada Gardu Induk apabila tegangan sudah sesuai dengan beban KTT.

Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa sub-sistem diantaranya; sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Sistem distribusi dibedakan menjadi dua, yaitu sistem distribusi primer (tegangan menengah) dan sistem distribusi sekunder (tegangan rendah). Untuk tingkatan besarnya tegangan pada sistem tenaga listrik dibedakan menjadi kategori sebagai berikut:

1. Tegangan Ultra Tinggi (*Ultra High Voltage*) berkisar > 500 kV
2. Tegangan Ekstra Tinggi (*Ultra High Voltage*) berkisar 200 kV – 500 kV
3. Tegangan Tinggi (*High Voltage*) berkisar 30 kV – 150 kV
4. Tegangan Menengah (*Medium Voltage*) 6 kV – 20 kV
5. Tegangan Rendah (*Low Voltage*) 380 Volt/ 220 Volt atau 400 Volt/ 230 Volt

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah, 1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (Pelanggan), dan 2. merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (Pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi [9].

2.2.5 Klasifikasi Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut [9]

1. Berdasarkan tegangannya
 - a. Jaringan distribusi primer (tegangan menengah) adalah jaringan yang menyalurkan tenaga listrik berkisar 11 kV hingga 30 kV
 - b. Jaringan distribusi sekunder (tegangan rendah) adalah jaringan yang menyalurkan tenaga listrik berkisar $220/380$ Volt
2. Berdasarkan jenis tegangannya
 - a. Jaringan distribusi tegangan AC (*Alternating Current*) tegangan bolak-balik.
 - b. Jaringan distribusi tegangan DC (*Direct Current*) tegangan searah
3. Berdasarkan jenis konduktornya



- 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. Saluran udara, kawat udara (konduktor tanpa isolasi) dan kabel udara (konduktor berisolasi).
 - b. Saluran bawah tanah, dipasang dibawah tanah dengan penghantar kabel bawah tanah (*ground cable*).
 - c. Saluran bawah laut, dipasang didasar laut menggunakan kabel laut (*submarine cable*).
4. Berdasarkan konfigurasi salurannya
 - a. Saluran konfigurasi horizontal/vertikal, apabila kedudukan saluran membentuk garis horizontal/vertikal.
 - b. Saluran konfigurasi delta, apabila kedudukan saluran membentuk segitiga (delta).
 5. Berdasarkan sistemnya (susunan rangkaiannya)
 - a. Jaringan *radial*
 - b. Jaringan *spindle*
 - c. Jaringan NET
 - d. Jaringan *loop*

2.2.6 Jaringan Distribusi Primer

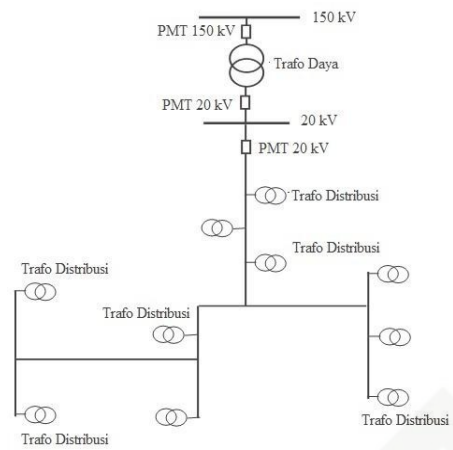
Jaringan distribusi primer atau sering juga disebut Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV. Jaringan ini dimulai dari sisi sekunder transformator daya hingga ke sisi primer transformator distribusi. Pola konfigurasi jaringan distribusi primer diantaranya konfigurasi sistem jaringan radial, konfigurasi jaringan sistem loop dan konfigurasi jaringan sistem spindle [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 ketitik beban yang akan disuplai. Konfigurasi jaringan sistem radial dapat dilihat pada gambardibawah ini [3].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

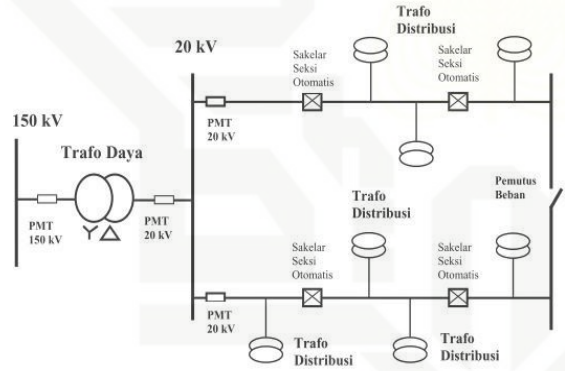
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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. 2 Konfigurasi Sistem Jaringan Radial [3]

2. Konfigurasi Sistem Jaringan Loop

Konfigurasi sistem jaringan loop adalah jaringan tertutup atau jaringan cincin. Tata letak rangkaian 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].



Gambar 2. 3 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 maksimalnya terdiri dari 6 penyulang (*feeder*) yang memiliki beban dan salah satunya penyulang tidak memiliki beban (*express feeder*). Konfigurasi jaringan spindel dapat dilihatpada gambar dibawah ini [3].

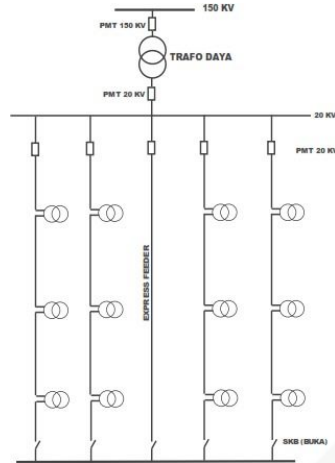


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

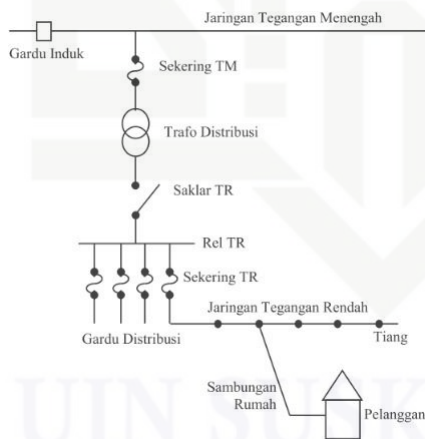
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 4 Konfigurasi Sistem Jaringan Spindel [3]

2.2.7 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 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. 5 Jaringan Distribusi Sekunder [3]

2.2.8 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]:

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. Transformator Daya

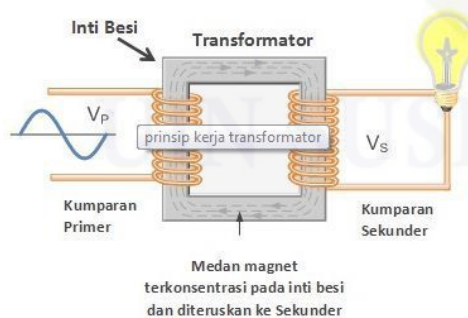
Transformator daya digunakan pada Gardu Induk (GI) yang merupakan sistem distribusi. Transformator daya merupakan jenis transformator penurun tegangan (*step down*). Transformator daya berfungsi untuk menurunkan tegangan dari sistem transmisi sekitar 70 kV- 500 kV menjadi tegangan 20 kV.

2. 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.

2.2.8.1 Prinsip Kerja Transformator

Hukum *Lorenzt* “Arus bolak-balik yang beredar mengelilingi inti besi mengakibatkan inti besi tersebut mengakibatkan menjadi magnet, apabila magnet tersebut dikelilingi suatu lilitan tersebut akan memiliki perbedaan tegangan pada kedua ujung lilitannya”



Gambar 2. 6 Prinsip Kerja Transformator [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.



Berdasarkan Hukum Lorentz pada saat lilitan primer diberi tegangan AC maka akan menimbulkan medan magnet pada inti trafo, medan magnet ini akan semakin kuat dengan adanya core inti besi dan menghantarkan medan magnet ke kumparan sekunder sehingga timbul GGL induksi pada sisi kumparan sekunder yang merupakan pelimpahan dari sisi primer.

2.2.8.2 Kapasitas Tranformator

Kapasitas transformator dapat dilihat pada nameplate transformator itu sendiri yang memiliki satuan kVA atau mVA. Pada prakteknya beban yang ditemui tidak selamanya bersifat resistif disana ada komponen induktif dan komponen kapasitif. Sehingga dengan adanya sifat beban tersebut, makan nilai Q pada segitiga daya akan muncul. Bisa minus ataupun plus. Dan segitiga daya pun bias mengarah ketas ataupun kebawah sesuai dengan sudut θ yang dibentuk akibat berubahnya nilai Q. Adapun cara mengetahui arus maksimal yang dapat mengalir pada trafo dengan persamaan 2.1 berikut: [10]

$$I = \frac{S \text{ (kVA)}}{\sqrt{3}xV_2} \dots\dots\dots(2. 1)$$

Keterangan :

- I : Arus Sekunder (A)
- S : Kapasitas Trafo (kVA)
- V₂ : Tegangan Sekunder Trafo (Volt)

2.2.8.3 Gardu Sisip

Gardu sisipan merupakan suatu metode yang digunakan oleh PT.PLN (Persero) selaku pihak penyedia pelayanan energi untuk menghindari kerugian yang terjadi pada gardu akibat dari transformator di gardu yang sudah ada sebelumnya dengan menyisipkan gardu baru. Terdapat alasan atau faktor yang digunakan oleh PT.PLN (Persero) menyisip gardu atau memasang trafo tambahan pada gardu sisip adalah [28]:

1. Transformator yang ada sebelumnya terjadi *overload*
Overload sendiri merupakan kondisi beban atau arus yang dipikul suatu transformator melebihi arus pembebanan penuh atau ketika *full load* sehingga mengakibatkan transformator mengalami peningkatan suhu/panas lalu belitan kawat yang terdapat dalam transformator tidak lagi sanggup menahan beban yang ditampung dan isolasi belitan terjadi kerusakan. Kapasitas beban terpasang pada



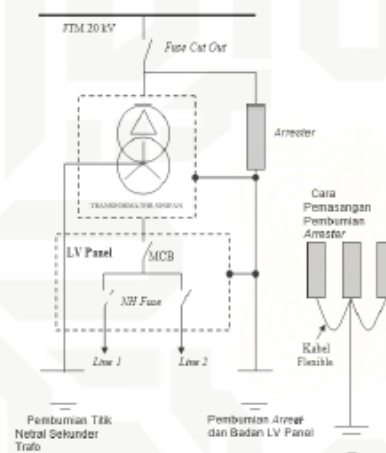
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

transformator yang disarankan yakni $\geq 80\%$ dari kapasitas transformator yang terpakai.

2. penyebab timbulnya drop voltage yang terdapat di JTR adalah:

- a. Panjang saluran (Km)
- b. Arus beban puncak (Ampere)
- c. Tahanan saluran (Ohm/Km)

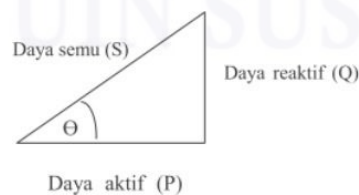
Nilai *drop* tegangan akan terjadi apabila faktor-faktor diatas nilainya juga besar. Drop tegangan merupakan drop tegangan yang terjadi di ujung jaringan tegangan rendah (JTR) dimana nilai tegangan yang terjadi di saluran JTR yang mengalami jatuhnya atau turun tegangan pada ujung saluran konsumen.



Gambar 2. 7 Diagram Line Transformator Sisipan [10]

2.2.9 Daya Listrik

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. 8 Gambar Segitiga Daya [3]



2.2.9.1 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:

$$S \text{ (VA)} = V_P \cdot I_P \dots\dots\dots(2.2)$$

$$S_{3\phi} \text{ (VA)} = 3 V_P \cdot I_P \dots\dots\dots(2.3)$$

$$S_{3\phi} \text{ (VA)} = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \dots\dots\dots(2.4)$$

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 Fasa-Fasa (A)

2.2.9.2 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:

$$P \text{ (W)} = V_P \cdot I_P \cos \theta \dots\dots\dots(2.5)$$

$$P_{3\phi} \text{ (W)} = 3 V_P \cdot I_P \cos \theta \dots\dots\dots(2.6)$$

$$P_{3\phi} \text{ (W)} = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cos \theta \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- P = Daya Aktif
- 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

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 pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 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
 He Cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengacitakan sumber dan menyebutkan sumber.
 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.9.3 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:

$$Q \text{ (VAR)} = V_P \cdot I_P \sin \theta \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Q \text{ (VAR)} = 3 V_P \cdot I_P \sin \theta \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Q \text{ (VAR)} = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \sin \theta \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

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

2.2.9.4 Efisiensi

Efisiensi pada saluran distribusi adalah perbandingan antara besarnya daya listrik keluaran dengan daya listrik yang masuk pada saluran distribusi. Efisiensi pada saluran distribusi dapat dihitung dengan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana,

$$P_{in} = P_{rugi-rugi} + P_{out}$$

2.2.10 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].

2.2.10.1 Rugi-Rugi Daya Pada Transformator

Rugi daya listrik adalah berkurangnya pasokan daya yang dikirimkan oleh sumber



ke beban. Artinya daya yang hilang akibat susut daya yang dibangkitkan namun tidak terjual. Rugi daya listrik dibedakan menjadi dua kategori yaitu, rugi daya teknis dan rugi daya non teknis. Adapun penjelasan dari kedua kategori rugi-rugi daya tersebut sebagai berikut [4] :

1. Rugi-rugi daya teknis

Rugi daya teknis adalah rugi daya yang di akibatkan oleh faktor internal seperti pengguna material dalam sistem yang tidak memenuhi standar kebutuhan sistem, jarak antara pembangkit dan konsumen yang berjauhan, dan beban yang besar [4].

2. Rugi-rugi daya non teknis

Rugi-rugi daya non teknis disebabkan oleh faktor eksternal seperti gangguan binatang dan bencana alam yang menyebabkan gangguan hubung singkat sehingga terjadinya pemadaman listrik [4].

