

**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 PENEMPATAN, PENYETTINGAN, DAN KOORDINASI  
OVER CURRENT RELAY ( OCR), GROUND FAULT RELAY  
(GFR) DAN RECLOSER PADA PENYULANG BARU**

**(Studi Kasus: PT. PLN (PERSERO) ULP Pangkalan)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

**BAYU GOVINDA ANGGARA**

**11750514978**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU**

**2022**

**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 PENEMPATAN, PENYETTINGAN, DAN KOORDINASI  
OVER CURRENT RELAY ( OCR), GROUND FAULT RELAY  
(GFR) DAN RECLOSER PADA PENYULANG BARU  
(Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Pangkalan))**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**BAYU GOVINDA ANGGARA**  
**11750514978**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknis Elektro  
di Pekanbaru, Pada tanggal 18 Januari 2022

**Ketua Program Studi  
Teknik Elektro**

Digitally  
signed by  
Zulfatri Aini  
Tanggal:  
2022.01.24  
15:35:04  
WIB

**Dr. Zulfatri Aini, ST., M. T**  
**NIP. 19721021 200604 2 001**

**Pembimbing**

Digitally  
signed by  
Liliana  
Tanggal:  
2022.01.2  
1 11:38:53  
WIB

**Dr. Liliana, S., M. Eng**  
**NIP. 19781012 200312 2 004**

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 PENEMPATAN, PENYETTINGAN, DAN KOORDINASI  
OVER CURRENT RELAY ( OCR), GROUND FAULT RELAY  
(GFR) DAN RECLOSER PADA PENYULANG BARU  
(Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Pangkalan))

TUGAS AKHIR

Oleh :

**BAYU GOVINDA ANGGARA**  
11750514978

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan  
Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 18 Januari 2022

Pekanbaru, 18 Januari 2022

Mengesahkan,



**Dr. Hartono, M.Pd**  
NIP. 196403011992031003

DEWAN PENGUJI :


Ketua Sidang: Sutoyo, S. T., M. T

Sekretaris : Dr. Liliana, S. T., M. Eng

Anggota 1 : Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc

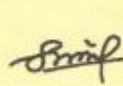
Anggota 2 : Novi Gusnita, S. T., M. T

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro




Digitally signed by  
Zulfatri Aini  
Tanggal: 2022.01.24  
16:34:28 WIB

**Dr. Zulfatri Aini, ST., M. T**  
NIP. 197210212006042001



Digitally signed  
by Sutoyo  
Tanggal:  
2022.01.24  
16:25:13 WIB



Digitally signed  
by Liliana Tanggal:  
2022.01.23  
11:26:01 WIB



Digitally signed by Dr. Kunaifi,  
S. T., PgDipEnSt., M.Sc  
Location: Pekanbaru  
Date: 2022.01.24 16:47:49 WIB



Digitally signed by  
Novi Gusnita  
Tanggal: 2022.01.21  
11:41:43 WIB



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

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini :  
Nama : Bayu Govinda Anggara.  
NIM : 11750514978  
Tempat/ Tgl. Lahir : Concong Luar, 08 Desember 1998.  
Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi /  
Prodi : Teknik Elektro.

Judul Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya\*:  
Analisis Penempatan, Penyettingan, dan Koordinasi Over current Relay  
(OCR), Ground fault Relay (GFR), dan Recloser Pada  
Penyalang Baru. (Studi kasus : PT. PLN (Persero) UEP  
Pangkalan)).

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Disertai/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.

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

Pekanbaru,..... Januari 2022  
Yang membuat pernyataan



*Bayu Govinda Anggara*  
Bayu Govinda Anggara.  
NIM : 11750514978.

• pilih salah satu sesuai jenis karya tulis

Hak  
1. D  
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 HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan di perkenankan dicatat, tetapi penutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan keabsahan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

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

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin, memperbanyak atau menerbitkan atau melakukan tindakan lain yang merugikan tanpa izin dari penulis atau penerbit.
  - 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, 18 Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



**Bayu Govinda Anggara**  
**11750514978**



UIN SUSKA RIAU

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menjiplak, menyalin 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 seluruhnya atau cara-cara lain untuk mencantumkan dan menyebarluaskan sumber atau isi dari karya tulis ini 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

**Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang**

*Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu, dan barangsiapa yang menghendaki kehidupan akhirat, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki keduanya, maka wajib baginya berilmu.*

*(HR. Tirmidzi)*

Terima Kasih Ya Allah...

Sembah sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah, zat yang Maha Pengasih namun tak pernah pilih kasih dan Maha Penyayang yang kasih sayang-Nya tak terbilang. Engkau zat yang Maha membolak-balikkan hati, teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan sholawat beriring salam penggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sosok panutan umat, pembangun peradaban manusia yang beradab Nabi Muhammad SAW.

*Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.*

*(QS : Al-Mujadilah 11)*

Ku persembahkan karya ini untuk Ayahanda tercinta, sosok pejuang dalam hidupku yang tak pernah mengenal kata lelah apalagi mengeluh serta Ibunda tersayang, malaikat tanpa sayap dalam hidupku yang tak kenal waktu siang dan malam selalu menjaga dan melindungi hingga aku bisa sampai seperti sekarang ini, Adik-adik tercinta, seluruh keluarga serta sahabat dan seluruh keluarga besar teknik elektro UIN SUSKA RIAU yang doanya senantiasa mengiringi setiap derap langkahku dalam meniti kesuksesan.

*Dan katakanlah: "Ya Tuhan-ku, masukkan aku ke tempat masuk yang benar dan keluarkanlah (pula) aku ke tempat keluar yang benar dan berilah aku disisi-Mu kekuasaan yang dapat menolongku."*

*(QS: Al-Isra 80)*

| Bayu Govinda Anggara |  
| 18 Januari 2022 |

**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 PENEMPATAN, PENYETTINGAN, DAN KOORDINASI  
OVER CURRENT RELAY ( OCR), GROUND FAULT RELAY (GFR),  
DAN RECLOSER PADA PENYULANG BARU**

**(Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Pangkalan))**

**BAYU GOVINDA ANGGARA  
1170514978**

Tanggal Sidang : 18 Januari 2022  
Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. HR. Soebrantas no. 155 Panam, Pekanbaru

**ABSTRAK**

UIN SUSKA RIAU



# PLACEMENT, SETTING, AND COORDINATION ANALYSIS OF OVER CURRENT RELAY (OCR), GROUND FAULT RELAY (GFR), AND RECLOSER ON NEW FEEDER

(Case Study: PT. PLN (PERSERO) ULP Pangkalan))

**BAYU GOVINDA ANGGARA**  
**1170514978**

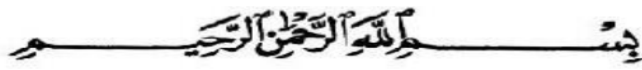
Date of Examination : January 18, 2022  
Electrical Engineering Department  
Faculty of Science and Technology  
Sultan Syarif Kasim State Islamic University Riau  
St. HR. Soebrantas no. 155 Panam, Pekanbaru

## ABSTRACT

The Muaro Pati feeder continues to experience an increase in loading due to the industrial sector and the household sector, resulting in greater power losses. PLN plans to add new feeders to overcome this problem. The safety system with OCR, GFR and Recloser in the Muaro Pati feeder is re-evaluated, while the new feeder must be analyzed for placement and settings in providing protection against short circuit disturbances, both temporary and permanent disturbances, and testing the coordination. Meanwhile, for setting OCR, GFR and Recloser, it is done by calculating source impedance, transformer reactance, feeder impedance, equivalent impedance, short circuit fault to get the TMS and PS values. Placement of relays on the incoming and outgoing sides in each predetermined zone. Furthermore, testing the OCR, GFR and Recloser relays by using variations in motor loads and static loads by providing fault current. This method is carried out under peak load conditions, then using fault point distances at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%, and the relay working time used is Inverse and Instant curves. The results obtained include the evaluation results of the Muaro Pati feeder that the relay works uncoordinated by giving trips to other feeders so that a new calculation is carried out and the placement of protection systems for OCR, GFR and Recloser in all feeders, the results of the settings obtained on the new feeder with the forging of the relay. in zone one for the incoming side is 0.17 seconds OCR and 0.2 seconds GFR, and the outgoing side for OCR is 0.15 seconds and 0.13 seconds GFR. Then for the Muaro Pati feeder with relay placement in zone two, the incoming side on the OCR is 0.07 seconds and the GFR is 0.08 seconds, and the outgoing side on the OCR is 0.03 seconds and the GFR is 0.04 seconds. In addition, the recloser is placed in zone three with the setting values obtained, namely OCR 0.02 seconds and GFR 0.02 seconds. The results of the coordination obtained are proof of the calculation of the protection system that forms a good relay coordination and the coordination curve does not overlap between different relays and has a grading time in each feeder of 0.02 seconds to 0.05 seconds.

**Keywords:** Relay, Power Flow, Short Circuit, ETAP 12.6.0.

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh*

*Allhamdulillah Rabbil 'Alamin* penulis ucapkan sebagai rasa syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, rahmat dan ilmu-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam terucap buat junjungan alam Nabi besar Muhammad SAW *Allahumma Sholli'ala Sayyidina Muhammad Wa'ala Ali Sayyidina Muhammad*, karena pada beliau yang telah membawa manusia merasakan nikmatnya Islam seperti sekarang ini. Laporan tugas akhir ini berjudul ***“Analisis Penempatan, Penyettingan, dan Koordinasi Over Current Relay (OCR), Ground Fault Relay (GFR), dan Recloser Pada Penyulang Baru (Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Pangkalan)”***. Dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam memperoleh ilmu pengetahuan dan pengalaman dalam penyusunan laporan ini, baik berupa bantuan materi maupun berupa motivasi dan dukungan kepada penulis. Maka dari itu, Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Teristimewa Kedua Orang tua penulis, serta kakak, dan adik-adik dan keluarga besar yang telah mendoakan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat tawakal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik;
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau;
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau;
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Sutoyo, ST., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau;
6. Bapak Ahmad Faizal, ST., M.T. selaku koordinator Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu membantu memberikan inspirasi dan

motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing luar biasa yang selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan sabar memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;

8. Bapak Jufrizel, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik yang mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Energi Fakultas Sains dan Teknologi

9. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi, khususnya Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

10. Seluruh Teman-Teman Energi Angkatan 17 yang begitu banyak membantu dan mendoakan.

11. Seluruh pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan Laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan laporan ini.

*Wassalamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh*

Pekanbaru, 18 Januari 2022



**BAYU GOVINDA ANGGARA**  
**11755102098**

UIN SUSKA RIAU

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



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMBANG / NOTASI</b> .....	xviii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-6
1.3 Tujuan Penulisan .....	I-6
1.4 Batasan Masalah .....	I-7
1.5 Manfaat .....	I-7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	II-1
2.2 Landasan Teori .....	II-3
2.2.1 Pembangkit Listrik .....	II-3
2.2.2 Gardu Induk .....	II-4
2.2.2.1 Transformator Pada Gardu Induk .....	II-4
2.2.2.2 Jenis Transformator .....	II-5
2.2.2.3 Gardu Induk Berdasarkan Jumlah <i>Busbar</i> .....	II-7

© 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 mengutip 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.

23	Bagian Distribusi .....	II-10
2.3.1	Konfigurasi Jaringan Distribusi.....	II-10
24	Konduktor.....	II-12
25	Komponen Simetris .....	II-14
26	Gangguan Hubung Singkat.....	II-15
2.6.1	Aplikasi Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat.....	II-15
2.6.1.1	Perhitungan Impedansi Sumber .....	II-16
2.6.1.2	Perhitungan Impedansi Trafo.....	II-16
2.6.1.3	Perhitungan Impedansi Penyulang.....	II-18
2.6.1.4	Perhitungan Impedansi Ekuivalen .....	II-18
2.6.2	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.....	II-19
2.6.3	Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa Ke Tanah.....	II-20
2.6.4	Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa .....	II-21
2.6.5	Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa .....	II-21
27	Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik.....	II-22
2.7.1	Pengertian Sistem Proteksi .....	II-22
2.7.2	Perangkat Pada Sistem Proteksi .....	II-23
2.7.3	Tujuan Sistem Proteksi.....	II-25
2.7.4	Persyaratan Sistem Proteksi .....	II-25
2.7.5	Relai Arus Lebih .....	II-26
2.7.5.1	<i>Standar Inverse (SI) Atau Normal Inverse (NI)</i> .....	II-27
2.7.5.2	<i>Very Inverse</i> .....	II-27
2.7.5.3	<i>Extremely Inverse (EI)</i> .....	II-28
2.7.5.4	<i>Instantaneous (high set relay)</i> .....	II-28
2.7.6	Relai Gangguan Tanah .....	II-29
2.8	<i>Recloser</i> .....	II-31
2.8.1	Prinsip Kerja Recloser .....	II-32
2.8.2	Jenis-Jenis Recloser.....	II-32
2.9	Penempatan Relai OCR, GFR, dan Recloser Pada Penyulang Baru.....	II-33
2.10	Perancangan Sistem Proteksi Pada Penyulang Baru .....	II-34
2.10.1	Penentuan Parameter Perancangan Sistem Proteksi.....	II-34

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengantumkan 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.