2.2.10.2 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].

1. 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 2.11 [3] dan sistem tiga fase pada persamaan 2.12 [3] berikut:

$$P_{\text{rugi-rugi}(1\phi)} = I^2 \cdot R \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.12)$$

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

$$P_{\text{rugi-rugi}(3\phi)} = 3 \cdot I^2 \cdot R \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.13)$$

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 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:
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 © Hak Cipta milik UIN Suska Riau
 Site: <http://slain.iaic.ac.id> | <http://creativityofkultar.com> | <http://syarifkasimriau.com>



2. 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 2.13[3] dan sistem tiga fase pada persamaan 2.14 [3] berikut:

$$P_{\text{rugi-rugi}(1\phi)} = I^2 \cdot X \text{ VAR} \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$P_{\text{rugi-rugi}(3\phi)} = 3 \cdot I^2 \cdot X \text{ (VAR)} \dots\dots\dots(2.15)$$

2.2.11 Rugi-Rugi Transformator

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 2.15 [3] berikut:

$$P_{Cu} = I^2 R \dots\dots\dots(2.16)$$

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 2.16 [3] berikut:

$$P_e = K_e \cdot f^2 \cdot B_M^2 \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

K_e = Konstanta arus eddy, tergantung pada volume inti

f = Frekuensi jala-jala (hz)

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

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.



c. Rugi-rugi Hysteresis

Kerugian hysteresis adalah kerugian yang terkait dengan pengaturan area magnet padainti transformator. Energi dibutuhkan untuk mengatur medan magnet. Akibatnya akan terjadi kehilangan daya melalui trafo. Kerugian ini menghasilkan panas di inti transformator. Rumus Rugi-rugi histeresis pada persamaan 2.17 [3] berikut:

$$P_h = K_h \cdot f^2 \cdot B_M^2 \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan :

K_e = Konstanta arus eddy, tergantung pada volume inti

f = Frekuensi jala-jala (Hz)

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

2.2.12 Konduktor

Konduktor merupakan suatu media untuk mengalirkan arus listrik keseluruh sistem tenaga listrik, mulai dari pembangkit (sumber tenaga listrik) hingga kekonsumen. Konduktor sendiri terbuat dari berbagai jenis bahan, mulai dari aluminium, tembaga dan baja. Setiap jenis bahan memiliki sifat-sifat yang berbeda, sifat tersebut tentunya berhubungan dengan kemampuan hantarnya. Selain itu pertimbangan dalam memilih bahan konduktor harus memenuhi beberapa syarat diantaranya [15]:

1. Konduktifitas tinggi
2. Kekuatan tarik mekanikal tinggi
3. Titik berat
4. Biaya rendah
5. Tidak mudah patah

Beberapa jenis konduktor yang umum digunakan dalam penyaluran tenaga listrik adalah sebagai berikut:

1. AAC (*All Aluminium Conductor*)

Konduktor ini cocok untuk saluran udara pada transmisi maupun distribusi, konduktor ini terbuat dari dua lapis aluminium yang dipilin.

2. AAAC (*All Alloy Aluminium Conductor*)

Konduktor untuk transmisi ataupun distribusi, dengan paduan aluminium tiga lapis yang dipilin.

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. AAAC-S (*All Alloy Aluminium Conductor-Sielded*).

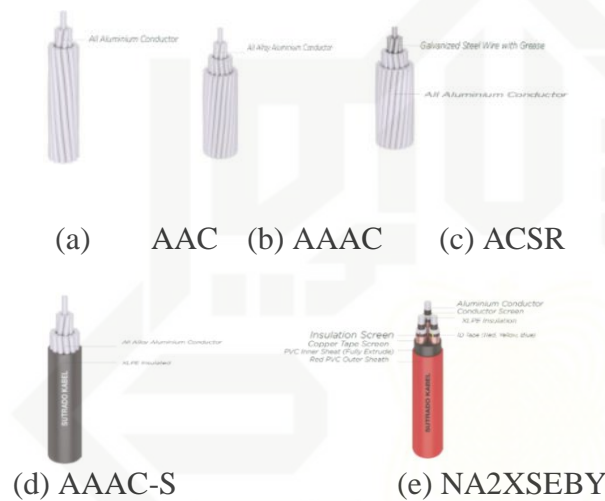
Digunakan untuk saluran udara 20 kV transmisi dan distribusi, inti satu dengan bahan aluminium trisolasi jenis XLPE.

4. ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*)

Digunakan untuk saluran udara transmisi dan distribusi, dengan inti baja yang dilapis aluminium (AAC).

5. Kabel Tanah (NA2XSEBY)

Untuk instalasi dalam ruangan, dalam tanah, untuk pembangkit dan gardu induk.



Gambar 2. 9 Jenis Konduktor Listrik [20]

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 | |

2.2.13 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

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.



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 masukandan parameter |
| Pemrograman dan perhitunganrelatif mudah | Pemrograman dan perhitungan relatif sulit | Pemrograman dan perhitunganrelatif lebih sulit |
| Cocok untuk sistem jaringan dengan sedikit, lima node atau kurang | Cocok untuk banyak sistem jaringan, lebih dari lima node | Cocok untuk banyak sistemjaringan, 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 amplitudotegangan |
| Lambat dalam kecepatan perhitungan | Cepat dalam perhitungan | Cepat dalam perhitungannamun kurang presisi |

2.2.13.1 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].

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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]:

$$Z_{ij} = R_{ij} + jX_{ij} \dots\dots\dots (2.19)$$

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]:

$$Y_{ij} = Y_{rij} + Y_{xij} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

$$Y_{ij} = \frac{R_{ij}}{R_{ij} + jX_{ij}} \text{ dan } Y_{ij} = \frac{jX_{ij}}{R_{ij} + jX_{ij}} \dots\dots\dots (2.21)$$

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

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

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

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

$$Q_i^{hit} = \sum^3 IF1 [Y_{in} V_n Y_i] \cos(\theta_{in} + \delta_n + \delta_i) \dots\dots\dots (2.22)$$

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_n = Magnitude dan sudut fase pada elemen matriks [Y]

Mismatch power dihitung dengan persamaan berikut [24]:

$$\Delta P_{n=1} = n_n^{jad} + n_n^{jad}$$

$$\Delta Q_n = Q_n^{jad} - Q_n^{jad} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan:

P_i = Mismatch daya aktif ke bus ke i

1. Harap Cipta Milik UIN Suska Riau
 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 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.



Q_i = Mismatch daya reaktif ke bus ke i

Selanjutnya dibentuk matriks jacobian dengan persamaan berikut [24]:

$$[Jacobian] = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.24)$$

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]:

$$\Delta\delta^{(k+1)} = \delta^{(k)} + \Delta\delta^{(k)} \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan:

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]:

$$P_i = \sum_{n=1}^N [Y_{in} V_{in} Y_n] \cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i)$$

$$Q_i = - \sum_{n=1}^N [Y_{in} V_{in} Y_n] \sin(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \dots\dots\dots(2.26)$$

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]:

$$S_{ij} = V_i(V_{ij} Y_{ij} V_j Y_{ij}) \dots\dots\dots (2.27)$$

atau

$$P_{ij} - jQ_{ij} = V_i(V_i - V_j)Y_{ij} + V_i V_j Y_{Cij} \dots\dots\dots (2.28)$$

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

V_i = Tegangan vektor di bus i

V_j = Tegangan vektor di bus j

V_{ij} = Tegangan vektor antara bus i dan bus j

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

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

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

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



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]:

$$S_{ij}(\text{losses}) = S_{ij} + S_{ji} \dots\dots\dots (2.29)$$

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

2.2.14 Software ETAP 12.6.0 (Electric Transient and Analysis Program)

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan perangkat lunak untuk simulasi sistem tenaga listrik. *Software* ini dapat bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, untuk pengelolaan data *real-time* secara *online* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat dalam ETAP 12.6.0 bermacam-macam yang dapat digunakan untuk menganalisa pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik [18]

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP 12.6.0 sebagai berikut:

1. Analisa aliran daya (*Load Flow Analysis*)
2. Analisa hubung singkat (*Short Sircuit Analysis*)
3. *Arc Flash Analysis*
4. *Unbalanced Load Flow Analysis*
5. *Optimal Power Flow Analysis*, dll.

Dalam menganalisa sistem tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, busbar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah di standarisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-ke-kanan yang sama, atas-ke-bawah [19]

2. Dilarang mengumumkan 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.



ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC. Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Pada penelitian ini digunakan standar IEC dengan frekuensi 50 Hz. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda [19].

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP *Power Station* adalah [23]

1. *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
2. *Library*, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
3. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSII, frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai.
4. *Study Case*, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

Komponen elemen AC pada software ETAP dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada Gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Semua data elemen AC dimasukkan dalam editor yang telah dipertimbangkan oleh para ahli teknik. Daftar seluruh elemen ac pada *software* ETAP pada *AC toolbar*.

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 UIN Suska Riau
 UIN Suska Riau
 Stee 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.



Gambar 2. 10 Gambar Elemen-elemen AC di ETAP [18]

a. Transformator

Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam *editor power station software* transformator 2 kawat pada *power station software* ETAP ditunjukkan gambar dibawah ini.



Gambar 2. 11 Simbol Transformator [18]

b. Load

Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor kV dan MVA yang ditampilkan macam beban, yaitu beban station software ETAP ditunjukkan statis dan dibawah beban ini



Gambar 2. 12 Simbol Load [18]

c. Pemutus Rangkaian

Merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban atau hubungan pendek. Simbol pemutus rangkaian di ETAP ditunjukkan pada gambar:



Gambar 2. 13 Simbol Pemutus Tegangan [18]

d. Bus

Bus AC atau node sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan *dalam editor power station software* ETAP. Editor bus sangat membantu untuk pemodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor dan beban statik adalah elemen



- 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.

yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan. Simbol bus pada *power station software* ETAP ditunjukkan gambar:



Gambar 2. 14 Simbol Bus [18]

e. *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.

f. *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*.



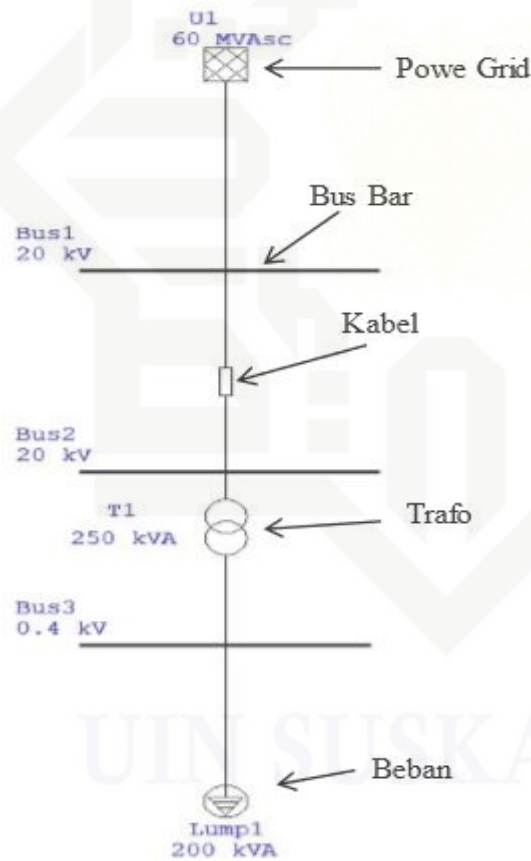
Gambar 2. 15 Tampilan Lembar Kerja ETAP 12.6.0 [18]

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. 16 Pemilihan Standar pada ETAP 12.6 [18]



Gambar 2. 17 Single Line Diagram Sederhana Distribusi [18]



2.2.15 Pemeliharaan Transformator Distribusi

2.2.15.1 Pengertian Pemeliharaan

Pemeliharaan transformator distribusi adalah kegiatan yang meliputi rangkaian tahapan kerja mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga pengendalian dan evaluasi pekerjaan pemeliharaan transformator distirbusi yang dilakukan secara terjadwal ataupun tanpa jadwal [11]. Dalam hal ini, yang dikatakan pemeliharaan transformator distribusi adalah pemeliharaan yang mencakup semua komponen gardu distribusi adalah pemeliharaan yang mencakup semua komponen gardu distribusi yang mendukung untuk kerja transformator itu sendiri, namun perlu diingat bahwa transformator distribusi merupakan komponen yang vital dalam penyaluran tenaga listrik dan optimalisasi kerjanya bergantung pada komponen – komponen pendukungnya.

2.2.15.2 Jenis-Jenis Pemeliharaan

1. *In Service Inspection*

In Service Inspection adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat trafo belum kondisi bertegangan/operasi. Tujuan dilakukan *in service inspection* adalah untuk mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam trafo tanpa melakukan pemadaman tenaga kerja dikerahkan untuk memperbaiki dengan cara “penggantian” [11]

2. *In Service Measurement*

In Service Measurement adalah kegiatan pengukuran/pengujian yang dilakukan pada saat trafo sedang dalam keadaan bertegangan/operasi (*in service*). Tujuan dilakukannya *in service measurement* adalah untuk mengetahui kondisi trafo lebih dalam tanpa melakukan pemadaman [11].