2.10.2	Parameter Perhitungan Impedansi .....	II-34
2.10.3	Parameter Perhitungan Gangguan Hubung Singkat .....	II-35
2.10.4	Parameter Perhitungan OCR dan GFR di sisi <i>Incoming</i> dan <i>Outgoing</i> .....	II-35
2.11	Koordinasi Sistem Proteksi .....	II-35
2.11	ETAP POWER STATION 12.6.0 .....	II-35
2.12.1	Simbol Komponen Pada ETAP .....	II-36
2.12.2	Analisa Koordinasi Proteksi .....	II-37
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Jenis Penelitian .....	III-1
3.2	Lokasi Penelitian .....	III-1
3.3	Prosedur Penelitian .....	III-2
3.4	Studi Literatur .....	III-3
3.5	Pengumpulan Data Sekunder .....	III-4
3.6	Analnsisi Kondisi <i>Eksisting</i> .....	III-7
3.6.1	Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Pada Kondisi <i>Eksisting</i> .....	III-9
3.6.2	Simulasi Aliran Daya .....	III-9
3.6.3	Simulasi Koordinasi Kinerja Relai .....	III-10
3.6.4	Evaluasi Kondisi <i>Eksisting</i> .....	III-10
3.7	Rekomendasi Soudi .....	III-10
3.8	Perhitungan Penyettingan OCR, GFR, dan <i>Recloser</i> Pada Penyulang Baru .....	III-11
3.8.1	Penentuan Penyettingan Jenis Relai Pada Sistem Proteksi .....	III-12
3.8.2	Penentuan Kurva Relai Dalam Melakukan Penyettingan .....	III-12
3.8.3	Perhitungan Sistem Proteksi Dalam Mengoptimalkan Kinerja Relai .....	III-13
3.9	Penempatan Sistem Proteksi Untuk OCR, GFR, dan <i>Recloser</i> .....	III-14
3.10	Proses Simulasi Kondisi Resetting .....	III-15
3.10.1	Simulasi Aliran Daya .....	III-16
3.10.2	Simulasi Gangguan Hubung Singkat .....	III-17
3.10.3	Simulasi Kinerja Relai .....	III-17
3.10.4	Kombinasi kurva .....	III-18
3.11	Mengoptimalkan Kinerja Relai Dalam Pergantian Kurva .....	III-15
3.12	Tahap Validasi .....	III-19



3.1	Simulasi Dengan Menggunakan ETAP.....	III-20
3.13.1	Input Data Jaringan .....	III-20
3.14	Hasil dan Analisa.....	III-24
3.15	Kesimpulan dan Saran.....	III-24
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN</b>		
4.1	Hasil Penelitian .....	IV-1
4.2	Analisis Kondisis Resetting.....	IV-1
4.2.1	Pemodelan SLD Pada Kondisi <i>Eksisting</i> .....	IV-1
4.2.2	Simulasi Aliran Daya .....	IV-2
4.2.3	Simulasi Kinerja Relai Dengan Kondisi <i>Eksisting</i> .....	IV-3
4.2.4	Evaluasi Kondisi <i>Eksisting</i> .....	IV-6
4.3	Rekomendasi Solusi .....	IV-7
4.4	Penyettingan OCR, GFR, dan Recloser Saat Penambahan Penyulang Baru.....	IV-7
4.4.1	Hasil Penentuan Jenis Relai .....	IV-7
4.4.2	Hasil Penentuan Kurva Relai .....	IV-8
4.4.3	Hasil Perhitungan Sistem Proteksi Pada Penyulang Baru.....	IV-8
4.4.3.1	Perhitungan Impedansi Sumber .....	IV-9
4.4.3.2	Perhitungan Reaktansi Trafo.....	IV-9
4.4.3.3	Perhitungan Impedansi Penyulang.....	IV-10
4.4.3.4	Perhitungan Impedansi Ekuivalen .....	IV-12
4.4.3.5	Perhitungan Gangguan Hubung Singkat.....	IV-14
4.4.3.6	Perhitungan OCR, GFR dan <i>Recloser</i> .....	IV-17
4.4	Hasil Penempatan Relai OCR,GFR, dan <i>Recloser</i> Pada Penyulang Baru .....	IV-20
4.5	Hasil Simulasi Kondisi <i>Resetting</i> .....	IV-21
4.5.1	Hasil Penyettingan Sistem Proteksi Dengan Kondisi <i>Resetting</i> .....	IV-21
4.5.2	Hasil Simulasi Aliran Daya .....	IV-22
4.5.3	Hasil Simulasi Hubung Singkat .....	IV-22
4.5.4	Hasil Simulasi Kinerja Relai .....	IV-26
4.5.5	Hasil Kombinasi Kurva.....	IV-29

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

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

**BAB V PENUTUP**

1. Kesimpulan.....	V-1
2. Penutup.....	V-2

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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



UIN SUSKA RIAU

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	II-4
2.2 <i>Singel Busbar</i> Pada Gardu Induk .....	II-7
2.3 <i>Double Busbar</i> Pada Gardu Induk.....	II-7
2.4 <i>Ring Busbar</i> Pada Gardu Induk.....	II-8
2.5 Satu Setengah Busbar Pada Gardu Induk.....	II-8
2.6 Sistem Distribusi .....	II-10
2.7 Konfigurasi <i>Radial</i> .....	II-11
2.8 Konfigurasi <i>Loop</i> .....	II-11
2.9 Konfigurasi <i>Spindel</i> .....	II-12
2.10 Tipe Konduktor Dalam Penghantar.....	II-13
2.11 Fasor Komponen Simetris .....	II-14
2.12 Diagram Reaktansi Urutan Positif dan Negatif .....	II-17
2.13 Diagram Reaktansi Urutan Nol .....	II-18
2.14 Perhitungan Impedansi Ekuivalen.....	II-19
2.15 Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah .....	II-20
2.16 Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah .....	II-21
2.17 Hubung Singkat Tiga Fasa .....	II-23
2.18 Diagram Blok Relai .....	II-25
2.19 Diagram Relai Proteksi.....	II-29
2.20 <i>Singel Shot Reclosing Relay</i> .....	II-32
2.21 <i>Multi Shot Reclosing Relay</i> .....	II-33
2.22 Pengaman Sistem Jaringan Distribusi .....	II-36
2.23 Simbol Generator.....	II-38
2.24 Simbol Kabel .....	II-38
2.25 Simbol <i>Grid</i> .....	II-38
2.26 Simbol Transformator.....	II-38
2.27 Tampilan Menu Gangguan Hubung Singkat .....	II-39
2.28 Tampilan Menu Koordinasi Proteksi.....	II-39



31	Alur Tahapan Penelitian .....	III-39
32	<i>Single Line Diagram</i> UP3 Payakumbuh.....	III-4
33	Skema Kondisi <i>Eksisting</i> .....	III-8
34	Menu Simulasi Aliran Daya .....	III-9
35	Skema Penyettingan Sistem Proteksi .....	III-12
36	Skema Simulasi Kondisi <i>Resetting</i> .....	III-16
37	Menentukan Jenis Hubung Singkat Kondisi <i>Eksisting</i> .....	III-17
38	Penentuan Kurva Relai .....	III-19
39	Penginputan Data Grid .....	III-20
40	Penginputan Data Trafo.....	III-21
41	Penginputan Data Generator.....	III-22
42	Penginputan Data Transformator.....	III-22
43	Penginputan <i>Setting</i> Relai.....	III-22
44	Penginputan Data <i>Circuit Breaker</i> .....	III-23
45	Penginputan Data Konduktor .....	III-23
46	Penginputan Data Beban .....	III-24
47	SLD Sistem Proteksi Pada Saat Kondisi <i>Eksisting</i> .....	IV-2
48	SLD Sistem Proteksi Pada Saat Kondisi <i>Resetting</i> .....	IV-23

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

2. Dilarang mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

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

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
21 Jenis Koneksi Belitan Transformator .....	II-5
22 Faktor Pengali PMT .....	II-9
23 Data Bentuk Ukuran Impedansi Penghantar .....	II-14
24 Persamaan Standar Dari Amerika dan IEC .....	II-27
31 Spesifikasi Trafo.....	III-5
32 Data Penyulang.....	III-6
33 Kondisi Settingan Yang Ada Untuk Feeder Muaro Pati dan Recloser .....	III-7
41 Hasil Aliran Daya Untuk Semua <i>Feeder</i> .....	IV-3
42 Hasil Koordinasi Kinerja Relai Variasi Beban (Motor 50% dan Statis 50%).....	IV-4
43 Hasil Koordinasi Kinerja Relai Variasi Beban (Motor 100% dan Statis 0%).....	IV-5
44 Kondisi Eksisting Pada Penyulang Muaro Pati .....	IV-6
45 Hasil Perhitungan Impedansi Jaringan Setiap Zona .....	IV-11
46 Hasil Perhitungan Impedansi Ekuivalen.....	IV-13
47 Hasil Perhitungan Gangguan Hubung Singkat.....	IV-15
48 Hasil Perhitungan OCR, GFR, dan <i>Recloser</i> .....	IV-19
49 Hasil Simulasi Aliran Daya Pada Kondisi Beban Puncak.....	IV-21
410 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban (Motor 50% dan Statis 50%).....	IV-22
411 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban (Motor 100% dan Statis 0%).....	IV-24
412 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban (Motor 50% dan Statis 50%) .....	IV-26
413 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban (Motor 100% dan Statis 0%) .....	IV-27

Hak Cipta dan Hak Milik Intelektual UIN Suska Riau  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan 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.

## DAFTAR RUMUS

	<b>Halaman</b>
2.1 Besarnya Arus Trafo .....	II-5
2.2 Kapasitas CB / PMT .....	II-9
2.3 Arus Urutan Komponen Simetris .....	II-14
2.4 Impedansi Sumber (MVASC) .....	II-16
2.5 Impedansi Sumber 150 kV .....	II-16
2.6 Impedansi Sumber 20 kV .....	II-16
2.7 Nilai Reaktansi Urutan Positif dan Negatif .....	II-17
2.8 Nilai Reaktansi Trafo Urutan Positif dan Negatif .....	II-17
2.9 Nilai Reaktansi Trafo Urutan Nol .....	II-18
2.10 Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif .....	II-18
2.11 Impedansi Penyulang Urutan Nol .....	II-18
2.12 Impedansi Ekuivalen Urutan Positif dan Negatif .....	II-19
2.13 Impedansi Ekuivalen Urutan Nol .....	II-19
2.14 Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah .....	II-20
2.15 Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah .....	II-20
2.16 Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa .....	II-21
2.17 Arus <i>Pick Up</i> Relai .....	II-26
2.18 Arus Primer Untuk <i>Outgoing</i> (OCR) .....	II-27
2.19 Arus Primer Untuk <i>Incoming</i> (OCR) .....	II-27
2.20 Rasio Trafo .....	II-27
2.21 <i>Standar Inverse</i> Dalam Perhitungan Relai .....	II-28
2.22 <i>Standar Inverse</i> Berdasarkan Waktu Kerja .....	II-28
2.23 Waktu <i>Very Inverse</i> (VI) .....	II-28
2.24 Waktu <i>Extremely Inverse</i> (EI) .....	II-28
2.25 Arus Primer Untuk <i>Outgoing</i> (GFR) .....	II-29
2.26 Arus Primer Untuk <i>Incoming</i> (GFR) .....	II-29
3.1 Perkiraan Beban Puncak .....	III-6



## DAFTAR LAMBANG / NOTASI

$\theta$	: Sudut
$A$	: Ampere
$I$	: Arus
$I_0$	: Arus urutan nol
$I_1$	: Arus urutan positif
$I_2$	: Arus urutan negatif
$I_{sm}$	: Arus hubung singkat
$I_{pick\_up}$	: Arus nominal beban
$R$	: Arus pick up
$R_0$	: Resistansi
$R_{00}$	: Resistansi urutan nol
$R_{01}$	: Resistansi urutan positif
$R_{02}$	: Resistansi urutan negatif
$V$	: Volt
$X$	: Reaktansi
$X_0$	: Reaktansi urutan nol
$X_1$	: Reaktansi urutan positif
$X_2$	: Reaktansi urutan negatif
$Z$	: Impedansi
$Z_0$	: Impedansi urutan nol
$Z_1$	: Impedansi urutan positif
$Z_2$	: Impedansi urutan negatif

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR SINGKATAN

- Hak Cipta dilindungi undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
  - 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.

ANSI	: American national standard institute
AAAC	: All Aluminum Conductor
AAAC	: All Alloy Aluminum Conductor
AAS	: All Alloy Aluminum Conductor – Shielded
ACSR	: Aluminum Conductor Steel Reinforced
BUMN	: Badan usaha milik negara
CB	: Circuit breaker
CTR	: Current transformer ratio
DT	: Definite time
EI	: Extremely inverse
ETAP	: Electrical transient and analysis program
GFR	: Ground fault relay
GH	: Gardu hubung
GI	: Gardu induk
IEC	: International electrotechnical commission
JTR	: Jaringan tegangan rendah
KP	: Kantor Pangkalan
LBS	: Low break switch
OGR	: Over current relay
PLN	: Pembangkit listrik negeri
PMT	: Pemutus tenaga
PS	: Plug setting
RUPTL	: Rancangan usaha penyedia tenaga listrik
SI	: Standard inverse
SKTM	: Saluran kabel tegangan menengah
SLD	: Single line diagram
SUTM	: Saluran utama tegangan menengah
SUTR	: Saluran utama tegangan rendah
TMS	: Time multiplier setting

- : *Time over current*
- : Unit layanan penyedia
- : Unit pelaksanaan pelayanan pelanggan
- : *Very inverse*



UIN SUSKA RIAU

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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



UIN SUSKA RIAU



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi adalah suatu hal yang merupakan kebutuhan pokok bagi umat manusia, karena sampai saat ini energi adalah salah satu hal yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. Dengan adanya energi, manusia dapat memanfaatkannya untuk mempermudah banyak proses dalam kehidupan, baik itu dalam sektor industri, komunikasi maupun rumah tangga. Energi sangat berpengaruh di dalam kehidupan pada zaman sekarang ini, yang mana peningkatan terhadap jumlah penduduk mendorong jumlah kebutuhan energi akan meningkat pula. Tidak hanya sampai disitu, perkembangan teknologi dan gaya hidup juga mempengaruhi kebutuhan energi karena dengan gaya hidup yang semakin maju maka energi yang dibutuhkan akan semakin banyak pula, seperti halnya dengan energi listrik. Kebutuhan akan energi listrik dapat digolongkan sebagai kebutuhan primer pada masa sekarang ini, karena setiap aktivitas sehari-hari saat ini hampir sepenuhnya membutuhkan energi listrik yang menyebabkan akan terhalang apabila terjadinya kekurangan energi listrik, maka manusia akan berusaha dan berlomba-lomba untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Guna untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang terus meningkat setiap tahunnya, pemerintah berupaya dalam menyediakan dan mengembangkan sistem tenaga listrik yang berkelanjutan untuk jangka panjang maupun jangka pendek melalui Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang merupakan proses dalam bergerak di sisi penyedia daya untuk konsumen secara berkesinambungan. Informasi mengenai elektrifikasi setiap provinsi per-tahunnya dapat dilihat pada Rancangan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (PERSERO) bahwa Pemerintah sudah menargetkan rasio elektrifikasi di Indonesia mencapai 100% pada tahun 2025. Untuk mewujudkan sasaran tersebut, maka dilakukan dengan pengembangan infrastruktur sistem tenaga listrik dipecah menjadi beberapa regional. Regional ini diantaranya yaitu Regional Sumatera, Regional Kalimantan, Regional Sulawesi, Regional Jawa-Bali & NTT, dan Regional Maluku & Papua[2].

Provinsi Sumatera Barat adalah salah satu provinsi yang berada dalam pengawasan regional. Ibu Kota Provinsi Sumatera barat merupakan Padang. Padang adalah kota terbanyak yang terdapat di Sumatera Barat dengan kebutuhan listrik sebesar 77,19 MW[2]. Kebutuhan

tenaga listrik di Kota Padang ini disuplai dari 2 tipe pembangkit, ialah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang berjumlah 3 unit. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berjumlah 2 unit. Kapasitas masing-masing pembangkit merupakan PLTA Maninjau (68 MW). PLTA Singkarak (175 MW). PLTA Batang Agam (10,5 MW) PLTU Sawahlunto (200 MW). serta PLTU Teluk Sirih (2×100 MW). Tenaga listrik tersebut disalurkan lewat 17 gardu induk dengan kapasitas (1.014 MW)[2].

Daerah Sumatera, gardu induk sistemnya terkoneksi dari satu sistem ke sistem lainnya, dimana ada salah satu gardu induk yang terletak di GI Koto Panjang dengan kapasitas sebesar (90 MW). GI Koto Panjang melayani zona Pekanbaru serta Pangkalan, dengan suplai energi dari pembangkit PLTA Koto Panjang dengan kapasitas sebesar (114 MW). Pada pembangkit di Koto Panjang mempunyai 5 unit transformator[1]. Kelima unit transformator tersebut terdiri dari 2 milik pembangkit serta 3 milik distribusi. 3 unit transformator di pembangkit Koto Panjang tersebut memiliki peran dalam menaikkan tegangan pembangkit 11 kV menjadi tingkat tegangan transmisi 150 kV. Sistem transmisi 150 kV di Pembangkit Koto Panjang menyuplai listrik ke GI Koto Panjang serta interkoneksi dengan ke GI payakumbuh. 3 unit transformator distribusi berperan untuk mengurangi tegangan transmisi 150 kV jadi tingkat tegangan distribusi 20 kV. Masing-masing transformator distribusi di GI Koto Panjang hanya mempunyai 2 unit transformator dengan memiliki penyulang 20 kV. Pada unit 1 memiliki 3 penyulang, yaitu Penyulang Borobudur, Penyulang Pangkalan, dan Penyulang Spare. Pada unit 2 memiliki 4 penyulang, yaitu Penyulang Prambanan, Penyulang Mendut, dan 2 Penyulang Spare[1].

Dari kedua unit transformator distribusi, unit 1 memberikan tegangan 20 kV kepada *feeder* Pangkalan yang akan disuplai kembali untuk *feeder* Muaro Pati melalui Gardu Hubung. Gardu hubung berfungsi menerima daya listrik dari gardu induk yang telah diturunkan menjadi tegangan menengah supaya dapat memberikan beban kepada konsumen dengan kondisi yang aman[8]. Dalam sistem tenaga listrik bahwa semakin panjang penyulang yang diberikan maka akan semakin besar pula *losses* tegangan yang terjadi [10]. Hal tersebut mengidentifikasi bahwa tegangan untuk *feeder* Muaro Pati berkurang akibat panjangnya jaringan dan juga pemakaian beban yang besar dari pelanggan tingkat tinggi maupun pelanggan tingkat rendah, sehingga *feeder* Muaro Pati tidak mampu menampung beban tersebut dengan kapasitas yang ada saat ini. Adapun beban pada *feeder* Muaro Pati dari tahun



2010-2020 mencapai 60 A s/d 78 A[14]. Kemudian untuk pembebanan rata-rata sendiri yang didapatkan pada trafo unit satu yang memberikan tegangan pada *feeder* Muaro Pati mencapai 74,90%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pembebebanan unit satu mencapai batas maksimal[1].

Mengingat masalah dalam penyedia daya dan pemakaian beban yang besar akibat jumlah pelanggan, maka pihak PLN pernah merencanakan pembuatan penyulang baru yang dapat menyuplai beban untuk *feeder* Muaro Pati supaya dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dalam menghindari terjadinya *losses* yang terus meningkat[17]. Namun hal ini belum direalisasikan oleh pihak PLN sendiri dikarenakan belum adanya analisis yang mendalam terkait pembahasan tentang proses pembuatan penyulang baru baik dari segi teknis maupun secara ekonomis[4].

Oleh sebab itu jika perencanaan penyulang baru tersebut direalisasikan maka penulis bermaksud untuk membuat sebuah penyettingan sistem proteksi di jaringan baru yang nantinya akan membantu mengurangi dan mengantisipasi pembebanan yang semakin berkembang di *feeder* Muaro Pati serta melakukan evaluasi penyettingan sekaligus membuat *settingan* baru sistem proteksi pada *feeder* Muaro Pati dikarenakan *feeder* Pangkalan akan diputus jaringannya sampai LBS (*Low Break Switch*) Pangkalan sebagai pembatas tegangan. *feeder* Muaro Pati termasuk dalam sistem proteksi di zona 2 dikarenakan akan menerima beban kepada *feeder* baru dalam perancangan sistem proteksi supaya tegangan yang dikirimkan ke pelanggan yang ada di *feeder* Muaro Pati tidak akan mengalami *drop* tegangan. Maka penulis akan melakukan analisis penempatan, penyettingan dan koordinasi OCR, GFR dan *recloser* pada penyulang baru.

Dalam melakukan penyettingan jaringan baru diperlukan sebuah sistem yang dapat menjaga tegangan tetap normal apabila terjadinya gangguan. Gangguan tersebut bisa berasal dari gangguan yang mempunyai sifat temporer maupun permanen. Tentu hal ini sangat berakibat fatal terutama pada jaringan yang mengakibatkan kerusakan pada sistem tenaga listrik. Guna untuk menghindari masalah tersebut, maka dalam mengatasi gangguan dapat dilakukan dengan penerapan dan penggunaan peralatan proteksi mempunyai peranan yang sangat penting, sehingga dapat meminimalisir wilayah terganggu serta menjaga kontinuitas pelayanan tetap aman dalam waktu yang lama. Pada jaringan distribusi diperoleh data 70% hingga 80% gangguan bersifat permanen adalah gangguan yang bisa dihilangkan ataupun



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip, menyalin, atau mendistribusikan 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.

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

diperbaiki ketika bagian yang terhalang tersebut diisolir dengan bekerjanya peralatan pemutus tenaga listrik [7]. Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetris yang terdiri dari gangguan hubung singkat tidak simetris antara lain adalah gangguan satu fasa ketanah, gangguan fasa ke fasa, gangguan dua fasa ketanah dan tiga fasa. Hasil yang didapatkan untuk probabilitas gangguan satu fasa ke tanah sebesar 70%, gangguan fasa ke fasa 15%. Dan gangguan dua fasa ke tanah 10% dan terakhir gangguan tiga fasa 5% [7].

Gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi adalah gangguan hubung singkat. Hubung Singkat (*short circuit*) adalah sesuatu koneksi yang tidak normal antara satu konduktor ke tanah maupun ke konduktor lain [9]. Gangguan hubung singkat dapat disebabkan oleh dua aspek, yakni aspek eksternal dan aspek internal. Pada aspek eksternal hambatan berasal dari luar sistem (hewan, tanaman dan musibah alam), kebalikannya aspek internal berasal dari dalam sistem (kebocoran isolator maupun penuaan pada perlengkapan) [10, 11].

Bersumber pada data dari hasil wawancara bersama Irfan Budiman selaku supervisor teknik ULP Lima Puluh Kota (KP Pangkalan) [14]. Mengatakan bahwa dalam melakukan penempatan, penyettingan dan koordinasi OCR, GFR dan *recloser* ada sistem proteksi yang sering terjadi pada jaringan distribusi adalah gangguan hubung singkat yang menimbulkan kerusakan pada perlengkapan distribusi ataupun beban. Kemudian mengalami *overlapping* atau kerja relai yang mana penempatan relai proteksi tidak sesuai dengan keadaan yang terjadi di lapangan sehingga mengakibatkan terjadinya *trip* yang di area yang tidak diinginkan, setelah itu pengaruh tegangan dimana semakin panjang jaringan yang dibuat maka akan semakin besar kemungkinan terjadinya *drop* tegangan pada jaringan sehingga akan berdampak pada kerusakan sistem tenaga listrik.

Kemudian dalam melakukan penempatan dan penyettingan, hal yang sering terjadi yaitu mengalami kesalahan respon relai dalam memerintahkan *circuit breaker* (CB) dengan arus *pick-up* yang lebih kecil sehingga nilai *setting* yang didapatkan tidak dapat membaca arus gangguan atau dalam keadaan relai tidak bekerja, maka dilakukan dengan mengubah beberapa variabel yang diatur untuk sistem proteksi dalam menjaga kestabilan sistem tenaga listrik. Dari kasus penelitian terkait [18][20][19]. Menunjukkan bahwa kinerja relai belum bekerja secara optimal dalam pengoperasiannya, sehingga dilakukan dengan variabel-variabel yang diatur pada relai untuk mengoptimalkan performa dari kinerja relai. Variabel yang dilakukan adalah

*Time Multiplier Setting* (TMS) dan *Plug Setting* (PS). TMS adalah suatu variabel untuk mengubah nilai operasi relai. Jika nilai suatu TMS semakin banyak, maka relai akan membutuhkan lebih banyak waktu untuk beroperasi dan sebaliknya. PS adalah suatu variabel yang berfungsi sebagai rujukan seberapa berbahayanya kesalahan dan dalam waktu berapa kesalahan itu harus diselesaikan.

Proses dalam penyettingan sistem proteksi sendiri hanya sampai pada *feeder* Muaro Pati dan *Recloser*, maka penulis melakukan penempatan, penyettingan dan pengujian koordinasi OCR, GFR, dan *Reloser* pada *feeder* baru dengan pemilihan jenis relai yang dipakai adalah OCR dan GFR, karena dapat mengatur waktu kerja relai dengan lambat apabila terjadi arus gangguan kecil dan bekerja cepat apabila terjadi gangguan besar. Jenis relai ada dua yang pertama disebut dengan *Over Current Relay* (OCR) bahwa relai tersebut memiliki peran penting dalam mendeteksi arus lebih yang mengalir dalam tegangan, hal ini diakibatkan oleh gangguan hubung singkat ataupun beban berlebih. Kemudian yang kedua yaitu *Ground Fault Relay* (GFR) yang berperan dalam mendeteksi terdapatnya gangguan diantara fasa ke tanah[15]. Kedua jenis relai tersebut mempunyai 3 tipe kurva kerja, adalah *definite time*, *inverse time* serta *instan*. Dalam aplikasinya, seseorang teknisi bisa memilih salah satu dari tipe kurva atau mengkombinasikan jenis kurva relai sehingga dapat digunakan dalam proses kerja dengan baik 2 kurva[15]. Kemudian peran *recloser* sebagai pemutus sirkuit yang dilengkapi dengan mekanisme otomatis yang dapat mendeteksi dan menutup setelah terjadi suatu kesalahan respon relai ketika adanya gangguan[43].

Proses pemilihan kurva relai gunanya untuk mengatur waktu kerja yang berbeda-beda ketika terjadi gangguan. Adapun perbandingan mendasar dari ketiga tipe kurva dalam proses kerja yaitu pada bentuk kurva serta prinsip kerjanya. Relai dengan kurva *definite* lebih cenderung kurang sensitif, akan tetapi mempunyai waktu operasi konstan. Relai dengan kurva *inverse* cenderung lebih sensitif serta sedikit lebih lambat beroperasi, akan tetapi semakin besar arus gangguan bisa mempercepat operasinya. Relai dengan waktu *instan* berperan sebagai karakteristik cadangan dimana kurva ini tidak berdiri sendiri melainkan dikombinasikan dengan kurva lain. Sehingga disaat kurva yang lain (*definite* ataupun *inverse*) tidak bekerja maka *instant* berfungsi selaku cadangan/*backup*[16].