3. *Predictive Maintenance*

Predictive Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik , apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan , dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini [11]

4. *Preventive Maintenance (Time Base Maintenance)*

Preventive Maintenance adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan listrik secara tiba-tiba dan untuk



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan dan menyebarkan 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.

mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada operasi dilapangan. Pemeliharaan ini dimaksud juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu [11]

5. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga *Curative Maintenance*, yang bisa berupa *Trouble Shooting* atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana [11]

6. *Breakdown Maintenance*

Breakdown Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat [11]

2.2.15.3 Langkah-Langkah Preventive Maintenance

Preventive Maintenance adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan listrik secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada operasi dilapangan. Pemeliharaan ini dimaksud juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu [11]. Adapun langkah-langkah *Preventive Maintenance* sebagai berikut :

1. Pemeriksaan Nampe Plate Trafo

Adapaun pemeriksaan nameplate trafo antara lain :

- Tipe :
- Daya :
- Frekuensi :
- Voltase primer :
- Arus primer :
- Tap changer :



Voltase sekunder :

Tap :

Arus sekunder :

Sistem Pendingin :

2. Pemeriksaan Data Trafo

a. Temperatur minyak

Temperatur minyak yang tinggi akan menyebabkan pemanasan pada transformator yang selanjutnya akan menyebabkan pemanasan pada minyak transformator tersebut. Pemanasan minyak transformator ini akan menyebabkan molekul-molekul pada minyak tersebut akan pecah sehingga faktor kebocoran dielektriknya akan semakin tinggi, sehingga minyak akan semakin terkontaminasi dan menyebabkan tegangan tembus dari transformator akan semakin rendah.

b. *Magnetic Oil Level Conservator*

Pemeriksaan pada tangki konservator ini dilakukan untuk mengecek *Magnetic Oil Level Conservator* yang berada didalam tangki konservator apakah minyak tersebut mengalami kenaikan atau penurunan [11].

c. Suhu *Ambient* (Lingkungan)

Pemeriksaan suhu *ambient*.lingkungan ini dilakukan untuk mengecek suhu di sekitar lingkungan area trafo [11].

d. Cooling System (Sistem Pendingin)

Suhu pada trafo yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, rugi-rugi pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada trafo. Oleh karena itu pendinginan yang efektif sangat diperlukan. Perubahan temperatur akibat perubahan beban maka seluruh komponen trafo akan menjadi panas, untuk mengurangi panas tersebut maka dilakukan pendinginan pada trafo [11].



e. Membersihkan Body Trafo Bagian Luar

Memeriksa apakah disekitar trafo ada terjadi kebocoran tangki entah itu karena terjadi benturan atau karena rusaknya bahan penahanan tangki sehingga menyebabkan kebocoran minyak trafo [11].

Membersihkan *bushing*, *cover*, dan radiator trafo dari debu dan kotoran. Serta membersihkan ruangan trafo agar udara dapat bersirkulasi dengan lancar dan suhu trafo sama dengan suhu lingkungan [11].

f. Membersihkan Area Sekitar trafo

Area disekitar trafo harus selalu bersih dan tidak boleh ada sampah atau bekas makanan karena dapat merusak kabel-kabel yang ada di sekitar trafo, jadi tempat disekitar trafo harus diperhatikan kebersihannya [11].

2.2.16 Pengaman Pada Transformator

Pengaruh rugi-rugi yang terjadi akibat pembebanan pada transformator akan menimbulkan panas, ketika panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebih maka dapat merusak isolasi lilitan. Untuk mengurangi panas tersebut, maka transformator perlu dilengkapi dengan alat pendingin untuk menyalurkan panas keluar dari transformator [11].

Table 2.3 Batas Kenaikan Suhu Jenis Terendam Minyak [11]

| Bagian | Batas kenaikan Suhu |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Minyak bagian atas (kenaikan diukur dengan thermometer) | 60 |
| Kelas suhu isolasi A (kenaikan belitan dengan metode resistansi) | 65 |
| <i>Hos Spot</i> belitan | 78 |

Media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa udara, minyak dan air, sedangkan untuk sirkulasinya dapat dengan cara alamiah (*natural*) dan paksaan (*forced*). Pada cara alamiah dipakai sirip-sirip radiator tangki atau tangki bergelombang untuk memperluas bidang perpindahan panas minyak. Alat pompa digunakan untuk

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencarumkan 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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



mempercepat sirkulasi media pendingin sebagai perpindahan panas dari media pendingin ke udara luar lebih cepat berlangsung.

2.2.17 Trendline Microsoft Excel

Trendline merupakan garis yang dibuat melalui perhitungan secara statistik menggunakan *Microsoft excel* untuk menambahkan sebuah garis kecenderungan atau *trendline* dalam grafik [7].

Pada penelitian ini suhu berbanding lurus dengan ketidakseimbangan yang terjadi, maka *trendline* digunakan untuk melihat kemungkinan suhu setelahnya dengan menggunakan data suhu dan ketidakseimbangan sebelum diseimbangkan. Membuat *Trendline* menggunakan *software Ms. Exel 2016* berdasarkan data pembebanan dan suhu sebelum dilakukan penyeimbangan beban. [7]

2.2.18 Isolasi Transformator

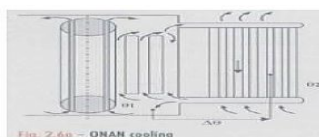
Isolasi adalah suatu sifat bahan yang mampu untuk memisahkan dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan baik secara elektrik dan juga untuk memperkecil arus bocor yang diakibatkan oleh korosif atau tekanan-tekanan yang terjadi baik pada saat pengoperasian, transportasi ke tempat pemasangan maupun pada saat pengujiannya.

2.2.19 Tipe Pendingin Transformator

Ada beberapa tipe pendingin pada transformator yaitu:

- a. Tipe Kering
 1. AA : Pendingin udara natural
 2. AFA : Pendingin udara terpompa
- b. Tipe Basah
 1. ONAN (*Oil Natural Air Natural*)

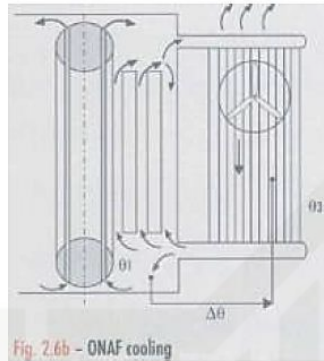
Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak dan sirkulasi udara secara alamiah. Sirkulasi minyak yang terjadi disebabkan oleh perbedaan berat jenis antara minyak yang dingin dengan minyak yang panas.



Gambar 2. 18 Pendingin Tipe ONAN [7]

2. ONAF (*Oil Natural Air Force*)

Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak secara alami sedangkan sirkulasi udaranya secara buatan, yaitu dengan menggunakan hembusan kipas angin yang digerakkan oleh motor listrik.



Gambar 2. 19 Pendingin ONAF [7]

Pada umumnya operasi trafo dimulai dengan ONAN atau dengan ONAF tetapi hanya sebagian kipas angin yang berputar. Apabila suhu trafo sudah semakin meningkat, maka kipas angin yang lainnya akan berputar secara bertahap.

3. OFAF (*Oil Force Air Force*)

Pada sistem ini, sirkulasi minyak digerakkan dengan menggunakan kekuatan pompa, sedangkan sirkulasi udara menggunakan kipas angin. Khusus jenis trafo tenaga tipe basah, kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak-trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas dan bersifat pula sebagai isolasi (tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Kekuatan isolasi harus tinggi (lebih dari 10 kV/mm).
- b) Dapat menyalurkan panas dengan baik, berat jenis kecil sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
- c) Viskositas yang rendah, agar lebih mudah bersirkulasi dan memiliki kemampuan pendingin yang lebih baik.
- d) Titik nyala yang tinggi (Min 140°C), untuk mencegah terlalu banyak hilangnya minyak menjadi gas yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran.
- e) Tidak bereaksi terhadap material lain sehingga tidak merusak material isolasi padat.



2.2.20 Umur Transformator

Setiap peralatan yang beroperasi pasti mempunyai batasan umur dalam bekerja sertakurangnya handalnya beroperasi akibat laju penuaannya. Demikian halnya pada salah satu bagian alat tenaga listrik yaitu transformator daya. Pembebanan pada transformator daya menyebabkan terjadinya pemanasan yang akan mempengaruhi pada transformator dan kemampuannya dalam melayani beban selanjutnya atau dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya kegagalan atau kerusakan. Proses ini biasanya disebut penuaan, hal ini akan menentukan umur dari trafo tenaga. Umur *thermal* harapan suatu trafo tenaga didefinisikan sebagai umur yang diharapkan dari suatu trafo tenaga untuk mengatasi adanya pemanasan akibat pembebanan, sampai terjadinya kegagalan dari trafo dalam menjalankan fungsinya [6]. Untuk mengetahui umur transformator hal yang mempengaruhi sebagai berikut:

2.2.20.1 Suhu Titik Panas

Suhu yang tinggi pada belitan dapat menimbulkan degradasi pada selulosa yang terkandung dalam kertas isolasi dan menurunkan kemampuan isolasi minyak [24]. Suhu *hot-spot* (titik panas) dipengaruhi oleh besar beban dan suhu lingkungan [8]. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika, Departemen Perhubungan, suhu rata-rata tahunan di Indonesia adalah 30 °C dan tingkat suhu rata-rata harian 33 °C dimana transformator distribusi dioperasikan [9]. Suhu lingkungan merupakan variabel dinamis yang mempengaruhi suhu *hot-spot* secara linear.

Untuk menentukan gradien titik panas yang terjadi sebagai berikut :

$$H_{gr} = H (\Delta\theta_{wr} + \Delta\theta_{imr}) \quad (2.30)$$

Dimana :

H_{gr} : gradien titik panas ke minyak atas (dalam tangki) pada arus pengenal

H : faktor titik panas

$\Delta\theta_{wr}$: kenaikan suhu belitan rata-rata

$\Delta\theta_{imr}$: kenaikan suhu minyak rata-rata

Setelah didapat nilai gradien titik panas maka akan didapatkan kenaikan suhu titik panas dengan persamaan sebagai berikut :



$$\Delta\theta_h = \Delta\theta_{ir} + H_{gr} \cdot K \tag{2.31}$$

Dimana :

$\Delta\theta_h$: kenaikan suhu titik panas belitan

$\Delta\theta_{ir}$: kenaikan suhu minyak atas

R: rasio rugi-rugi

K: konstanta

H: faktor titik panas

H_{gr} : gradien titik panas ke minyak atas (dalam tangki) pada arus pengenalan.

Setelah didapat nilai kenaikan suhu titik panas maka akan didapat nilai suhu titik panas yang akan dihitung dengan suhu lingkungan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_h \tag{2.32}$$

Dimana :

θ_h = suhu titik panas

θ_a = suhu sekitar

$\Delta\theta_h$ = kenaikan suhu titik panas belitan

Suhu sekitar standard IEC 20°C, standard IEEE 30°C dan suhu rata-rata tahunan di Indonesia adalah 30 °C dan tingkat suhu rata-rata harian 33 °C dimana transformator distribusi dioperasikan [5].

2.2.20.2 Laju Penuaan Termal Relatif

Yang mempengaruhi pemburukan isolasi ialah waktu terhadap suhu, kandungan air, oksigen dan asam [6]. Sedangkan untuk model yang ditampilkan pada standar ini hanya berdasarkan pada suhu isolasi sebagai parameter. Karena distribusi suhu tidak seragam, bagian yang beroperasi pada suhu tertinggi biasanya akan mengalami pemburukan paling besar sehingga laju penuaan berdasarkan pada suhu titik panas belitan. Laju penuaan relatif didefinisikan:

Hak Cipta ini 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.



$$\theta_h - 98^\circ$$

$$V = 2.6$$

$$(2.33)$$

Dimana :

θ_h = suhu titik panas dalam °C

V = nilai penuaan relatif

2.2.20.3 Susut Umur Transformator

Susut umur yang disebabkan oleh operasi harian atau bulanan pada suhu panas setempat 98 °C dapat dinyatakan dalam satuan bulanan, harian atau jam. Jika beban dan suhu sekitar konstan selama satu periode maka susut umur/penuaan relatif: [6]

$$\frac{V.T}{t} \dots\dots\dots (2.34)$$

Periode Waktu

Dimana :

t = Konstanta waktu

V = Nilai penuaan relatif

T = Periode pemakaian.

2.2.20.4 Umur Transformator

Dari persamaan Laju penuaan dan susut umur dengan mengasumsi bahwa umur transformator 20 tahun maka umur pakai dari sebuah transformator dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan [6] :

$$L = \frac{1}{t} \times 20 \text{ tahun} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

L = pengurangan umur

t = konstanta waktu.

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

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 mengemukakan dan menyebutkan sumber.

Hak Iptek diilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Penelitian kuantitatif merupakan salah satu metode penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana, terstruktur dengan jelas dan tepat. Pendekatan deskriptif merupakan metode pendekatan yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah terkumpul tanpa melakukan rekayasa. Pendekatan deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan objek penelitian ataupun hasil penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di jaringan distribusi PT. PLN (PERSERO) UP3 Pekanbaru Rayon Kota Barat, dikarenakan terdapat beberapa gangguan Rugi-Rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV.

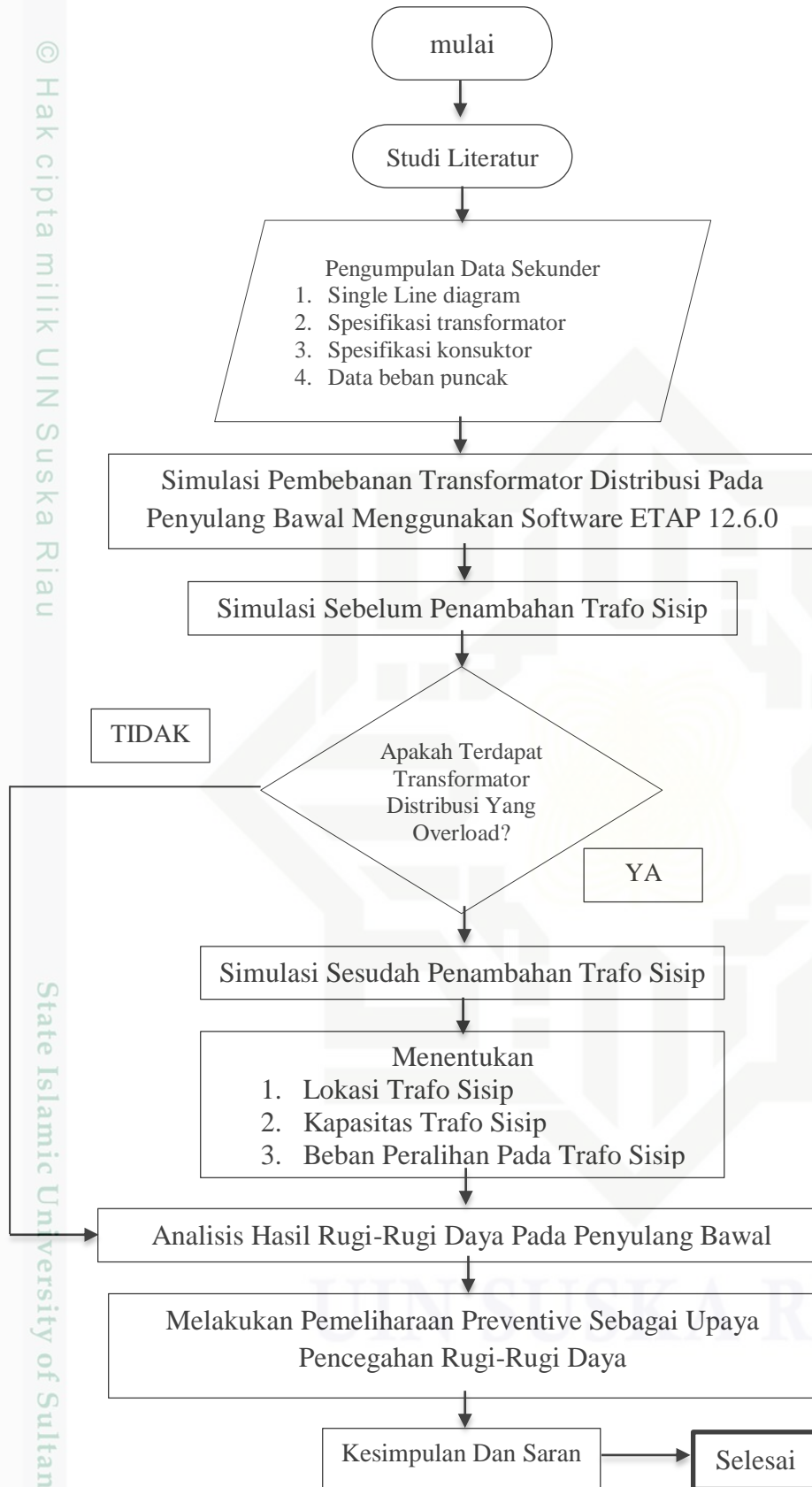
3.3 Tahapan penelitian

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 mengenai gangguan Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV PT. PLN (PERSERO) UP3 Pekanbaru Rayon Kota Barat. Dalam proses observasi peneliti melakukan pengumpulan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian. Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah 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.

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 Identifikasi Masalah

Pada identifikasi masalah ini terdiri dari rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian yang dijelaskan pada Bab I Pendahuluan.

3.5 Studi Literatur

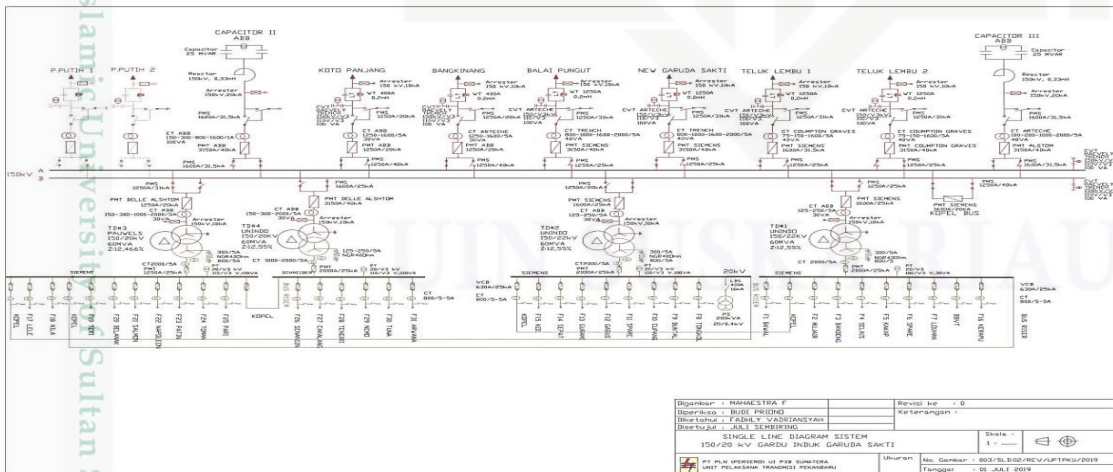
Untuk Studi Literatur yang digunakan penelitian ini referensi dari penelitian sebelumnya, buku-buku terkait, tinjauan pustaka terkait dan jurnal-jurnal terkait atau penunjang yang berhubungan serta teori yang mendukung dalam penyelesaian penelitian Analisis Penurunan Rugi-Rugi Daya Dengan Penambahan dan Pemeliharaan Transformator Pada Saluran Distribusi 20 kV”

3.6 Pengumpulan Data Sekunder

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder milik PT.PLN (Persero) Gardu Induk Garuda Sakti, serta dari referensi buku dan jurnal. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian adalah *Single Line Diagram*, spesifikasi trafo, spesifikasi konduktor, data komponen ETAP 12.6, data beban. Rincian data yang diambil adalah sebagai berikut :

a. Single Line Diagram

Dalam tahap pemodelan dengan simulasi *software* ETAP 12.6 maka perlu panduan jaringan berupa *Single Line Diagram* jaringan gardu induk Garuda Sakti, berikut adalah *Single Line Diagram* jaringan distribusi transformator 1 dengan 5 penyulangnya:



Gambar 3. 2 Single Line Diagram Gardu Induk Garuda Sakti



Single Line Diagram (SLD) adalah data yang menggambarkan secara keseluruhan dari monfigurasi jaringan di GI Garuda Sakti. Data ini diperlukan sebagai acuan dalam membuat konfigurasi jaringan pada program ETAp 12.6.0

Gardu Induk Garuda Sakti memiliki 4 unit transformator distribusi dengan masing-masing berkapasitas 60 MVA. Keempat transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi 150 kV ke level tegangan distribusi 20 kV. Terlihat pada transformator distribusi unit 1 memiliki 5 penyulang 20 kV yaitu penyulang Bawal, Salmon, Belanak, Etna dan Teri.

b. Spesifikasi Transformator Distribusi

Gardu induk Garuda Sakti memiliki empat transformator daya masing-masing berdaya 60 MVA. Untuk transformator unit 1 merk transformator Unindo memiliki impendansi 12.55 %, mengalirkan daya kepada 7 penyulang yaitu dengan nama Louhan, Bandeng, Bawal, dan Kakap dengan transformator distribusi masing-masing berkapasitas 200 kVA, serta Mujair, Kerapu, dan Selais dengan transformator distribusi berkapasitas masing-masing 250 kVA. Transformator distribusi tersebut memiliki tegangan primer 20 KV dan tegangan sekunder 0,4 KV.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Transformator[11]

| Nama Data | Data |
|---------------------|--------------------------|
| Impendansi Tegangan | 12.55% |
| Tegangan HV | 20 kV |
| Tegangan LV | 0,4 kV |
| Kabel optik masuk | BC 3x150 mm ² |
| Tahanan | 2,0526 Ω/Km |
| Kabel optik keluar | BC 4x70 mm ² |
| Tahanan | 0, 5049 Ω/Km |
| Cos φ | 0,85 |

c. Spesifikasi Konduktor

Pada setiap penyulang yang ada di gardu induk Garuda Sakti memiliki jenis penghantar dan panjang penghantar yang berbeda setiap penyulangnya, berikut jenis penghantar dan panjang penghantar yang di gunakan setiap penyulang:



Tabel 3. 2 Jenis Penghantar Penyulang[11]

| Nama Penyulang | Jenis Penghantar |
|----------------|------------------------------|
| Bawal | AAAC (150 mm ²) |
| Salmon | AAAC (150 mm ²) |
| Belanak | AAAC (150 mm ²) |
| Etna | AAAC (240 mm ²) |
| Teri | AAAC (150 mm ²) |

Panjang penghantar berdasarkan hasil perhitungan manual dari sumber data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, Rayon Kota Barat yang berbentuk model rangkaian aplikasi ETAP. Panjang penghantar mempengaruhi rugi-rugi energi listrik, karena dipengaruhi oleh suhu dari luar dan dalam lingkungan. Diluar lingkungan suhu penghantar dipengaruhi oleh suhu udara, sedangkan didalam suhu penghantar dipengaruhi oleh rambat aliran listrik. Panjang penghantar juga mempengaruhi tingkat kerugian daya yang diperoleh, berikut tabel panjang penghantar setiap penyulang :

Tabel 3. 3 Panjang Saluran Penghantar Penyulang[11]

| Nama Penyulang | Panjang Saluran Penghantar |
|----------------|----------------------------|
| Bawal | 21,65 kms |
| Salmon | 26,65 kms |
| Belanak | 17,05 kms |
| Etna | 13,55 kms |
| Teri | 20,25 kms |

d. Data Komponen ETAP 12.6

ETAP (*Electrical Tansient Analysis Program*) merupakan sebuah *software* yang berfungsi sebagai penganalisis sebuah sistem kelistrikan secara rinci. Mulai dari power, bahkan hingga network. ETAP 12.6 ini mampu bekerja secara offline untuk menganalisis *load flow, short circuit, harmonic*, maupun pengaman pada motor.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dianggap 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 mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Tabel 3. 4 Data Komponen ETAP 12.6 [26]

| | |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Power Grid | |
| ID U1 | GRID 150 KV |
| Nominal Kv | 150 kV |
| Koneksi dan Mode | 3 Phase |
| Short Circuit Rating | 3 phase 14000 MVAsc, 1phase 13999 MVAsc |
| 2. Transformator | |
| a) ID | TD#1 UNINDO |
| b) Tegangan Primer | 150 kV |
| c) Tegangan Sekunder | 20 kV |
| d) Impedansi | 12.5% |
| e) X/R | 45 |
| f) Tipe | liquid-fill, mineral oil, other, 65 |
| 3. Bus | |
| a) % V | 100 kV |
| b) Nominal kV | 20 kV |
| 4. Lump Load | |
| a) Tipe model | Unbalanced |
| b) Rating | Tabel 4.2 |
| c) % PF | 85 % |
| d) Tipe Beban | 50% motor dan 50% statis |
| 5. Penghantar/Kabel | |
| a) Panjang Kabel | Sesuai |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menaatkan 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 mengesahkan dari sumbernya.
 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | | |
|----|----------------------|------------------------------------|
| b) | Jenis Kabel | ICEA 50Hz, Rubber 5,0 kV, 133% 3/C |
| c) | Luas Penampang Kabel | 400, 240, atau 150 |

e. Data Beban Puncak Penyulang
 Transformator unit 1 memiliki 5 penyulang dengan kapasitas transformator distribusi 200 kVA setiap penyulangnya. Berikut merupakan data yang mengalami ketidakseimbangan penyulang Gardu Induk Sakti pada bulan Mei 2020, beban puncak ialah hasil dari perbandingan R,S dan T pada setiap penyulang.

Tabel 3.5 Data Beban Puncak Penyulang[11]

| Nama Penyulang | Beban Puncak |
|----------------|--------------|
| Bawal | 160,85 kVA |
| Salmon | 158,75 kVA |
| Belanak | 158,75 kVA |
| Etna | 157,79 kVA |
| Teri | 160,58 kVA |

3.7 Simulasi Sebelum Penambahan Transformator Baru (sisip) Dengan Software ETAP 12.6

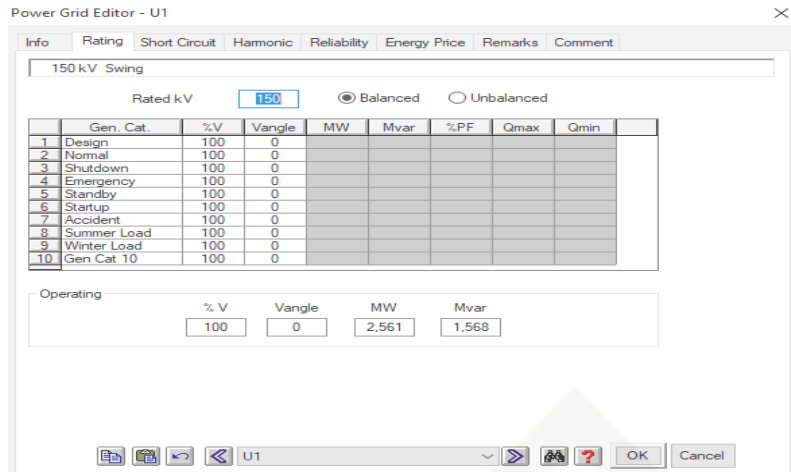
Electrical Transient and Analysis Program (ETAP) adalah salah satu *software* aplikasi untuk mensimulasikan suatu sistem tenaga listrik. Secara garis besar ETAP dapat digunakan untuk simulasi hasil perancangan dan analisis suatu sistem tenaga listrik.[26]

Dalam simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 tahap awal yang dilakukan adalah input data jaringan sesuai dengan data sekunder dari pihak PLN. Adapun analisis yang dilakukan pada kondisi ini adalah analisis rugi – rugi daya sebelum penambahan trafo sisip pada penyulang Bawal Jurusan Arengka.