Penelitian ini bertujuan untuk membuat penempatan, penyettingan dan koordinasi OCR, GFR, dan *Recloser* pada penyulang baru dalam mengoptimalkan kinerja relai di setiap



penyulang dengan mendapatkan nilai TMS dan PS sebagai bentuk salah satu proses dalam mengamankan peralatan sistem tenaga listrik apabila terjadi gangguan, serta dapat menghindari terjadinya *overlapping* atau kesalahan *settingan* pada penyulang tersebut. Maka penelitian ini target pertama yang dilakukan yaitu perhitungan kinerja relai sistem proteksi OCR dan GFR untuk nilai TMS dan PS dalam meminimalisir wilayah padam. Sasaran kedua melakukan penempatan relai setiap masing-masing penyulang. Kemudian sasaran ketiga dilakukan dengan menganalisis penyettingan sistem proteksi untuk OCR dan GFR dengan menggunakan *software Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP 12. 6. 0). Sasaran keempat mensimulasikan sasaran pada kinerja relai OCR serta GFR dengan memberikan gangguan hubung singkat yang diiringi dengan variasi arus hubung singkat dalam pemakaian aplikasi ETAP. Sasaran kelima mensimulasikan relai dengan variasi beban motor dan beban statis dengan mengetahui kinerja relai apakah bekerja secara koordinasi atau memberikan *trip* di penyulang lain. Proses simulasi ini menggunakan beban puncak setiap penyulang. Dengan mengenali keadaan tersebut, hingga bisa ditetapkan langkah-langkah dalam mengatasi permasalahan penyettingan pada jaringan baru distribusi salah satunya untuk sistem proteksi.

Penambahan penyulang baru yang biasa dilakukan oleh pihak PLN sendiri adalah dengan membuat *setting* relai baru berupa OCR, GFR, dan *recloser* secara periodik yang mana masing-masing sistem gangguan diletakan pada lokasi yang diperlukan salah satunya area yang dapat menimbulkan gangguan hubung singkat baik dari gangguan eksternal maupun internal dengan memberikan *circuit breaker* (CB) agar dapat mengatasi ketika terjadi gangguan dengan syarat bekerja secara selektivitas, stabilitas, kecepatan dan sensitivitas serta melakukan perhitungan proteksi dalam bentuk manual untuk mencari nilai TMS dan PS agar nilai *settingan* sesuai dengan kondisi lapangan[14]. Kemudian untuk kinerja relai pihak PLN sendiri menggunakan kinerja relai dengan *definite* dan *instant* supaya dapat beroperasi dengan baik apabila terjadi gangguan.

Sejauh ini solusi dalam menjaga kehandalan sistem proteksi akibat gangguan hubung singkat berdasarkan riset terkait dilakukan dengan *setting* baru buat relai OCR dan GFR[18],[28]. *Setting* relai dilakukan dengan menaikkan waktu respon relai, dimana waktu respon relai sangat pengaruhi sensitivitas relai apabila terjadinya gangguan. Selanjutnya memperkecil arus gangguan hubung singkat dengan akumulasi perhitungan impedansi pada panjang jaringan[14]. Tidak hanya itu untuk pemasangan relai pada penyulang biasanya



memakai relai *directional*/berarah, relai direksional ini sangat sesuai buat sistem paralel. Relai direksional mempunyai kemampuan membaca arah arus gangguan, sehingga relai akan bekerja jika arah arus gangguan sesuai dengan *setting* yang ditentukan.

Berdasarkan permasalahan dan berbagai solusi yang sudah dipaparkan, maka perlu dilakukan sebuah penelitian tentang penyettingan, penempatan dan koordinasi OCR, GFR serta *recloser* pada penyulang baru agar dapat mengatasi ketika terjadinya gangguan hubungan pada penyulang. Pengembangan yang ingin dilakukan dalam riset ini melakukan evaluasi relai dengan variasi beban pada saat kondisi *eksisting*, kemudian melakukan pengujian kinerja relai dengan variasi beban serta melakukan analisis koordinasi relai. Setelah itu menggunakan metode analisis dengan memakai keadaan disaat beban puncak, dan juga menggunakan kurva kerja relai *inverse* dan *instant* sebagai perbedaan dengan riset lain. Hal ini disebabkan dari riset terkait [10][12][18][20][19], tidak sampai kondisi beban puncak dengan variasi arus beban, serta untuk perubahan kurva kerja relai yang digunakan adalah *definite* dengan *instan*.

Atas dasar itulah, maka peneliti tertarik untuk melaksanakan riset dengan judul “**Analisis Penempatan, Penyettingan, dan Koordinasi OCR, GFR, dan Recloser Pada Penyulang Baru (Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Pangkalan)**”

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana melakukan evaluasi penyettingan OCR, GFR, dan *Recloser* pada penyulang Muaro Pati Setelah penambahan penyulang baru?

2. Bagaimana melakukan penyettingan dan penempatan OCR, GFR, dan *Recloser* pada penyulang baru?

3. Bagaimana menguji koordinasi OCR, GFR, dan *Recloser* pada penyulang baru?

## 1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi kondisi penyettingan OCR, GFR, dan *Recloser* di penyulang Muaro Pati setelah ditambahkan penyulang baru.
2. Menganalisis hasil penyettingan dan penempatan OCR, GFR dan *Recloser* pada penyulang baru.
3. Menganalisis pengujian koordinasi OCR, GFR, dan *Recloser* di penyulang baru.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

#### 14

### Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

Penelitian ini difokuskan pada kondisi *eksisting* untuk *setting* sistem proteksi ketika penambahan jalur baru.

Pada penelitian ini difokuskan pada penempatan, penyettingan dan koordinasi OCR, GER, dan *Recloser* dengan menggunakan aplikasi ETAP.

Pada penelitian ini digunakan *Recloser* sebagai alat pemutus tegangan yang tersedia di pasaran.

#### 15

### Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian tersebut adalah:

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang sistem proteksi yang bekerja sesuai dengan aturan dan standarisasinya dari PLN (Persero) yang ada di area PLN ULP Pangkalan serta dapat menjadi acuan teknologi yang digunakan untuk rancangan baru sistem proteksi.

Dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan pada sistem proteksi yang ada di PLN ULP Pangkalan selanjutnya.

Diharapkan dari penelitian ini dapat menjadi gambaran untuk merealisasikan bentuk penyettingan sistem proteksi baru untuk OCR dan GFR pada penyulang baru.

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

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

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Dalam riset ini penulis merangkum sebagian rujukan terpaut analisis gangguan hubung singkat dalam melaksanakan perancangan pada jalur baru untuk *setting* baru pada sistem proteksi, pada penelitian[10] untuk studi kasus di penyulang bunisari dalam meminimalkan gangguan *trip* maka dilakukan dengan perhitungan arus hubung singkat untuk satu fasa ke tanah di tiap jarak pada kondisi gangguan. Jarak titik gangguan dimulai dipilih dari 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari panjang saluran. Hasil yang didapat dalam penelitian ini menyatakan bahwa nilai *setting* untuk relai sebelumnya tidak sesuai dengan besarnya arus gangguan maka perlu dilakukan penyetelan *Ground Fault Relay (GFR)* untuk meminimalkan gangguan *trip* agar dapat meminimalisir wilayah padam.

Pada Penelitian[12] permasalahan yang terjadi pada jaringan distribusi adalah gangguan hubung singkat, dalam penelitian ini bahwa untuk dapat mengurangi gangguan hubung singkat tersebut dilakukan dengan proses koordinasi yang baik pada sistem distribusi menggunakan peralatan proteksi untuk penyulang seperti *Over Current Relai (OCR)*, *Ground Fault Relay (GFR)* dan *Recloser*, hal ini dilakukan untuk peralatan proteksi dengan pengaturan yang tepat agar dapat bisa bekerja dengan baik apabila terjadi gangguan. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa perhitungan pada *setting* awal relai, terdapat relai yang bekerja tidak sesuai koordinasi. Kemudian dilakukan dengan pengaturan ulang nilai tms, relai yang diperlukan untuk menyesuaikan waktu kerja ( $T_k$ ) 0,7 s dan 0,3 s dengan  $\Delta t$  0,4 s. Sehingga relai dan *recloser* bekerja sesuai dengan koordinasi proteksi penyulang yang memenuhi standar PLN dan standar IEC 60255.

Pada penelitian[18] dalam melakukan perancangan koordinasi relai arus lebih pada jaringan distribusi di GI Ciawi Trafo 1 Bogor. Menyatakan bahwa sistem koordinasi perlindungan relai arus lebih pada perencanaan jaringan distribusi didapatkanlah hasil bahwa relai bekerja dengan sangat baik, dan sesuai dengan syarat sistem proteksi, sehingga didapatkan hasil waktu kerja relai sebesar 0,1 - 0,2 detik. Penelitian ini dibantu dengan proses simulasi dengan memakai dorongan fitur ETAP 6.0



Pada penelitian[20] dalam studi kasus tentang evaluasi koordinasi OCR dan GFR pada *feeder* GH Lubuk Buaya telah melakukan penelitian bahwa Hasil analisis menunjukkan untuk hasil *settingan* relai arus lebih ketika *incoming* di daerah *feeder* di *outgoing* gardu hubung coba dengan pergantian kerja relai dikarenakan tidak efisien. Sehingga nilai arus *instant* cukup kecil yang dapat mengakibatkan relai pada saat sisi *incoming* akan bersamaan terkena arus gangguan hubung singkat 2 fasa dengan jarak 30%. Kesimpulan riset ini supaya dapat meminimalisir wilayah padam yang terhubung dengan *feeder*. Maka untuk itu nilai yang didapatkan pada sisi *outgoing* adalah sebesar 0,3 detik dan sisi *incoming* didapatkan angka sebesar 0,6 detik di GH lubuk Buaya serta didapatkan juga hasil untuk *grading time* yaitu pada angka 0,3 sec.

Pada penelitian[19] perancangan koordinasi arus lebih pada gardu induk hingga ke gardu hubung dengan jaringan distribusi *spindel expres*. Bahwa *feeder* tersebut sebagai pandangan ketika terjadi gangguan, permasalahan yang kerap terjadi terdapatnya *overlapping* pada jaringan, kemudian tegangan pada sisi mengalami perubahan yang besar, serta perbedaannya arah arus gangguan yang tidak beraturan, dan juga pengaturan pada relai sama. Dalam penelitian ini dilakukan dengan penentuan *setting* relai arus lebih dengan memastikan arus nominal beban ( $I_n$ ) dan analisis hubung singkat ( $I_{sc}$ ) sehingga arus hubung singkat yang paling kecil dapat diputuskan oleh relai.

Pada penelitian[19], penyebab *overlapping* kerja relai yang mana penempatan relai proteksi tidak sesuai dengan keadaan yang terjalin di lapangan, hal ini sangat mengganggu kinerja dari sistem proteksi yang dapat menimbulkan *trip* dalam jumlah banyak sehingga dapat merugikan pihak penyedia daya serta mengalami kerusakan pada sistem proteksi terutama pada peralatan. Hasil yang didapatkan untuk kerja relai yaitu 0,3 detik untuk sisi beban kemudian 0,6 detik pada saat kondisi keluar dan masuk tegangan pada GH, serta untuk tegangan besar yang didapatkan 0,9 detik. Hal ini menunjukkan bahwa ketika arus nominal ditentukan dan arus gangguan hubung singkat mendekati arus gangguan yang paling kecil, maka koordinasi dalam relai bisa bekerja dengan baik apabila arus nominal diatur 1.5 kali dan arus gangguan pada kondisi 10%.

Bersumber pada penelitian yang dilakukan maka penulis tertarik melakukan penelitian pada penyulang baru 20 kV untuk *feeder* baru yang mana penempatan relainya akan diposisikan pada sisi *incoming* dan *outgoing* dalam masalah ini penulis mengangkat judul “

**Analisis Penempatan, Penyettingan, dan Koordinasi OCR, GFR, dan Recloser Pada Penyulang Baru (Studi Kasus: PT. PLN (PERSERO) ULP Pangkalan))”**. Pada riset ini

penulis mengambil informasi data sekunder milik PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Penerapan (ULP) Pangkalan serta Gardu Induk Koto Panjang. Ada pula informasi tersebut dapat dilakukan dengan penyettingan relai, penempatan relai serta koordinasi OCR, GFR dan Recloser pada penyulang baru, data yang didapatkan adalah *single line diagram*, beban pada penyulang, spesifikasi trafo, serta jenis penghantar yang digunakan. Dari studi literatur tersebut, bahwa penelitian ini berfokus kepada penempatan, penyettingan, dan koordinasi OCR, GFR, dan recloser pada penyulang baru dikarenakan penelitian sebelumnya mengarah ke analisis penyettingan sistem proteksi dari gardu induk sampai gardu hubung dengan menggunakan perhitungan manual serta menggunakan aplikasi ETAP sebagai alat bantu dalam proses simulasi, namun pada penelitian ini tidak sampai dalam proses perancangan sistem proteksi tetapi melakukan penempatan, penyettingan dan koordinasi OCR, GFR dan Recloser pada penyulang baru dengan melakukan pengujian pada relai dengan memberikan variasi beban untuk melihat pengaruh kinerja relai pada beban serta menggunakan kinerja relai dengan mengkombinasikan kurva standar *inverse* dan *instan* sebagai opsi pengembangan di penelitian ini, untuk arus sendiri digunakan pada kondisi beban pucak. Maka dari itu penelitian ini diharapkan mampu sebagai rujukan dalam menganalisis penempatan, penyettingan dan koordinasi OCR, GRF, dan Recloser pada penyulang baru di PT. PLN (PERSERO) ULP Lima Puluh Kota (KP Pangkalan).