3.7.1 Input Data Jaringan

1. Memasukkan tegangan sumber dalam bentuk *Power Grid*.

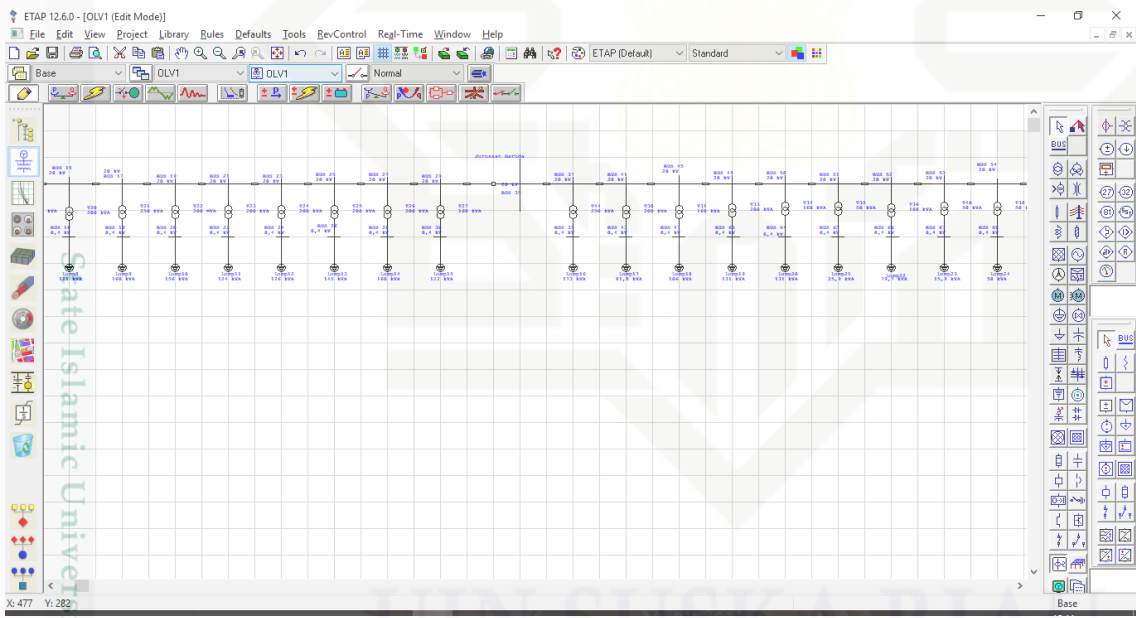
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan 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. 3 Input Sumber Tegangan Ideal Di Software ETAP 12.6

Pada gambar 3.3 di atas merupakan input sumber tegangan ideal di *software* ETAP 12.6 dengan tegangan 150 kV

2. Membuat Rangkaian Penyulang Bawal Jurusan Arengka dan Garuda di *Software* ETAP 12.6



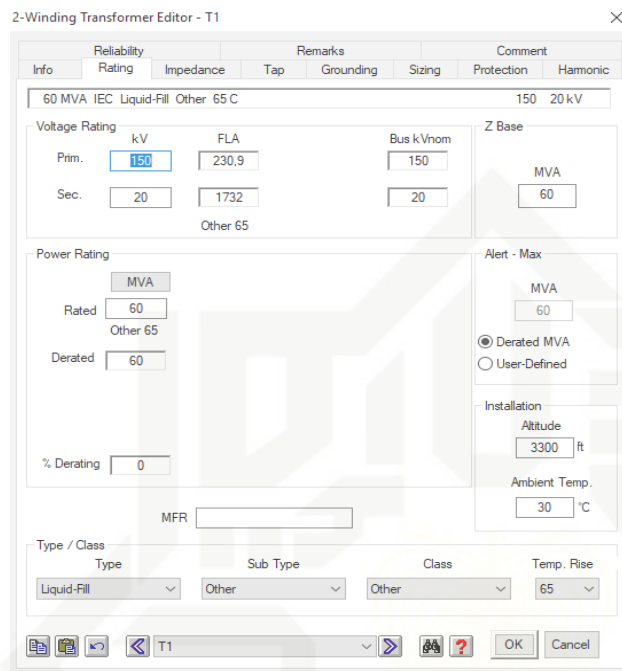
Gambar 3. 4 Rangkaian Penyulang Bawal Jurusan Arengka dan Garuda pada Software ETAP 12.6.

Pada gambar 3.4 di atas merupakan rangkaian penyulang Bawal Jurusan Arengka dan Jurusan Garuda, dimana penyulang bawal memiliki 28 unit trafo distribusi, 14 unit di Jurusan Arengka dan 14 unit di Jurusan Garuda. Pada penyulang Bawal memiliki

- 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.

beban yang di suplai sebesar 171 Ampere atau 160,85 kVA, jaringan tegangan menengah (JTM) pada penyulang Bawal menggunakan penghantar jenis AAAC dengan luas penampang 150 = mm² panjang saluran 21,65 kms

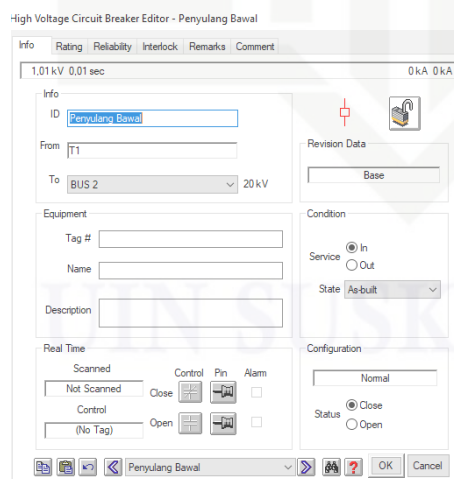
3. Input Data Transformator Daya



Gambar 3. 5 Input Daya Transformator Daya Pada Software ETAP 12.6

Pada gambar 3.5 di atas merupakan Input Data Transformator Daya pada *Software* ETAP 12.6, meliputi rating tegangan (kV), kapasitas (MVA) dan impedansi (Ω)

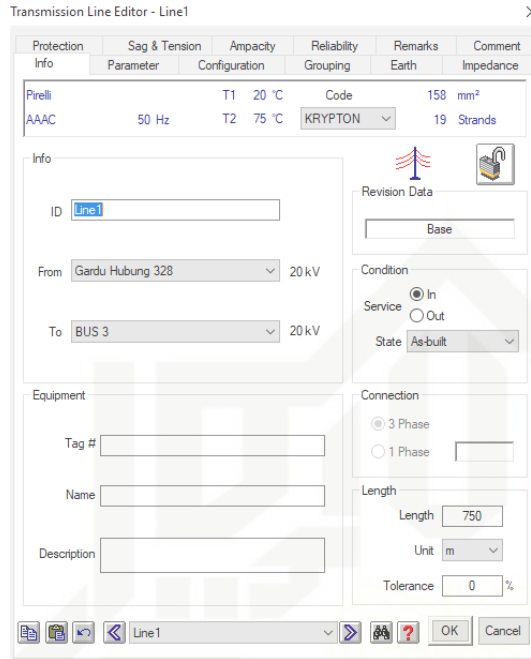
4. Peletakkan CB (*Circuit Breaker*) pada Penyulang Bawal



Gambar 3. 6 CB (*Circuit Breaker*)

Pada gambar 3.6 di atas merupakan CB (*Circuit Breaker*) pada *software* ETAP 12.6 meliputi Bus.

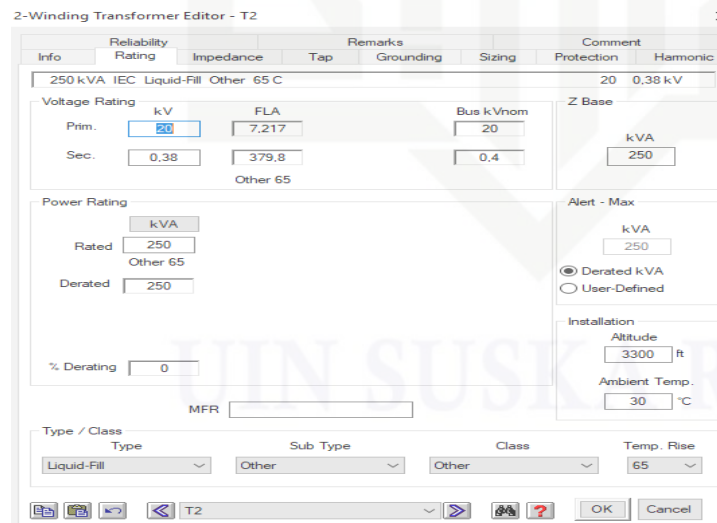
5. Input Data Penghantar Saluran



Gambar 3. 7 Input Data Saluran Pada Software ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.7 di atas, merupakan input data saluran pada *software* ETAP 12.6.0, meliputi diameter penampang (mm^2), merk, jenis, dan panjang saluran (m)

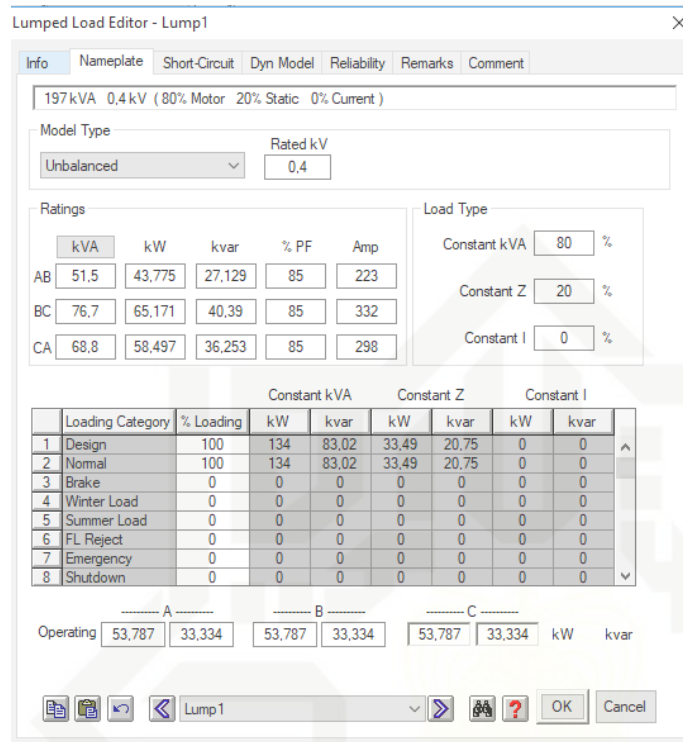
6. Input Data Transformator Distribusi



Gambar 3. 8 Input Data Transformator Distribusi Pada Software ETAp 12.6.0

Pada gambar 3.8 di atas merupakan Input data transformator distirbusi pada *software* ETAP 12.6.0, meliputi tegangan (kV), kapasitas (MVA), dan impedansi (Ω).

7. Input Data Beban



Gambar 3. 9 Input Data Beban pada software ETAP 12.6.0

Pada gambar 3.9 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).

3.8 Simulasi Setelah Penambahan Transformator Baru (sisip) Menggunakan Software ETAP 12.6

Dalam simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 tahap selanjutnya yang dilakukan adalah dengan menempatkan trafo sisip pada penyulang Bawal Jurusan Arengka. Analisis yang dilakukan pada kondisi ini adalah analisis rugi – rugi daya setelah penambahan trafo sisip pada penyulang Bawal Jurusan Arengka. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penambahan trafo sisip pada penyulang Bawal Jurusan Arengka adalah sebagai berikut :

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

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



3.8.1 Menentukan Letak Trafo

Penentuan letak pemasangan trafo sisip berlandaskan pada hasil simulasi aliran daya. Adapun *variable* yang diamati dalam simulasi aliran daya adalah adanya trafo yang *overload*, sehingga trafo sisip akan ditambahkan didekat trafo yang mengalami *overload* tersebut untuk mengurangi rugi – rugi daya pada penyulang Bawal. Penentuan letak trafo sisip dilakukan berdasarkan teori pada (II.12)

3.8.2 Kapasitas Trafo Sisip

Dalam menentukan kapasitas trafo, pada tahap ini menggunakan 4 pilihan trafo sisip dengan kapasitas yang berbeda-beda. Pilihan kapasitas yang diambil pada trafo sisip antara lain 100 kVA, 160 kVA, 200 kVA, dan 400 kVA.

3.8.3 Beban Peralihan Pada Trafo Sisip

Dalam menentukan peralihan beban pada trafo sisip, *variable* acuannya adalah besar beban yang akan dipindahkan. Berdasarkan jurnal-jurnal terkait, trafo sisip akan membebani 50% dari kapasitas maksimalnya. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mencegah terjadinya *overload* pada trafo sisip saat melakukan beban peralihan.

3.9 Pemeliharaan *Preventive Maintenance* Pada Trafo

Pada tahap ini peneliti berfokus pada pemeliharaan transformator distribusi. Alasannya karena sering kali pada transformator yang *overload* menyebabkan peningkatan suhu sehingga memperbesar nilai rugi-rugi daya. Pemeliharaan yang akan dilakukan adalah menggunakan metode *Preventive Maintenance* yang telah dijelaskan BAB II. Pada tahap ini peneliti menganalisa penyebab rugi-rugi daya yang disebabkan oleh transformator dan mencari langkah metode *Preventive Maintenance* yang sesuai dengan penyebab nya.

3.9.1 Pemeriksaan Nameplate Trafo

Pada tahap ini peneliti melakukan pemeriksaan terhadap nameplate trafo dan melakukan pemeriksaan pembebanan trafo saat ini. Apabila pembebanan trafo mendekati batas standar yang sudah ditetapkan pihak PLN, maka penelti melakukan tindakan *Preventive Maintenance*.



3.9.2 Pemeriksaan Temperatur Minyak Trafo

Pada tahap ini peneliti melakukan pemeriksaan terhadap suhu minyak trafo. Temperatur minyak yang tinggi akan menyebabkan pemanasan pada transformator yang selanjutnya akan menyebabkan pemanasan pada minyak transformator tersebut. Suhu minyak trafo tidak boleh melampaui nilai suhu standar yang telah dibuat. Sehingga peneliti akan melakukan tindakan *Preventive Maintenance* apabila suhu melampaui batas standar yang telah ditetapkan.

3.9.3 Pemeriksaan Magnetic Oil Level Conservator

Pada tahap ini peneliti melakukan pemeriksaan terhadap *Magnetic Oil Conservator* yang berada didalam tangki konservator apakah minyak tersebut mengalami kenaikan atau penurunan. Sehingga peneliti akan melakukan tindakan *Preventive Maintenance* apabila suhu mengalami kenaikan atau penurunan.