**2.2 Landasan Teori**

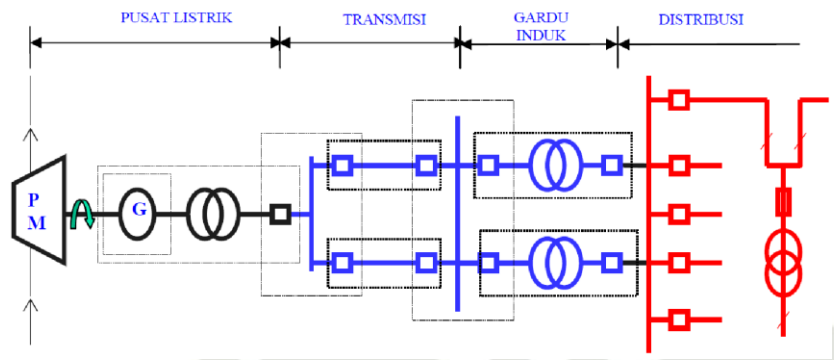
**2.2.1 Pembangkit Listrik**

Mengenai pembangkit listrik biasanya proses konversi antara energi primer (potensi tenaga air atau bahan bakar) menjadi energi mekanik dalam menggerakkan generator sehingga energi mekanik ini bisa diubah menjadi energi listrik yang disebabkan oleh putaran generator sehingga energi yang telah diubah menjadi listrik yang bisa digunakan oleh kebutuhan untuk konsumen atau pelanggan[21]. Dalam tenaga listrik ada beberapa bagian yaitu dari pembangkit, transmisi, sedangkan pada distribusi memiliki sisi yang berbeda yaitu ada distribusi primer dan distribusi sekunder, dari tiap jenis ini mempunyai beberapa perbedaan diantaranya yaitu tegangan. Untuk sektor pembangkit dengan tegangan mencapai 6 kV-24 kV

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa izin dari lembaga penerbit. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa izin dari lembaga penerbit. Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa izin dari lembaga penerbit.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa izin dari lembaga penerbit. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa izin dari lembaga penerbit. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa izin dari lembaga penerbit.

kemudian untuk transmisi mencapai sekitar 30 kV-500 kV dan untuk distribusi primer dengan tegangan 11 kV-25 kV dan distribusi sekunder yaitu 380 V-220 V[21].



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik[21]

Pada gambar diatas adalah skema ataupun jalur dari sektor pembangkit yang akan dihubungkan ke pelanggan/pengguna. Diawali dari sektor yang akan dihubungkan ke transmisi dengan menggunakan transformator *step up* untuk meningkatkan tegangan dari sektor pembangkit menuju transmisi yang akan digunakan pada konsumen dengan pemakaian yang besar. Kemudian tegangan yang masuk akan disalurkan kembali ke jaringan distribusi dengan menurunkan tegangan dari transmisi menjadi tegangan distribusi melalui gardu induk dengan proses *step down* agar dapat dipakai oleh konsumen daya rendah.

**2.2.2 Gardu Induk**

GI atau dikenal dengan gardu induk merupakan sesuatu instalasi perlengkapan yang memiliki peran sebagai perlindungan sistem, pengukur kapasitas, sistem kontrol, ada pun fungsi gardu induk ini bisa dibilang sebagai terminal atau stasiun transmisi dimana tegangan listrik bisa diatur apabila tegangan turun. Salah satunya ketika tegangan yang dihubungkan dengan transmisi maka gardu induk akan menaikkan tegangan, begitu juga sebaliknya ketika tegangan akan disalurkan ke distribusi maka gardu induk akan berperan dalam merubah tegangan ditinggal distribusi.

**2.2.2.1 Transformator Pada Gardu Induk**

Dalam gardu induk ada sebuah sistem yang berfungsi menaikkan atau menurunkan tegangan tanpa merubah sistem frekuensi yaitu adalah transformator. Transformator bersumber pada fasanya dibagi jadi 2, ialah transformator satu fasa serta transformator 3 fasa. Perbandingan dari kedua tipe tersebut dapat dikatakan bahwa transformator cuma terletak


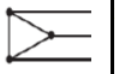
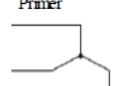
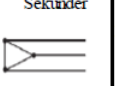
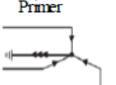
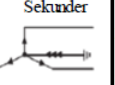
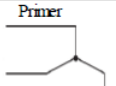
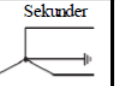

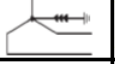
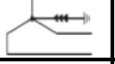
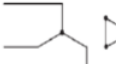
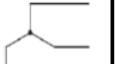
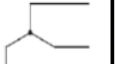
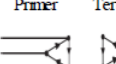
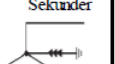
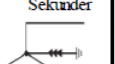


1. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

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

Pada jumlah fasanya, Pada transformator 3 fasa memiliki perbedaan dari jenis hubungan belitan masing-masing sehingga dapat dilihat pada tabel 2. 1 berikut[15].

Tabel 2.1 Jenis Koneksi Belitan Transformator

	JENIS KONEKSI			KETERANGAN	
	Primer		Sekunder		
Dua Belitan (Primer / Sekunder)	Delta / Delta ( $\Delta / \Delta$ )			Transformator dengan jenis koneksi belitan delta / delta, artinya pada belitan primer terhubung delta ( $\Delta$ ) begitupun pada belitan sekundernya.	
	Wye / Delta tanpa grounded (Y / $\Delta$ )			Transformator dengan jenis koneksi belitan wye / delta, artinya pada belitan primer terhubung wye (Y) dan pada belitan sekunder terhubung delta ( $\Delta$ ).	
	Wye / Wye resistant / reactor netral grounded (Y / Y)			Transformator jenis koneksi belitan wye / wye dengan tahanan pada pentanahan titik netral di kedua sisi. Artinya pada kedua belitan primer / sekunder (Y / Y) pada titik netralnya ditanahkan melalui tahanan berupa resistor atau reaktor.	
	Wye / Wye solid grounded (Y / Y)			Transformator jenis koneksi belitan wye / wye dengan pentanahan langsung pada salah satu sisi titik netral. Artinya pada pentanahan langsung yaitu tanpa adanya tahanan berupa reaktor maupun resistor.	
Tiga Belitan (Primer / Tertier / Sekunder)	Wye / Delta / Wye resistant / reactor netral grounded (Y / $\Delta$ / Y)				Transformator jenis koneksi belitan wye / delta / wye dengan tahanan pada pentanahan titik netral. Artinya pada transformator ini memiliki belitan primer terhubung wye, tertier terhubung delta dan sekunder terhubung wye. Dengan pentanahan netral primer dan sekunder melalui tahanan reaktor / resistor
	Wye / Delta / Wye tanpa netral grounded (Y / $\Delta$ / Y)				Transformator jenis koneksi belitan wye / delta / wye tanpa pentanahan titik netral. Artinya pada transformator ini memiliki belitan primer terhubung wye, tertier terhubung delta dan sekunder terhubung wye tanpa pentanahan netral
	Delta / Delta / Wye resistant / reactor netral grounded ( $\Delta / \Delta$ / Y)				Transformator jenis koneksi belitan delta / delta / wye dengan pentanahan titik netral pada sisi wye. Artinya pada transformator ini memiliki belitan primer terhubung delta, tertier terhubung delta dan sekunder terhubung wye dengan pentanahan netral melalui tahanan reaktor / resistor.

Transformator pada gardu induk mempunyai kapasitas yaitu sebesar 5 MVA-80 MVA. Jumlah beban pada trafo bisa dikatakan sebagai *rating* karena trafo tersebut cuman bisa dihubungkan dengan arus yang sesuai dengan kapasitasnya. Untuk mengetahui besar arus tersebut bisa dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini[23] :

$$I_{Nom} = \frac{SkVA}{\sqrt{3} \times V_{L-L}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- $I_{Nom}$  : Nominal arus trafo (A)
- SkVA : Kapasitas trafo (kVA)
- $V_{L-L}$  : Tegangan fasa ke fasa (kV)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

## 2.2.2 Jenis Transformator

Pada jenis transformator ini ada beberapa bagian dan fungsi yang memiliki fungsi berbeda-beda. Adapun fungsi dan jenis dari transformator adalah sebagai berikut:[24]:

### 1. Inti besi

Dalam transformator ada yang berperan sebagai tempat melilitkan kumparan transformator yaitu disebut dengan inti besi, inti besi tersusun dari lempeng-lempeng besi tipis yang dapat mengurangi efek panas pada trafo supaya tidak mengalami kerusakan pada trafo, akan tetapi kerugian bisa terjadi ketika arus fluks mengalami putaran pada trafo (*eddy current*).

### 2. Kumparan Transformator

Lilitan kawat berisolasi untuk inti besi maupun pada kumparan lain disebut kumparan transformator. Pada kumparan transformator sederhana pada dasarnya mempunyai dua lilitan yaitu kumparan primer dan sekunder, dalam kumparan primer ini arus AC terus mengalir sehingga menimbulkan medan magnet di area kumparan yang dapat dipengaruhi sehingga seberapa besar arus listrik yang mengalir semakin besar pula medan magnetnya. Begitu juga sebaliknya dengan kumparan sekunder tetapi yang membedakan yaitu untuk kumparan primer langsung ke sumber tegangan sedangkan kumparan sekunder dihubungkan langsung dengan beban.

### 3. Kumparan tertier

Kumparan tertier diperlukan untuk memperoleh tegangan tertier atau untuk kebutuhan lain yang sering digunakan sebagai penyambung peralatan bantu seperti kondensator sinkron, kapasitor dan reaktor. Untuk kedua kebutuhan tersebut kumparan tertier selalu dihubungkan dengan delta, akan tetapi di dalam trafo tidak semuanya mempunyai kumparan tertier.

### 4. Minyak Transformator

Pada umumnya minyak transformator berasal dari bahan isolasi cair yang dapat digunakan sebagai isolasi dan pendingin pada trafo. Ketika terjadi tegangan tembus maka isolasi akan berperan, sedangkan minyak trafo harus mampu meredam panas yang terjadi pada trafo. Maka dari itu kedua kemampuan ini diharapkan mampu menjaga apabila trafo terkena gangguan.

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.

5. *Bushing*

*Bushing* salah satu alat yang sering digunakan pada transmisi dan distribusi yang berperan sebagai penghubung transformator dengan jaringan luar. *Bushing* merupakan konduktor pada bagian badan trafo, sehingga dapat mengisolasi konduktor supaya arus dan tegangan tidak mengalir ke badan pembungkus trafo.

6. Tangki dan Konservator

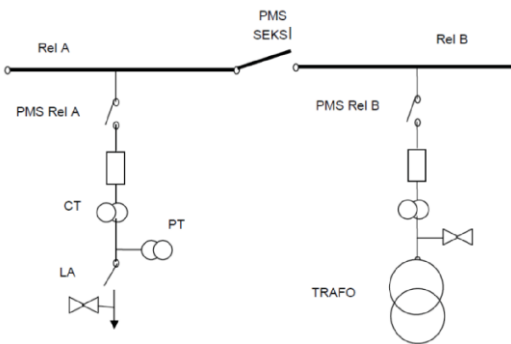
Tangki sebagai tempat meletakkan minyak trafo, sedangkan konservator berperan sebagai wadah penampung minyak trafo ketika terjadi pemuain pada minyak trafo.

2.2.2.3 Gardu Induk Berdasarkan Jumlah *Busbar*

Rel atau *Busbar* sebagai titik pertemuan koneksi antar jaringan input dan output dengan transformator. Ada beberapa konfigurasi *busbar* pada gardu induk yaitu sebagai berikut[25] :

1. *Single busbar* pada gardu induk

Merupakan gardu induk dengan sistem *single busbar*, pada umumnya gardu induk *single busbar* ini diposisikan pada ujung transmisi.



Gambar 2.2 *Single Busbar* Gardu Induk[25]

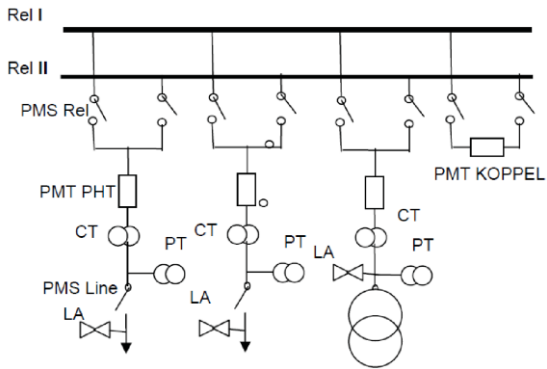
2. *Double busbar* pada gardu induk

Pada Gardu Induk ini memiliki dua *busbar* yang mana sistem ini digunakan hampir seluruh area gardu induk.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

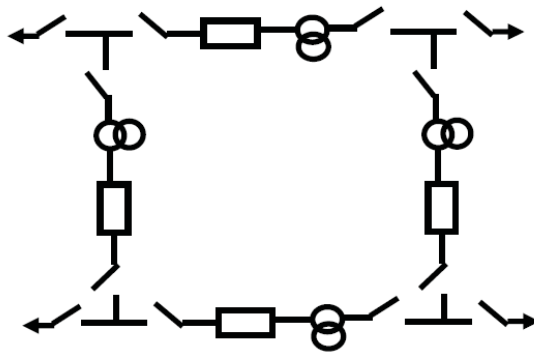
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 2.3 Double Busbar Untuk Gardu Induk[25]

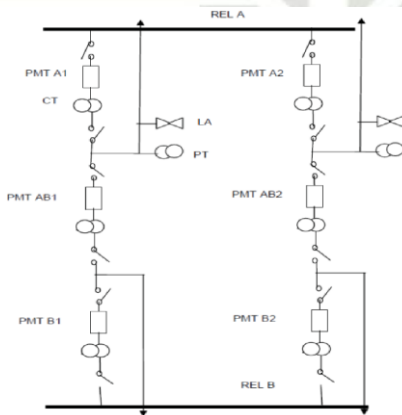
3. Ring busbar pada gardu induk

Ring busbar gardu induk ini berbentuk cincin atau *ring*, hal ini juga dapat terjadi ketika bus terhubung dengan lain menggunakan saklar atau *switch*



Gambar 2.4 Ring Busbar Pada Gardu Induk[25]

4. Gardu induk satu setengah busbar



Gambar 2.5 Satu Setengah Busbar pada GI[25]

### 2.2.4 Pemutus Tenaga PMT Pada Gardu Induk

PMT (Pemutus tenaga) ataupun dikenal dengan CB (*Circuit Breaker*) merupakan sesuatu perlengkapan dengan memiliki peran penting agar dapat memutus serta menghubungkan arus beban ataupun arus gangguan ketika jaringan mengalami gangguan. Pemutus tenaga terdiri dari sebagian tipe bersumber pada media isolasinya, media isolasi tersebut berperan buat meredam timbulnya busur api dikala PMT bekerja ketika ada gangguan. Jenis PMT pada gardu induk antara lain yaitu[26]:

1. PMT isolasi dengan bahan gas  
Jenis yang digunakan untuk pemutus tenaga pada GI yaitu gas *Sulphur Hexafluoride* (SF6). Tipe gas ini mempunyai kekuatan dielektrik sebesar 2,35 kali hawa, semakin besar tekanan yang diberikan maka kekuatan dielektrik tersebut akan besar pula. Gas ini sendiri tidak berbau, tidak gampang dibakar dan tidak beracun.
2. PMT isolasi dengan bahan minyak  
Pemutus tenaga dengan bahan minyak atau (*oil circuit breaker*) digunakan sebagai media peredam busur api apabila PMT bekerja. PMT ini dibedakan menjadi dua sumber pada jumlah minyak, pemutus tenaga dengan sedikit minyak (*small oil*) serta dengan banyak minyak (*bulk oil*).
3. PMT dengan isolasi udara  
Pemutus tenaga ini disebut dengan hawa hembus (*air blast circuit breaker*) atau hawa hembus dengan tekanan besar (*compressed air circuit breaker*) yang mana ketika adanya gangguan yang terdeteksi maka PMT menghembuskan hawa ke ruang pemutus melalui *nozzle* pada kontak pemisah.
4. PMT isolasi dengan hampa udara  
Pemutus tenaga yang memakai ruang hampa udara sebagai media isolasi disebut (*vacuum circuit breaker*), ruang hampa hawa ini mempunyai power dielektrik yang besar sebagai pemadam busur api yang baik.

Sesuatu PMT didesain dengan keahlian pemutus arus beban ataupun arus gangguan, keahlian PMT dalam memutus arus diucap sebagai *interrupting current*. Besar arus tergantung dari waktu membukanya perlengkapan pemutus tenaga (PMT). Pada biasanya komponen DC tersebut susah dihitung, jadi buat mengikutsertakan komponen DC, arus simetris yang diperoleh dikalikan dengan aspek pengali[27].

Fabel 2.2 Faktor Pengali PMT[27]

Waktu Membukanya PMT	Faktor Pengali
8 cycle (0.16 detik)	1.0
5 cycle (0.10 detik)	1.1
3 cycle (0.06 detik)	1.2
2 cycle (0.04 detik)	1.4
Sesaat	1.6

Untuk menentukan *interrupting current* suatu PMT dapat menggunakan persamaan 2.2 berikut[28].

$$I_{eB} = I_{sc} \times K \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$I_{eB}$  = Arus *interupsi circuit breaker* (A)

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat 3 Fasa

$K$  = Faktor pengali waktu pembukaan PMT

Setelah mengetahui bagian-bagian penting dari sistem gardu induk. Kemudian tegangan ini akan disalurkan ke sistem distribusi yang mana akan disuplai untuk konsumen.

**2.3 Bagian Sistem Distribusi**

Sistem distribusi merupakan rangkaian bagian-bagian komponen listrik yang terhubung satu sama lain dari sisi primer (Tegangan Menengah) di Gardu Induk hingga sisi tegangan rendah di pelanggan atau konsumen[29].

Sistem distribusi dibagi menjadi 4 bagian, yaitu diantaranya:

1. Jaringan Tegangan Menengah (JTM 20 Kv), terdiri dari:
  - a. SUTM (Saluran Utama Tegangan Menengah)
  - b. SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah)
  - c. Gardu Distribusi, terdiri:
  - d. Gardu Hubung
  - e. Gardu Trafo (Tiang, Beton, Kubikel, Kios)
2. Jaringan Tegangan Rendah (JTR 220/380V) terdiri:
  - a. SUTR (Kawat terbuka, berisolasi/ *Twisted Cable*)

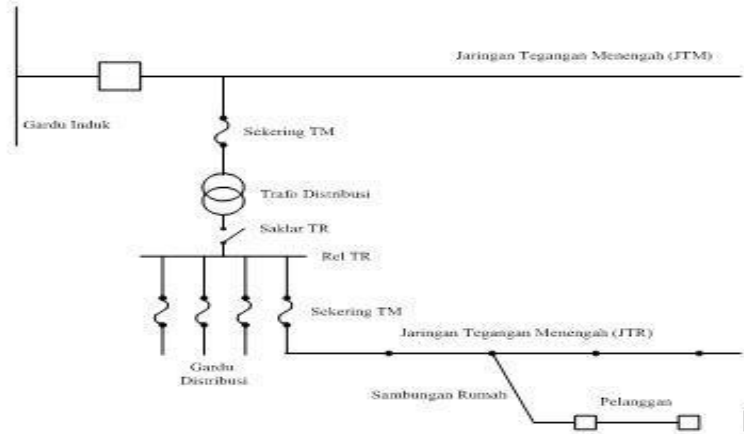
Hak cipta dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  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

- b. Sambungan Pelayanan dan APP, terdiri dari:
  1. Sambungan Rumah
  2. APP

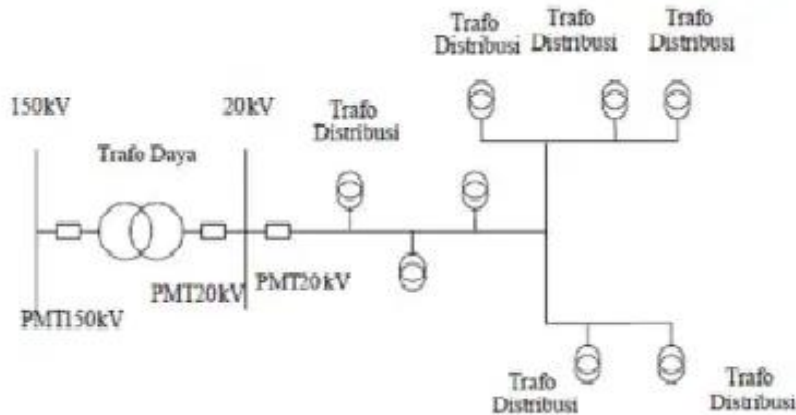


Gambar 2.6 Sistem distribusi[29]

**2.3.1 Konfigurasi Jaringan Distribusi**

Sistem jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis diantaranya jaringan *radial*, *loop* dan *spindel*[29].

- a. Konfigurasi Radial



Gambar 2.7 Konfigurasi Radial[29]

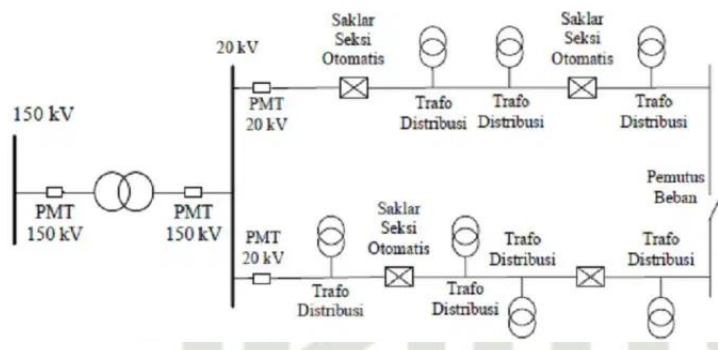
Pada sistem ini hanya mempunyai konsep pengoperasian dalam menyalurkan daya dengan satu arah ke beban. Jenis konfigurasi radial ini sering digunakan dalam menyalurkan tegangan ke pelanggan karena sistem ini sangat murah dan mempunyai jaringan yang sederhana. Pada gambar 2.7 menunjukkan jaringan TM (Tegangan Menengah) berupa *feeder-feeder* terdapat trafo distribusi dengan perlindungan pengaman. Pada konfigurasi *spindel* ini

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan 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.

memiliki kelemahan yaitu ketika sistem ini mengalami gangguan pada jaringan maka semua feeder yang dihubungkan ke pelanggan akan terganggu.

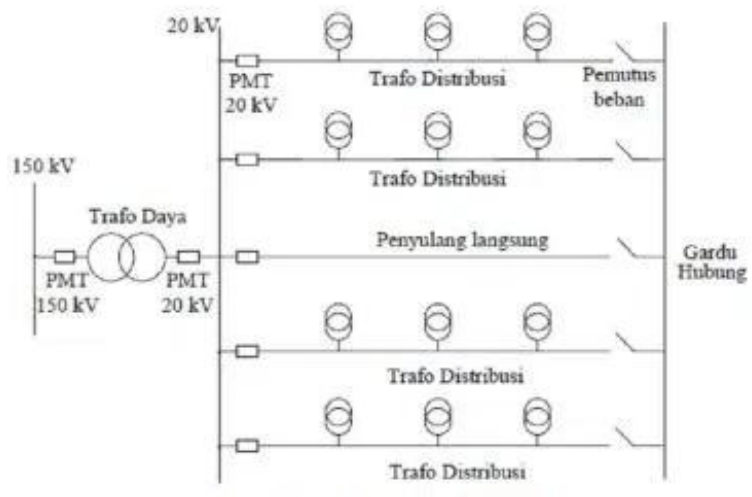
b. Konfigurasi Loop



Gambar 2.8 Konfigurasi Loop[29]

Berdasarkan gambar 2.8 sistem konfigurasi loop menguntungkan secara ekonomis karena pada jaringan terbatas hanya pada saluran terganggu, sedangkan pada saluran yang lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain dalam rangkaian yang tidak terganggu.

c. Konfigurasi Spindel



Gambar 2.9 Konfigurasi Spindel[29]

Merupakan gabungan sistem jaringan radial dan ring seperti terlihat pada gambar 2.9 terdiri dari beberapa penyulang yang tegangan nya diberikan dari gardu induk, tegangan tersebut berakhir pada saluran gardu hubung. Pada jaringan spindel biasanya digunakan pada

Saluran kabel tanah tegangan menengah yang terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung[28].

### Konduktor

Konduktor dapat diartikan sebagai media dalam mengalirkan arus listrik ke seluruh sistem listrik, baik dari sumber tenaga listrik hingga ke konsumen. Dalam bentuk bahan yang dibuat pada konduktor dapat berupa tembaga, aluminium, dan baja. Dari setiap jenis bahan mempunyai tipe yang berbeda-beda dalam kemampuan penghantar tegangan. Adapun syarat dalam memilih jenis konduktor antara lain sebagai berikut[28] :

- a. Kekuatan tarik dengan mekanikal tinggi
- b. Konduktivitas tinggi
- c. Titik berat
- d. Biaya rendah
- e. Tidak mudah patah

Dalam penyaluran tenaga listrik ada beberapa tipe konduktor yang digunakan sebagai berikut[28] :

- a. *All Aluminum Conductor* (AAC)

Konduktor ini terbuat dari bahan *aluminium* dengan dua lapis yang sangat cocok dipilih dalam penyaluran saluran udara untuk transmisi atau distribusi.

- b. *All Alloy Aluminum Conductor* (AAAC)

Konduktor ini mempunyai tiga lapis dengan bahan *aluminium* untuk transmisi dan distribusi.

- c. *All Alloy Aluminium Conductor – Shielded* (AAAC-S)

Biasanya digunakan untuk saluran 20 kV baik di transmisi maupun distribusi.

Konduktor ini terbuat dari bahan aluminium dengan isolasi jenis XLPE.

- d. *Aluminum Conductor Steel Reinforced* (ACSR)

Konduktor ini berbahan baja yang dilapisi dengan aluminium yang digunakan untuk saluran udara transmisi dan distribusi.