3.9.4 Pemeriksaan Suhu Lingkungan

Pada tahap ini peneliti melakukan pemeriksaan terhadap suhu lingkungan yang berada disekitaran trafo tersebut. Sehingga peneliti akan melakukan tindakan *Preventive Maintenance* untuk mencegah perubahan cuaca yang ekstrem.

3.9.5 Pemeriksaan Cooling System (Sistem Pendingin)

Pada tahap ini peneliti melakukan pemeriksaan sistem pendingin pada trafo, sehingga peneliti melakukan tindakan *Preventive Maintenance* untuk mencegah pendingin mengalami kerusakan.

3.9.6 Membersihkan Body Trafo Bagian Luar

Pada tahap ini peneliti melakukan pembersihan terhadap body trafo bagian luar, sehingga peneliti melakukan tindakan *Preventive Maintenance* untuk mencegah terjadinya rugi-rugi daya eksternal.

3.9.7 Membersihkan Area Sekitaran Trafo

Pada tahap ini peneliti melakukan pembersihan terhadap area disekitaran trafo, sehingga peneliti melakukan tindakan *Preventive Maintenance* untuk mengecek terjadinya kerusakan alam yang dtimbulkan oleh bencana alam seperti angin kencang, hujan deras, dan banjir.



3.9.8 Pengaruh Penurunan Rugi-Rugi Daya Setelah Dilakukan *Preventive Maintenance* Pada Trafo

Pada tahap ini peneliti menganalisis dampak penurunan rugi-rugi daya setelah dilakukan *Preventive Maintenance* pada trafo. Pada teori sebelumnya rugi-rugi daya disebabkan oleh 2 kategori yaitu, rugi-rugi daya teknis dan rugi-rugi daya non teknis. *Preventive Maintenance* akan dilakukan pada kondisi teknis dan non teknis yang menyebabkan rugi-rugi daya terjadi seperti berdasarkan teori pada (II.15) dan (II.27)

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 V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Simulasi aliran daya pada penyulang Bawal Jurusan Arengka sebelum melakukan penambahan trafo sisip menunjukkan trafo T16 dengan pembebanan 102.5% , sehingga daapt dikatakan pembebanan tersebut diluar batas standar PLN yaitu “SPLN No.17 Tahun 2014 standar pembebanan transformator hanya diizinkan antara 80% dari total kapasitas transformator”. Sedangkan rugi-rugi daya (*losses*) yang didapat sebesar 0,138 MW (daya aktif) dan 0.067 Mvar (daya reaktif).
2. Simulasi aliran daya pada penyulang Bawal Jurusan Arengka setelah melakukan penambahan trafo sisip menunjukkan trafo T16 dengan pembebanan 50.5% , sehingga daapt dikatakan pembebanan tersebut berada pada batas standar PLN yaitu “SPLN No.17 Tahun 2014 standar pembebanan transformator hanya diizinkan antara 80% dari total kapasitas transformator”. Sedangkan rugi-rugi daya (*losses*) terjadi penurunan yang didapat sebesar 0,129 MW (daya aktif) dan 0.058 Mvar (daya reaktif).
3. *Preventive Maintenance* yang dilakukan untuk mencegah besarnya rugi-rugi daya yaitu melakukan pengecekan secara rutin dan melakukan pengecekan beban trafo lebih awal dibanding pengecekan sebelumnya. Selanjutnya melakukan pengecekan kelapangan lebih efektif dari sebelumnya.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan melakukan penambahan trafo sisip dan melakukan pemeliharaan menggunakan metode *Preventive Maintenance* yang berupa analisis dan ekonomis pada sistem distribusi
2. Pihak PLN dapat segera menggunakan solusi yang ditawarkan peneliti bertujuan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada penyulang bawal jurusan arengka bahkan untuk semua penyulang yang ada dikota pekanbaru.
3. Pihak PLN disarankan untuk melakukan terjun kelapangan lebih lama dari waktu yang biasa ditentukan, untuk menemukan hal-hal yang bisa menyebabkan rugi-rugi daya terjadi



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Tanjung, “Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 Kv Gardu Induk Teluk Lembu Dan Pltmg Langgam Power Untuk Mengurangi Rugi Daya Dan Drop Tegangan,” vol. 11, no. 2, pp. 160–166, 2014.
- [2] J. Mangundap *et al.*, “Analisa Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Manado 2017,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 219–226, 2018.
- [3] D. Di and P. T. Pln, “Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN Palu,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 4, no. 1, pp. 64–71, 2015.
- [4] R. B. Binilang, H. Tumaliang, F. Lisi, and J. T. Elektro-ft, “Studi Analisa Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Primer 20 kV Di Kota Tahuna,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 69–78, 2017.
- [5] P. Mangera and D. Hardiantono, “ANALISIS RUGI TEGANGAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA PT. PLN (Persero) CABANG MERAUKE,” *Musamus J. Electro Mach. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–69, 2019.
- [6] A. Muhammad *et al.*, “Analisa Rugi-Rugi Energi Listrik Pada Jaringan Distribusi (JTM) Di PT. PLN (Persero) Area Gorontalo,” *Anal. Rugi-Rugi Energi List. Pada Jar. Distrib. Di PT. PLN Area Gorontalo*, vol. 7, no. 3, pp. 295–302, 2019, doi: 10.35793/jtek.7.3.2018.23634.
- [7] M. Zainuddin and L. Wiraputra, “Analisa Masuknya Gardu Induk Anggrek dan Rekonfigurasi Jaringan Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya (Studi Kasus PLN Rayon Kwandang Area Gorontalo),” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 12, no. 3, p. 83, 2017, doi: 10.17529/jre.v12i3.4234.
- [8] J. Jonny, H. Marbun, and R. Nasution, “Analisa Perbaikan Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Tegangan 380 Volt Dengan Pemerataan Beban,” vol. 1099, pp. 150–157.
- [9] S. dkk Muslim, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*. 2008
- [10] T.S Hutauruk, *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1993.
- [11] DIRREN, *PT PLN (PERSERO)UP3 Pekanbaru 2020-2027*. Pekanbaru, 2020.
- [12] T. A. Short, *Electrical distribution handbook Short*, no. C. 2004.
- [13] S. Muslim, Joko, and R. P. Winarti, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*, 3rd ed., vol. 53,
- [14] P. Gusti, I, Arka and N. Mudiana, “Studi Pengaruh Pemasangan Sistem Proteksi Rele Terhadap Kemungkinan Gangguan Sympathetic Tripping Pada Penyulang,” *J. Log.*, vol. 13, no. 3, pp. 142–147, 2013.

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.



- [15] Aslimetri, Genefri, and Z. Hamdi, *Pembangkit Tenaga Listrik*, 2nd ed., vol. 53, no. 9. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [16] R. Hasibuan, Abdurrozzaq Yusmartato, "Penentuan Nilai Arus Pemutusan Pemutus Tenaga Sisi 20 KV pada Gardu Induk 30 MVA Pangurusan," *J. Electr. Technol.*, vol. 1099, no. 3, pp. 53–58, 2018.
- [17] B. Baldwin, "Significance of K factor in Circuit Breaker Ratings," 2005.
- [18] L. Multa, *Modul Pelatihan ETAP*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada., 2013.
- [19] E. Mutari, "Analisis Ketidakseimbangan Beban dan Losses," *Tugas Akhir*, 2018.
- [20] PT. Sutrakabel Intimandiri, "Sutrado Kabel Product Catalogue," 2015.
- [21] A. S. Gianto, C. G. Irianto dan D. Gianto, "Perhitungan Penurunan Umur Transformator Akibat Pengaruh Suhu Lingkungan," *JETri*, vol. 13, pp. 15-36, 2015.
- [22] J. M. Tambunan, A. Hariyanto dan W. K. Tindra, "Kerja Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 150/20 Kv 60 Mva," *Jurnal Suten*, vol. 5, p. 91, 2015.
- [23] A. S. Gianto, "Analisa Perhitungan Umur Transformator Distribusi Yang Dioperasikan Di Indonesia," *JETri*, vol. 13, p. 16, 2014.
- [24] H. S. dan H. , "Analisis Suhu Hotspot dan Susut Umur Serta Pemodelan Distribusi Suhu Pada Belitan Transformator Daya," *Skripsi*, 2016.
- [25] R. Syadad, "Perkiraan Umur Transformator Tenaga Di Gardu Induk Banyudono Berdasar Variasi Pembebanan," *Tugas Akhir*, 2019.
- [26] E.12.6, *ETAP 12.6.0 User Guide*. User Guide, 2014.

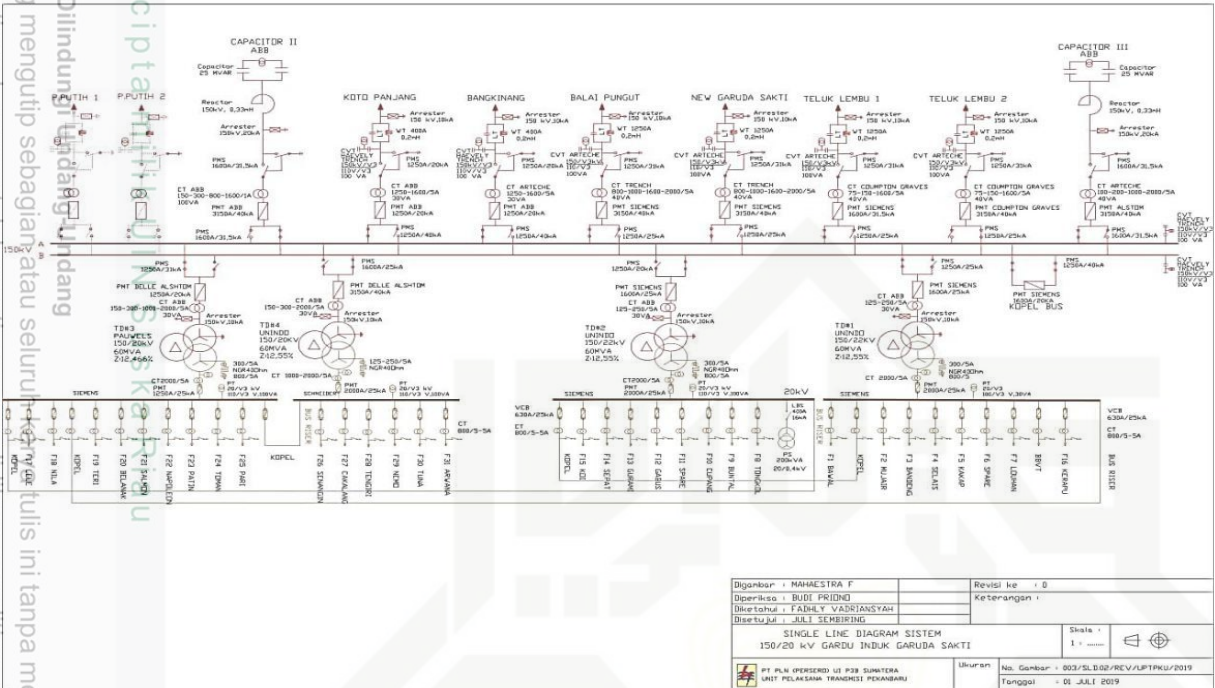
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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 A

SINGLE LINE DIAGRAM GARDU INDUK GARUDA SAKTI



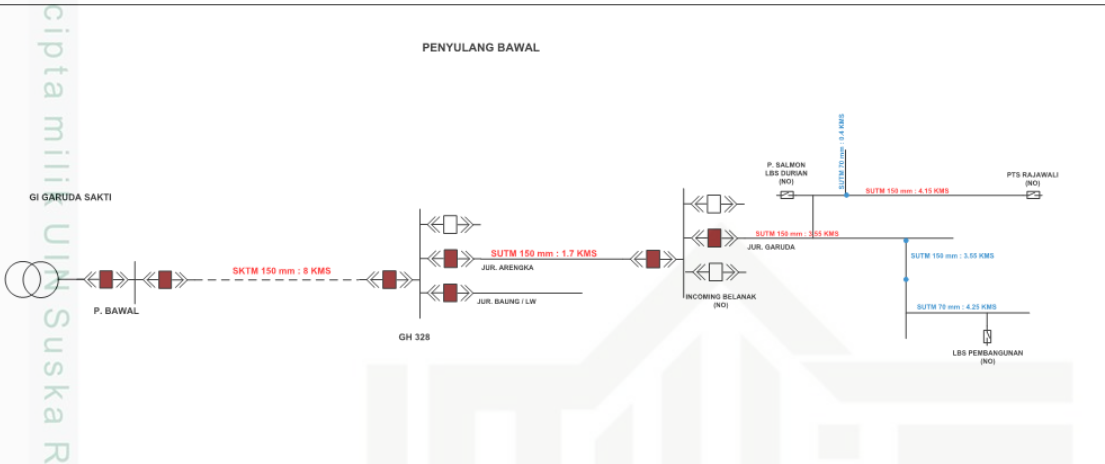
Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tulisan 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. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN B

SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG BAWAL



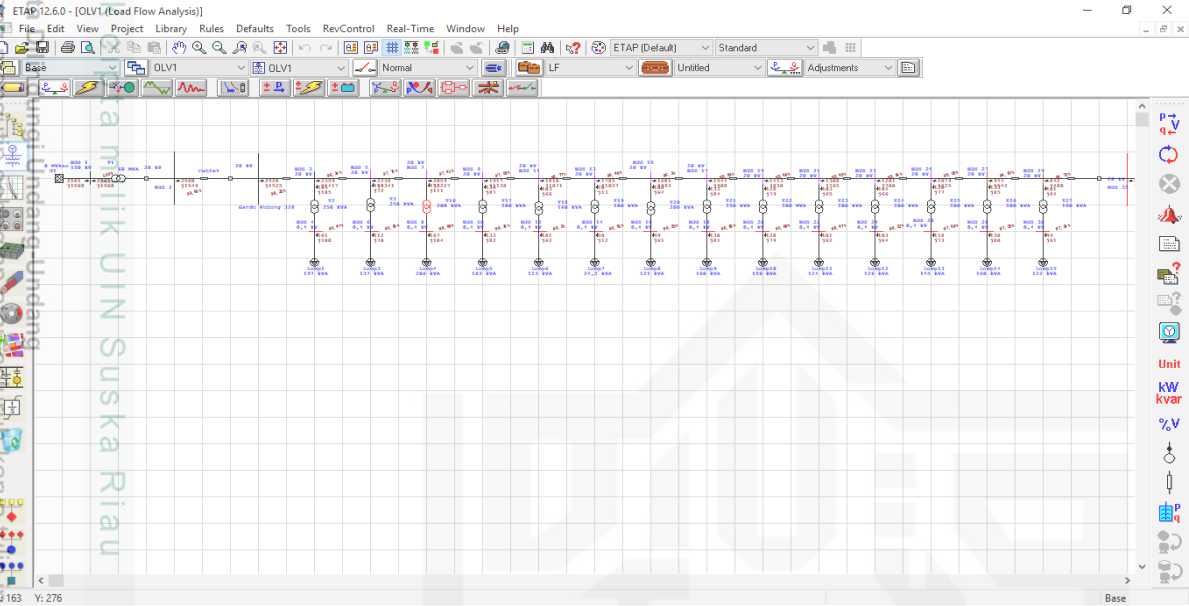
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

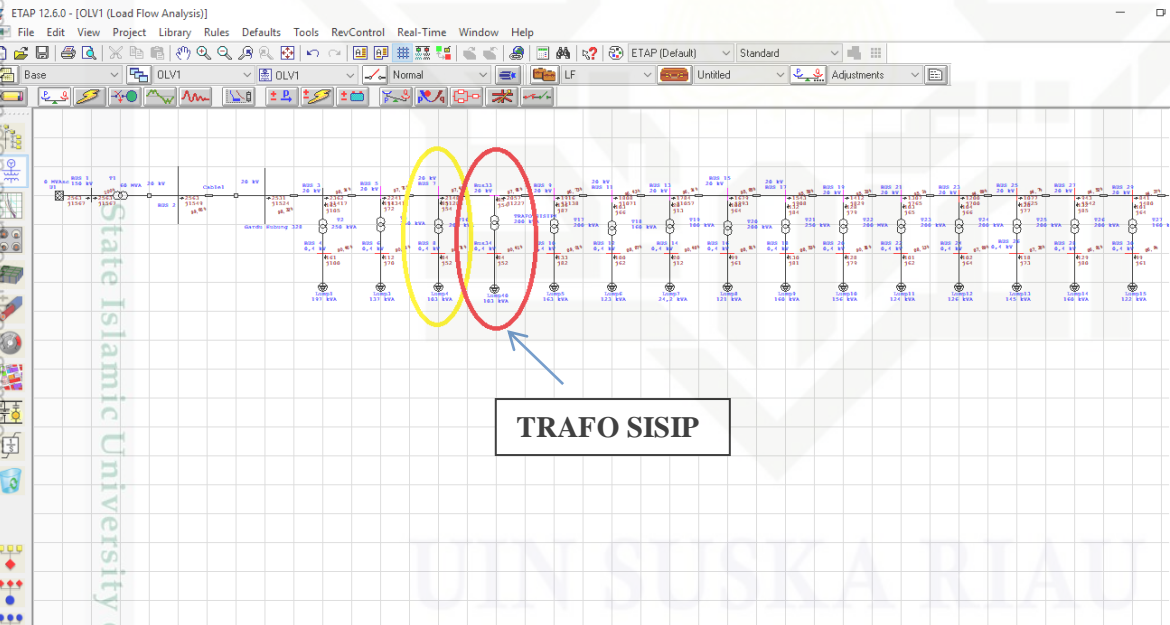


LAMPIRAN C

C.1 Rangkaian Penyulang Bawal Jurusan Arengka Pada ETAP 12.6



C.2 Rangkaian Penyulang Bawal Jurusan Arengka Setelah Penambahan Trafo Sisip



1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencari/mencantumkan dari sumbernya.
2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN D

DATA PENGUKURAN PLN TRAF0 DISTRIBUSI PENYULANG BAWAL

| No | No TRAF0 | MEREK TRAF0 | SERIAL NUMBER | FEEDER | F. No. (KVA) | I. No. (kVA) | Tipe | Pengukuran Bulan | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------------|----------------|-----------|--------------|--------------|----------|------------------|-----|-----|------------|-----|-----|------------|-----|-----|------------|---|---|---------|-------|-----|-----|-----|
| | | | | | | | | Jenerasi A | | | Jenerasi B | | | Jenerasi C | | | Jenerasi D | | | Tangguh | Jan | Feb | Mrt | Apr |
| | | | | | | | | R | S | T | R | S | T | R | S | T | R | S | T | | | | | |
| 43 | 148-0023 | STARLITE | - | OGF BAWAL | 250 | 360 | HERMETIK | 154 | 173 | 167 | 82 | 87 | 76 | 27 | 80 | 53 | | | | | 19.20 | 220 | 220 | 220 |
| 44 | 148-0035 | MCRAWA | - | OGF BAWAL | 250 | 360 | HERMETIK | 184 | 258 | 150 | | | | | | | | | | | 20.25 | 213 | 213 | 214 |
| 45 | 148-0041 | SPLITA | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 47 | 47 | 51 | 233 | 173 | 196 | 80 | 37 | 66 | | | | | 20.20 | 220 | 220 | 220 |
| 46 | 148-0059 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 250 | 360 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 20.25 | 225 | 225 | 225 |
| 47 | 148-0060 | STARLITE | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 85 | 74 | 65 | 58 | 65 | 78 | 86 | 94 | 101 | | | | | 19.40 | 225 | 225 | 225 |
| 48 | 148-0072 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 180 | 250 | HERMETIK | 80 | 76 | 41 | 126 | 128 | 83 | | | | | | | | 19.95 | 220 | 220 | 220 |
| 49 | 148-0088 | STARLITE | - | OGF BAWAL | 100 | 144 | HERMETIK | 24 | 35 | 35 | | | | | | | | | | | 20.05 | 220 | 220 | 220 |
| 50 | 148-0117 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 221 | 11 | 100 | 95 | 98 | 99 | | | | | | | | 19.25 | 224 | 224 | 224 |
| 51 | 148-0128 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 19.30 | 237 | 237 | 236 |
| 52 | 148-0132 | TRAFINDO | 11231008 | OGF BAWAL | 250 | 360 | HERMETIK | 85 | 88 | 78 | 54 | 68 | 121 | 98 | 200 | | | | | | 20.11 | 221 | 221 | 221 |
| 53 | 148-0143 | STARLITE | - | OGF BAWAL | 250 | 360 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 20.11 | 224 | 224 | 224 |
| 54 | 148-0152 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 160 | 230.4 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 19.10 | 220 | 220 | 220 |
| 55 | 148-0163 | STARLITE | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 66 | 45 | 53 | 60 | 37 | 83 | 112 | 70 | 147 | | | | | 19.10 | 220 | 220 | 220 |
| 56 | 148-0166 | SINTRA | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 19.15 | 227 | 227 | 226 |
| 57 | 148-0191 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 250 | 360 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 20.11 | 224 | 224 | 224 |
| 58 | 148-0204 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 20.15 | 229 | 229 | 229 |
| 59 | 148-0209 | STARLITE | 1114971044-120 | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 124 | 243 | 101 | 13 | 0 | 0 | 5 | 45 | 6 | | | | | 20.15 | 229 | 229 | 229 |
| 60 | 148-0234 | STARLITE | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 139 | 122 | 142 | 61 | 92 | 55 | | | | | | | | 19.15 | 227 | 227 | 226 |
| 61 | 148-0256 | STARLITE | 112310010 | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 151 | 128 | 147 | 85 | 71 | 68 | | | | | | | | 19.50 | 220 | 220 | 220 |
| 62 | 148-0289 | SINTRA | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 151 | 80 | 175 | 120 | 85 | 123 | | | | | | | | 20.20 | 220 | 220 | 220 |
| 63 | 148-0301 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 650 | 807.3 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 20.15 | 229 | 229 | 229 |
| 64 | 148-0339 | EBO | - | OGF BAWAL | 160 | 230.4 | HERMETIK | 214 | 150 | 164 | 133 | | | | | | | | | | 19.48 | 200 | 200 | 200 |
| 65 | 148-0358 | TRAFINDO | 08153852 | OGF BAWAL | 250 | 360 | HERMETIK | 78 | 62 | 73 | 139 | 211 | 187 | | | | | | | | 19.40 | 220 | 220 | 220 |
| 66 | 148-0397 | MAGISTERGREEN | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 150 | 123 | 81 | | | | | | | | | | | 19.40 | 220 | 220 | 220 |
| 67 | 148-0424 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 160 | 230.4 | HERMETIK | | | | | | | | | | | | | | 19.25 | 225 | 225 | 222 |
| 68 | 148-0428 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 160 | 230.4 | HERMETIK | 55 | 51 | 79 | 82 | 68 | 71 | | | | | | | | 19.25 | 225 | 225 | 223 |
| 69 | 148-0428 | TRAFINDO | - | OGF BAWAL | 200 | 288 | HERMETIK | 118 | 33 | 153 | 80 | 108 | 67 | | | | | | | | 19.50 | 220 | 220 | 220 |

LAMPIRAN E

HASIL RUNNING TOTAL BEBAN PENYULANG BAWAL SEBELUM PENAMBAHAN TRAF0 SISIP MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6

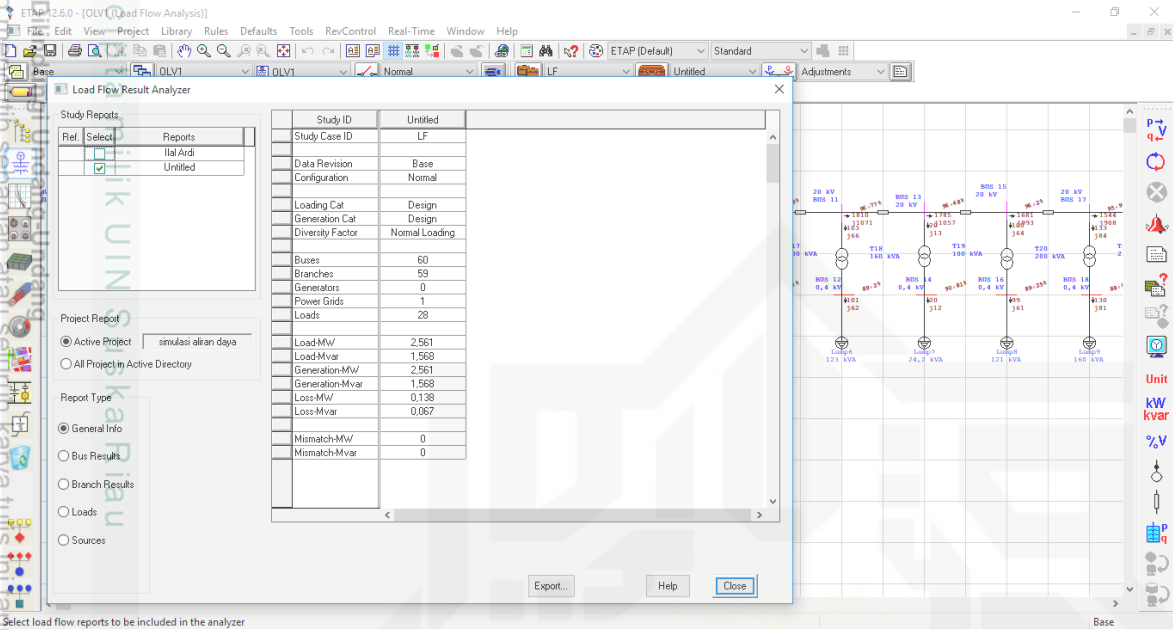
The screenshot displays the ETAP 12.6.0 software interface. The 'Load Flow Result Analyzer' window is open, showing a table with the following columns: ID, Type, M/W Flow, Mvar Flow, Amp Flow, and % Loading. The table lists results for various components (T1 to T33) with their respective load percentages. A detailed view of a specific component shows 'Loading' at 100% and 'Voltage Drop' at 95%. To the right, a power system diagram is visible, showing buses, lines, and transformers with their ratings and configurations.