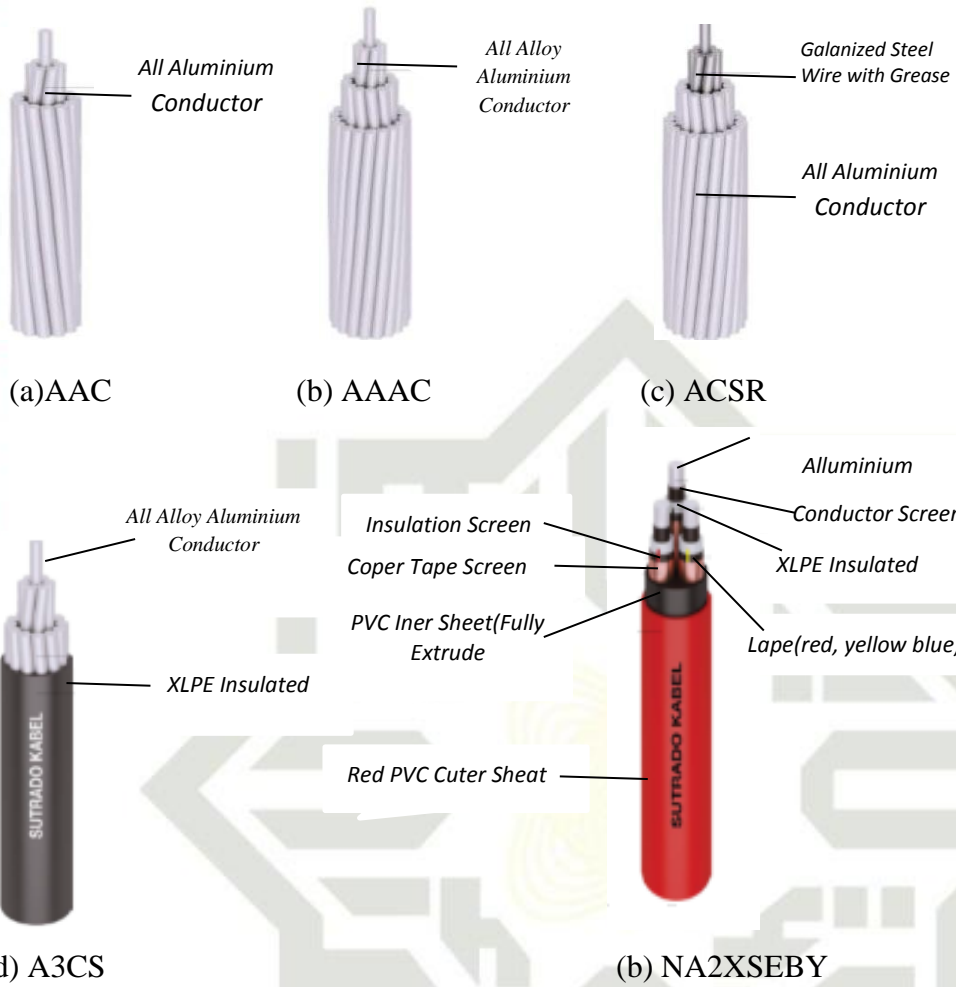
- e. NA2XSEBY (Kabel Tanah)

Konduktor ini digunakan pada dalam tanah, dalam ruangan untuk gardu induk dan pembangkit.



**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 Tipe Konduktor dalam Penghantar[29]

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

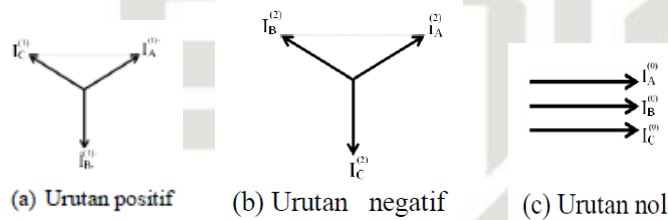
Hak pa  
1. Dire

Tabel 2.3 Data Bentuk Ukuran dan Impedansi Penghantar[30][31]

Jenis Konduktor	Penampang (mm <sup>2</sup> )	Impedansi Urutan (Ohm / km)		Kuat Hantar Arus (A)
		Positif	Nol	
AAC	16	1,8382 + j 0,4035	1,9862 + j 1,6910	110
	25	1,1755 + j 0,3895	1,3245 + j 1,6770	145
	35	0,8403 + j 0,3791	0,9883 + j 1,6666	180
	50	0,5882 + j 0,3677	0,7362 + j 1,6552	225
	70	0,4202 + j 0,3572	0,5682 + j 1,6447	270
	95	0,3096 + j 0,3464	0,4576 + j 1,6339	340
	120	0,2451 + j 0,3375	0,3931 + j 1,6250	390
	150	0,1961 + j 0,3305	0,3441 + j 1,6180	455
	240	0,1225 + j 0,3157	0,2705 + j 1,6032	625
AAAC/ AAAC-S	16	2,0161 + j 0,4036	2,1641 + j 1,6911	105
	25	1,2903 + j 0,3895	1,4384 + j 1,6770	135
	35	0,9217 + j 0,3790	1,0697 + j 1,6665	170
	50	0,6452 + j 0,3678	0,7932 + j 1,6553	210
	70	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447	255
	95	0,3096 + j 0,3449	0,4876 + j 1,6324	320
	120	0,2688 + j 0,3376	0,4168 + j 1,6324	365
	150	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180	425
	240	0,1344 + j 0,3158	0,2824 + j 1,6034	585
Kabel Tanah	3 x 150	0,206 + j 0,104	0,356 + j 0,312	259
NA2XSEBY	3 x 240	0,125 + j 0,097	0,275 + j 0,029	338
(XLPE)	3 x 300	0,100 + j 0,094	0,250 + j 0,282	380

## 2.5 Komponen simetris

Dalam teknik kelistrikan, metode komponen simetris menyederhanakan analisis sistem tenaga tiga fasa yang tidak seimbang baik dalam kondisi normal maupun abnormal.[22]. Dalam komponen simetris yang dihasilkan disebut sebagai langsung (positif), terbalik (negatif), dan nol (homopolar).



Gambar 2.11 Fasor Komponen Simetris[27]

Dari setiap jumlah set fasa dapat dikonversikan ke depan komponen simetris, dengan  $\alpha$  sudut fasa  $120^\circ$ , sehingga didapatkan dengan persamaan 2.3.

$$[I_0 \ I_1 \ I_2] = \frac{1}{3} [1 \ 1 \ 1 \ a \ a^2 \ 1 \ a^2 \ a] \times [I_A \ I_B \ I_C] \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

$I_0$  = Arus urutan nol

$I_1$  = Arus urutan positif

$I_2$  = Arus urutan negatif

8 = sudut fasa  $1 \angle 1200$

9 =  $1 \angle 2400$

## 2.6 Gangguan Hubung Singkat

Sistem tenaga listrik pada biasanya terdiri dari pembangkit, gardu induk, jaringan transmisi, serta distribusi. Bersumber pada konfigurasi jaringan, pada sistem ini tiap gangguan yang terdapat pada penghantar, hendak mengusik seluruh beban yang terdapat ataupun apabila terjadi gangguan yang salah satu *feeder* hingga seluruh pelanggan yang tersambung pada GI tersebut terganggu.

Apabila gangguan tersebut menjadi permanen serta membutuhkan revisi terlebih dahulu sebelum bisa dioperasikan kembali, hingga pelanggan yang dihadapi gangguan pelayanan jumlahnya relatif banyak. Sesuatu gangguan di dalam peralatan didefinisikan bagaikan terbentuknya suatu kehancuran di dalam sirkuit listrik yang menimbulkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang tidak diinginkan. Gangguan ini biasanya diakibatkan oleh putusnya kawat saluran transmisi sehingga terjalin hubung singkat ke tanah, pecahnya isolator ataupun rusaknya isolasi. Impedansi gangguan biasanya rendah, sehingga arus gangguan jadi besar.

Sepanjang terjadinya gangguan, tegangan 3 fasa, jadi tidak *balance* serta pengaruhi seplai ke sirkuit 3 fasa yang bersebelahan. Arus gangguan yang besar bisa mengganggu tidak cuma perlengkapan, namun instalasi yang dilalui arus gangguan. Gangguan dalam perlengkapan yang berarti bisa mempengaruhi stabilitas sistem tenaga listrik, misalnya dipengaruhi stabilitas sistem saat terhubung.

Pada jaringan distribusi gangguan yang terjadi yaitu gangguan hubung singkat. Hubung Singkat (*short circuit*) adalah sesuatu koneksi yang tidak normal antara satu konduktor ke tanah maupun ke konduktor lain[9]. Gangguan hubung singkat dapat disebabkan oleh dua aspek, yakni aspek eksternal dan aspek internal. Pada aspek eksternal hambatan berasal dari luar sistem (hewan, tanaman dan musibah alam), kebalikannya aspek internal berasal dari dalam sistem (kebocoran isolator maupun penuaan pada perlengkapan)[10, 11].



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip atau menyalin dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta dilindungi UIN Suska Riau  
 Sateh Slaminj University of Sultan Syarif Kasim Riau

## 2.6 Aplikasi Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Untuk menghitung arus gangguan arus gangguan hubung singkat pada suatu sistem, pertama-tama dihitung besarnya arus kapasitif, besarnya impedansi sumber, hal ini didapat dari data hubung singkat di Bus 150 KV gardu induk koto panjang, selanjutnya menghitung reaktansi trafo tenaga dan menghitung impedansi penyulang.

### 2.6.1 Impedansi Sumber

Dalam melakukan perhitungan untuk impedansi sumber ( $X_s$ ) yang harus dilakukan adalah dengan mencari ( $MVA_{SC}$ ) pada persamaan[36] :

$$MVA_{SC} = \sqrt{3} \times I_{sc(20\text{ kV})} \times V_{ph(150\text{ kV})} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

- $I_{sc(20\text{ kV})}$  = arus hubung singkat pada sisi 20 kV
- $V_{ph(150\text{ kV})}$  = tegangan di sisi 1500 kV

Kemudian dilakukanlah ketika mendapatkan nilai ( $MVA_{SC}$ ), maka yang harus dicari adalah nilai untuk impedansi sumber pada sisi 150 kV dengan menggunakan persamaan 2.5[36]:

$$Z_{sumber(sisi\ 150\text{ kV})} = \frac{kV\ (sisi\ primer)^2}{MVA_{sc}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Setelah itu dilakukan dengan mencari arus hubung singkat pada sisi 20 kV maka untuk nilai impedansi menggunakan persamaan 2.6 [36]:

$$Z_{sumber\ (20kV)} = \frac{kV\ dasar\ lama^2}{kV\ baru\ dasar^2} \times Z_{dasar(sisi\ 150\text{ kV})} \dots \dots \dots (2.6)$$

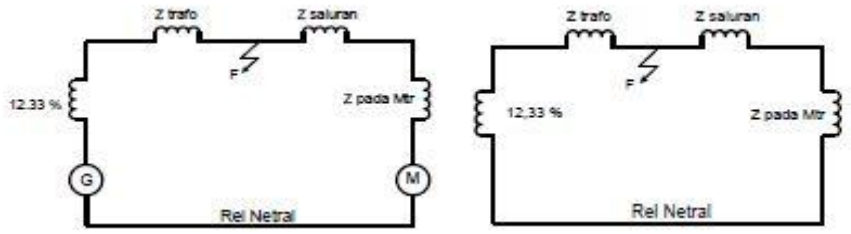
### 2.6.1.2 Perhitungan Impedansi Trafo

Dalam mencari nilai reaktansi trafo yang harus dilakukan adalah mendapatkan nilai dari urutan positif dan negatif serta urutan nol dengan menggunakan data teknis impedansi transformator yang didapat di gardu induk 150 kV Koto Panjang. Data yang diperoleh saat observasi dilapangan yaitu nilai impedansi sebelumnya, maka yang harus dihitung nilai reaktansi urutan positif dan negatif serta urutan nol dengan kondisi persamaan sebagai berikut[37]:

1. Reaktansi urutan positif dan negatif ( $X_{T1}$ )

Dalam sistem reaktansi positif dan negatif itu sangat sederhana. Karena motor dan generator hanya mempunyai tegangan internal saja karena mesin yang dirancang

menyebabkan tegangan yang seimbang. Dapat diketahui bahwa komponen urutan positif mempunyai tiga fasor yang sama besarnya, dan juga mempunyai urutan fasa yang sama dengan fasor aslinya, berbeda untuk komponen negatif yang mana mempunyai fasor yang sama besar akan tetapi untuk urutannya berlawanan dengan fasor aslinya.



Gambar 2.12 (a) Diagram reaktansi urutan positif (b) Diagram reaktansi urutan negatif[37]

Karena semua reaktansi urutan positif sistem tersebut sama dengan reaktansi urutan negatifnya, jadi jaringan urutan negatifnya identik dengan jaringan urutan positifnya atau  $X_{T1} = X_{T2}$  atau  $X_{T1}$ [36].