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



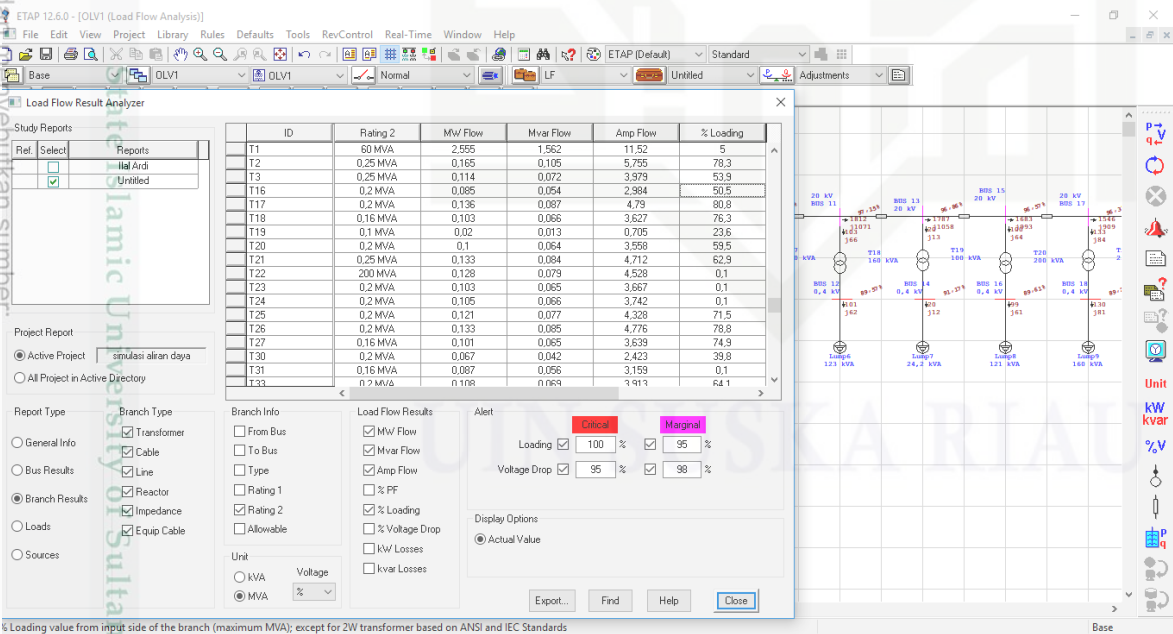
LAMPIRAN F

HASIL RUNNING RUGI-RUGI DAYA SEBELUM PENAMBAHAN TRAF0 SISIP MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6



LAMPIRAN G

HASIL RUNNING TOTAL BEBAN PENYULANG BAWAL SETELAH PENAMBAHAN TRAF0 SISIP MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6



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

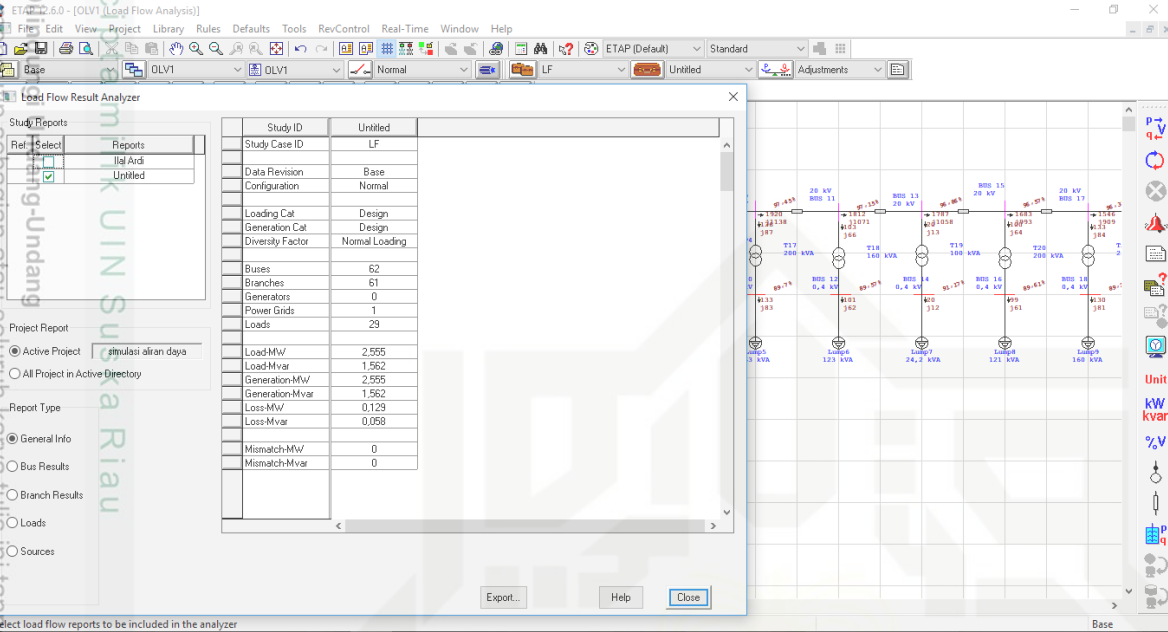
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

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.

LAMPIRAN H

HASIL RUNNING RUGI-RUGI DAYA SETELAH PENAMBAHAN TRAFKO SISIP MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6



LAMPIRAN I

PEMELIHARAAN AREA SEKITARAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI



1. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penulisan 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.



LAMPIRAN J

DATA PENGUKURAN SUHU TRAF0,ISOLASI, DAN BUSHING PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PENYULANG BAWAL JURUSAN ARENGKA

TERMACAME PENYULANG BAWAL 22 MARET 2022 - Microsoft Excel (Product Activation Failed)

| NO | ALAMAT | HASIL PENGAMBILAN FOTO | | | PARAMETER PENGUKURAN | | | | | | | HEALTH INDEX | TINDAK LANJUT |
|----|-----------------------------------------------|------------------------|-----------|-----------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|--------------------|
| | | SLD | FOTO ASLI | FOTO THERMACAME | ISOLATOR (C) | FCO (F) | TRAF0 (T) | BUSHING (B) | LBS (L) | ARRISTER (A) | JOINTING (J) | | |
| 1 | Jl. Arwana | | | | I1 = 26.1 °C I2 = 27.2 °C I3 = 27.5 °C | F1 = 27.7 °C F2 = 28.1 °C F3 = 28.7 °C | T = 47.6 °C | B1 = 28.0 °C B2 = 23.7 °C B3 = 23.4 °C | - | A1 = 27.9 °C A2 = 28.3 °C A3 = 28.4 °C | J1 = 22.4 °C J2 = 22.5 °C J3 = 22.9 °C | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |
| 2 | Jl. Arwana | | | | I1 = 24.1 °C I2 = 25.2 °C I3 = 26.5 °C | F1 = 27.0 °C F2 = 27.1 °C F3 = 27.7 °C | T = 41.6 °C | B1 = 28.7 °C B2 = 23.0 °C B3 = 23.7 °C | - | A1 = 27.0 °C A2 = 28.0 °C A3 = 28.9 °C | J1 = 22.9 °C J2 = 23.5 °C J3 = 24.9 °C | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |
| 3 | Jl. Subayang, Perumahan Paus Flower Residence | | | | I1 = 28.2 °C I2 = 27.8 °C I3 = 28.1 °C | F1 = 27.1 °C F2 = 27.0 °C F3 = 23.9 °C | T = 45.4 °C | B1 = 37.1 °C B2 = 37.4 °C B3 = 33.2 °C | - | A1 = 26.9 °C A2 = 26.6 °C A3 = 26.3 °C | J1 = 24.4 °C J2 = 21.8 °C J3 = 26.4 °C | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |
| 4 | Jl. Lima Dua, Paus | | | | I1 = 24.9 °C I2 = 23.8 °C I3 = 23.5 °C | F1 = 27.5 °C F2 = 23.8 °C F3 = 26.4 °C | T = 58.0 °C | B1 = 35.1 °C B2 = 34.7 °C B3 = 31.2 °C | - | A1 = 25.9 °C A2 = 25.5 °C A3 = 26.4 °C | J1 = 21.1 °C J2 = 19.2 °C J3 = 22.1 °C | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |
| | Jl. Paus, No. 1 | | | | I1 = 23.7 °C | F1 = 24.6 °C | | B1 = 31.1 °C | | A1 = 23.8 °C | J1 = 20.7 °C | I,F,A = Baik | Pemeriksaan Saat |

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.



LAMPIRAN K

DATA PENGUKURAN SUHU TRAF0,ISOLASI, DAN BUSHING PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PENYULANG BAWAL JURUSAN ARENGKA

TERMAMACE PENYULANG BAWAL 22 MARET 2022 - Microsoft Excel (Product Activation Failed)

| | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|---|---|-----------------------------------------|---|---|---|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------|---|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| 5 | | Jl. Paus, No. 28 Didepan Indomaret | | | | I1 = 23.7 °C I2 = 20.9 °C I3 = 22.7 °C | F1 = 24.6 °C F2 = 24.7 °C F3 = 24.5 °C | T = 39.2 °C | B1 = 31.1 °C B2 = 35.8 °C B3 = 33.5 °C | - | A1 = 23.8 °C A2 = 22.0 °C A3 = 23.8 °C | J1 = 20.7 °C J2 = 21.5 °C J3 = 21.9 °C | I, F, A = Baik B, T = Cukup | Pemeriksaan Saat Pemeliharaan Perbaiki < 3 Bulan |
| 6 | | Jl. Paus, No. 200, Depan Alfamart | | | | I1 = 23.2 °C I2 = 23.0 °C I3 = 23.1 °C | F1 = 21.7 °C F2 = 23.3 °C F3 = 22.7 °C | T = 58.5 °C | B1 = 23.6 °C B2 = 25.3 °C B3 = 24.4 °C | - | A1 = 28.7 °C A2 = 23.7 °C A3 = 23.9 °C | J1 = 23.1 °C J2 = 24.2 °C J3 = 25.1 °C | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |
| 7 | | Jl. Paus, No. 56 | | | | I1 = 22.2 °C I2 = 22.1 °C I3 = 21.1 °C | - | - | - | - | - | J1 = 19.8 °C J2 = 19.7 °C J3 = 19.1 °C | Bagus | Pemeriksaan Saat Pemeliharaan |
| 8 | | Jl. Paus, Gg. Lumba-Lumba | | | | I1 = 29.7 °C I2 = 29.7 °C I3 = 29.6 °C | F1 = 27.6 °C F2 = 29.0 °C F3 = 29.2 °C | T = 38.1 °C | B1 = 32.6 °C B2 = 32.7 °C B3 = 33.0 °C | - | A1 = 29.1 °C A2 = 29.0 °C A3 = 29.1 °C | J1 = 24.7 °C J2 = 24.2 °C J3 = 25.1 °C | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |
| 9 | | Jl. Paus, No. 5, Disamping Raja Bingkai | | | | I1 = 25.1 °C I2 = 26.3 °C I3 = 25.8 °C | F1 = 27.0 °C F2 = 26.6 °C F3 = 27.1 °C | T = 49.9 °C | B1 = 32.6 °C B2 = 32.7 °C B3 = 33.0 °C | - | A1 = 26.4 °C A2 = 29.5 °C A3 = 26.0 °C | J1 = 20.9 °C J2 = 21.9 °C J3 = 22.3 °C | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |

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 L

DATA PENGUKURAN SUHU TRAF0,ISOLASI, DAN BUSHING PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PENYULANG BAWAL JURUSAN ARENGKA

TERMACAME PENYULANG BAWAL 22 MARET 2022 - Microsoft Excel (Product Activation Failed)

| No | Lokasi | Thermocam | Thermocam | Thermocam | I1 | I2 | I3 | F1 | F2 | F3 | T | B1 | B2 | B3 | A1 | A2 | A3 | J1 | J2 | J3 | Kondisi | Tindakan |
|----|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|-------------------------------|
| 10 | Jl. Paus Tengah, No. 42 | | | | 26.1 | 25.4 | 26.1 | - | - | - | - | - | - | - | 24.3 | 23.0 | 24.5 | 24.3 | 23.0 | 24.5 | Bagus | Pemeriksaan Saat Pemeliharaan |
| 11 | Jl. Paus, Gg. Undang No. 10 | | | | 24.3 | 24.3 | 25.9 | 25.5 | 25.3 | 25.7 | 39.8 | 33.8 | 33.6 | 33.0 | 24.5 | 24.7 | 24.7 | 24.9 | 25.2 | 25.9 | Bagus | Pemeriksaan Saat Pemeliharaan |
| 12 | Jl. Paus Tengah | | | | 22.9 | 22.4 | 22.7 | 23.2 | 23.5 | 23.8 | 42.3 | 33.4 | 33.6 | 33.8 | 25.4 | 25.6 | 25.6 | 23.7 | 23.2 | 24.1 | Bagus | Pemeriksaan Saat Pemeliharaan |
| 13 | Jl. Paus Tangkerang Tengah, No. 31b | | | | 29.4 | 29.4 | 29.5 | 31.8 | 31.9 | 31.3 | 51.8 | 40.4 | 40.9 | 41.4 | 30.1 | 29.4 | 29.5 | 25.6 | 26.6 | 26.9 | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |
| 14 | Jl. Paus, No. 62 C | | | | 26.0 | 26.4 | 26.8 | 27.6 | 27.0 | 27.2 | 50.2 | 40.9 | 39.9 | 39.7 | 26.4 | 26.5 | 26.9 | 22.4 | 23.4 | 24.4 | Cukup | Perbaiki < 3 Bulan |

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.



BIOGRAFI PENULIS



NAMA LENGKAP : Rahmatul Ilal Ardi
N I M : 11655101266
Tahun Masuk UIN Suska : 2016
Konsentrasi : Energi
Telepon / HP : 0812 6890 6907
Email : rahmatulilalardi25@gmail.com
Alamat Orang Tua : JL K.H Wahid Hasyim, Duri-Riau
Nama SLTA : SMAN 4 Mandau
Prodi SLTA : TEKNIK ELEKTRO

Judul KP/Proyek Mini : Pemeriksaan dan Pemeliharaan APP (Alat Pelanggan Pengukuran Tidak Langsung Tegangan Tinggi Daya 105 kVA- 200 kVA)
Tempat KP/Proyek Mini : PT PLN (Persero) UP3 Pekanbaru
Pembimbing KP/Proyek Mini : Mulyono ST.,MT

Judul TA : Analisis Penurunan Rugi-Rugi Daya Dengan Penambahan dan Pemeliharaan Transformator Pada Saluran Distribusi 20 kV (Studi Kasus: PT.PLN (Persero) UP3 Pekanbaru)
Pembimbing TA (1) : Dr. Liliana, ST., M.Eng
Pembimbing TA (2) : Dr. Liliana, ST., M.Eng
Penguji Sidang TA (1) : Novi Gusnita ST.,MT
Penguji Sidang TA (2) : Marhama Jelita S.Pd., M.Sc
Lama Studi : 12 Semester
Dosen PA terakhir : Novi Gusnita ST.,MT

Tempat Kerja Sekarang :
 (jika sudah bekerja)
Posisi/Jabatan :
Tahun Mulai Kerja :
 Pekanbaru, 12 Januari 2022

Rahmatul Ilal Ardi

- Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penulisan biografi penulis adalah sebagai berikut:
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.