Nilai reaktansi untuk urutan positif dan negatif adalah nilai dari reaktansi transformatornya.

$$X_{T1} = (X_{T2}) \text{ atau } (X_{T1})$$

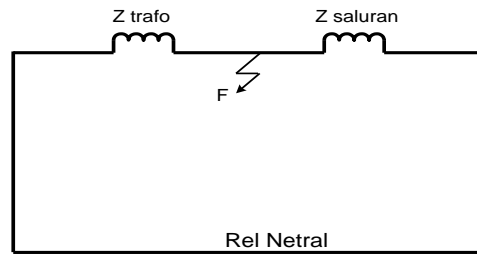
$$Z_T = \left( \frac{kV(\text{sisi } 20kV)}{MVA} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Reaktansinya harus diketahui berapa, untuk datanya diambil di gardu induk Koto Panjang dengan menggunakan rumus[36] :

$$X_{T1} = \text{Reaktansi} \times Z_{1T} \dots\dots\dots (2.8)$$

2. Reaktansi Urutan Nol ( $X_{T0}$ )

Pada komponen urutan nol yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan dengan penggeseran fasa nol antara fasor satu dan fasor lainnya. Maka dengan ini, arus urutan nol hanya akan mengalir jika terdapat jalur kembali yang membentuk rangkaian lengkap. Setiap tegangan tertentu ditetapkan oleh jaringan dengan potensial tanah dengan titik sistem itu karena arus akan mengalir ke dalam tanah lewat pengantar dan kawat tanah[36].



Gambar 2.13 Diagram reaktansi urutan nol[38]

Reaktansi urutan nol ini didapat dengan memperhatikan data transformator daya itu sendiri, yaitu melihat kapasitas belitan yang ada dalam transformator itu[38]:

- a. Pada trafo daya yang dihubungkan dengan belitan  $\Delta Y$ , maka jumlah pada belitan  $\Delta$  akan sama besar dengan kapasitas belitan Y, sehingga rumus yang didapatkan adalah :  $X_{T0} = X_{T1}$ .
- b. Pada trafo daya dengan menghubungkan belitan  $Y_{yd}$ , dimana kapasitas belitan  $\Delta$  besarnya tetap ada dalam trafo tetapi tidak dikeluarkan kecuali satu termal untuk delta diketanahkan. Maka didapatkan rumus sebagai berikut[36]:  

$$X_{T0} = 3 \cdot X_{T1} \dots\dots\dots (2.9)$$
- c. Untuk transformator daya dengan hubungan belitan YY dan tidak mempunyai belitan  $\Delta$  di dalamnya, maka  $X_{T0}$  besarnya berkisar antara 9 s/d 14 .  $X_{T1}$

**2.6.1.3 Impedansi Penyulang**

Impedansi penyulang yang akan dihitung disini tergantung dari besarnya impedansi/km dari penyulang yang bersangkutan, dimana besar nilainya ditentukan dari konfigurasi tiang yang digunakan SUTM atau dari jenis kabel tanah untuk jaringan SKTM. Nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan di asumsikan dengan 1%, 10%, 20% s/d 100% dari panjang jaringan penyulang (km)[36].

maka rumus perhitungan yang digunakan adalah :

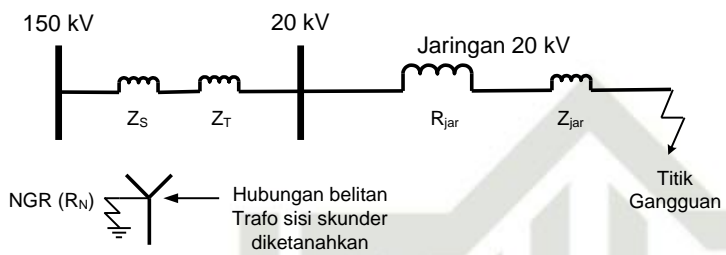
1. Untuk impedansi penyulang urutan positif dan negatif ( $Z_1 = Z_2$ )  
 $Z_1 = Z_2 = \text{Lokasi gangguan} \times \text{panjang penyulang} \times \text{Impedansi positif dan negatif} \dots\dots\dots (2.10)$

2. Untuk Impedansi penyulang urutan nol ( $Z_0$ )  
 $Z_0 = \text{Lokasi gangguan} \times \text{panjang penyulang} \times \text{Impedansi nol penyulang} \dots\dots\dots (2.11)$



### 2.6.9.4 Impedansi Ekvivalen

Dalam perhitungan yang didapatkan untuk impedansi ekvivalen adalah dengan melakukan perhitungan pada urutan positif ( $Z_{1-eq}$ ), urutan negatif ( $Z_{2-eq}$ ) dan untuk urutan nol ( $Z_{0-eq}$ ) dari sumber samapi ke titik gangguan[39].



Gambar 2.14 Gambar perhitungan  $Z_{1-eq}$ ,  $Z_{2-eq}$ ,  $Z_{0-eq}$  [38]

Oleh karena itu dari titik gangguan impedansi sampai ke sumber itu terhubung seri maka didapatkan perhitungan karena dari sumber ke titik gangguan impedansi tersambung seri maka perhitungan urutan positif ( $Z_{1-eq}$ ), urutan negatif ( $Z_{2-eq}$ ) dijumlahkan impedansinya sedangkan untuk perhitungan urutan nol dimulai dari titik gangguan menuju ke trafo serta untuk netral di ketanahkan.

1. Perhitungan untuk impedansi eqivalen urutan positif ( $Z_{1ek}$ ) dan impedansi eqivalen urutan negatif ( $Z_{2-ek}$ ) [36] :

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{sumber} + Z_{T1} + Z_{1penyulang} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

- $Z_{sumber}$  = Nilai impedansi pada sisi tegangan 20 kV.
- $Z_{T1}$  = Nilai Impedansi Urutan Positif dan negatif pada trafo
- $Z_{1penyulang}$  = Nilai Impedansi Urutan Positif dan negatif pada penyulang

2. Menghitung impedansi eqivalen urutan nol ( $Z_{0ek}$ ) [36] :

$$Z_{0ek} = Z_{T0} + 3 R_n + Z_{0 penyulang} \dots\dots\dots (2.13)$$

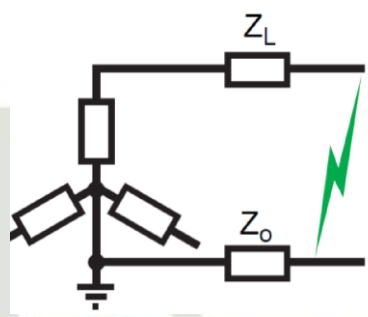
Dimana :

- $Z_{T0}$  = Nilai Impedansi Urutan nol pada trafo
- NGR = Nilai tahanan pentanahan pada trafo
- $Z_{0 penyulang}$  = Nilai Impedansi Urutan nol pada penyulang

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

### 2.6.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketaanah

Hubung singkat satu fasa ke tanah (*line to ground*) merupakan tipe kesalahan yang sangat universal serta sifat umumnya tidak merusakkan sistem. Hitungan pada besaran arus gangguan ini menggunakan metode perhitungan spesial dari komponen simetris karena besar arus gangguan dapat ditetapkan ketika sistem tersebut diberikan serta jalur balik tanah dari arus gangguan.



Gambar 2.15 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah[33]

Adapun perhitungan untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah menggunakan persamaan 2.8[32].

$$I_{\phi(20)} = \frac{3 \times V_p}{Z_{1ek} + Z_{2ek} + Z_{0ek}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

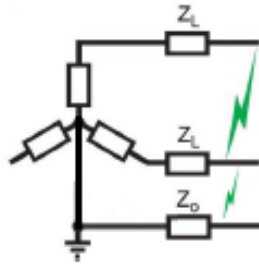
- $I_{\phi(20)}$  = Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah
- $V_p$  = Tegangan fasa-netral
- $Z_{1ek}$  = Impedansi positif ( $\Omega$ )
- $Z_{2ek}$  = Impedansi negatif ( $\Omega$ )
- $Z_{0ek}$  = Impedansi urutan nol ( $\Omega$ )

### 2.6.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Pada sistem ini yang menjadi kesalahan pada hubung singkat dua fasa adalah meningkatnya sebuah konduktor apabila memasukan fasa kedua. Ini adalah kesalahan yang tidak seimbang, dikarenakan besarnya arus garis ke tanah daripada gangguan garis ke garis akan tetapi lebih kecil dari gangguan tiga fasa. Perhitungan arus ini menggunakan komponen simetris. Hal ini tentu sangat mempengaruhi impedansi jalur pengembalian tanah yang mana dapat mempengaruhi hasil tersebut sehingga dapat dilakukan jika memungkinkan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 2. 16 Hubung Singkat Dua Fasa[33]

Adapun perhitungan gangguan dua fasa menggunakan persamaan dibawah ini[32].

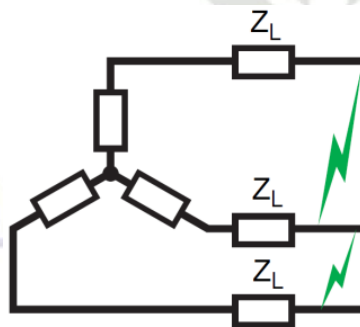
$$I_{\phi(20)} = \frac{V_p}{Z_{1ek} + Z_{2ek}} \quad (2.15)$$

Dimana :

- $I_{\phi(20)}$  = Gangguan hubung singkat 2 fasa
- $V_p$  = Tegangan fasa-netral
- $Z_{1ek}$  = Impedansi ekivalen urutan positif  $\Omega$
- $Z_{2ek}$  = Impedansi ekivalen urutan negatif  $\Omega$

#### 2.6.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Pada gangguan hubung singkat tiga fasa ini hal yang sering terjadi dimana ketiga penghantar disatukan dengan impedansi nol atau penghantar tersebut mengalami secara bersamaan. Pada sistem simetris bisa dibidang seimbang, dan besarnya arus gangguan sama dengan tiga fasa. Tentu hal ini terjadi dalam permasalahan gangguan hubung singkat tiga fasa yang mana dapat menimbulkan arus maksimal pada gangguan hubung singkat sehingga hasil yang didapatkan digunakan sebagai pemilihan alat perlindungan.



Gambar 2.17 Hubung Singkat Tiga Fasa[32]

Dalam perhitungan untuk gangguan hubung singkat tiga fasa menggunakan persamaan gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah[32].



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

**2.7.1 Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik**

**Pengertian Sistem Proteksi**

Secara universal pengertian perlindungan atau sistem proteksi yakni sebuah metode untuk menghindar ataupun membatasi ketika tegangan mengalami gangguan, tentu hal ini sangat berguna karena dalam proses penyaluran tegangan tetap dalam kondisi yang aman.

Untuk sistem proteksi pada penyulang distribusi ini dimana tegangan tersebut diberikan kepada gardu induk dengan ada beberapa sistem pengamanan yang dapat menjaga ketika terjadi gangguan penyulang ini berperan sebagai penghantar tenaga listrik dengan tegangan sekitar 6-20 kV yang terdiri dari[34]:

1. Tegangan menengah saluran udara (TMSU)
2. Tegangan menengah saluran kabel (TMSK)

**2.7.2 Perangkat Pada Sistem Proteksi**

Adapun perangkat utama dari sistem proteksi yaitu[34]:

1. Relay

Dalam sistem distribusi relai yang digunakan mempunyai peran dalam mengamankan peralatan apabila mengalami gangguan. Adapun relai yang digunakan untuk sistem distribusi adalah[35]:

- a. *Overcurrent Relai (OCR)*
- b. *Ground Fault Relai (GFR)*

Dari kedua jenis relai tersebut mempunyai peran bahwa ketika ada gangguan yang terdeteksi oleh sensor relai yang mana mempunyai arus yang besar dari pada *setting* relai maka relai tersebut mengirim sinyal untuk memerintahkan PMT bekerja lewat kotak relai.

2. CT/PT

*Current Transformer (CT)* adalah suatu alat untuk mengkonversikan sisi arus tinggi menjadi sisi arus rendah. Pada arus sisi besar ini harus direndahkan karena relai cuma

$$I_{\phi(0)} = \frac{V_p}{Z_{1ek}} \dots \dots \dots (2.16)$$

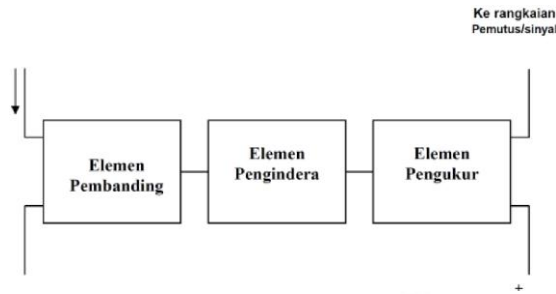
Dimana :  
 $I_{\phi(0)}$  = Gangguan hubung singkat 3 fasa  
 $V_p$  = Tegangan fasa-netral  
 $Z_{1ek}$  = impedansi urutan positif  $\Omega$

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



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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



Gambar 2.18 Diagram Blok Relai Proteksi[36]

Terdapat sebagian persyaratan yang wajib diperhatikan dalam pengawatan misalnya penggunaan tipe kabel maupun kawat, besar penampang kabel, panjang kabel, corak kabel, serta kode-kode. Secara garis besar bagian dari relai perlindungan terdiri dari 3 bagian utama, diantaranya sebagai berikut:

1. Elemen pengindera

Elemen ini berperan buat merasakan besaran-besaran listrik, semacam arus, tegangan, frekuensi, serta bagianya bergantung relai yang dipergunakan. Pada bagian ini besaran yang masuk hendak dialami keadaannya, apakah kondisi yang diproteksi itu memperoleh gangguan ataupun dalam kondisi wajar, untuk selanjutnya besaran ini akan dikirim ke elemen pembanding.

2. Elemen pembanding

Pada elemen ini mempunyai peran dalam menerima besaran ketika besaran itu diterima dahulu oleh besaran pengindera dalam menyamakan kondisi besaran listrik dengan arus kerja relai.

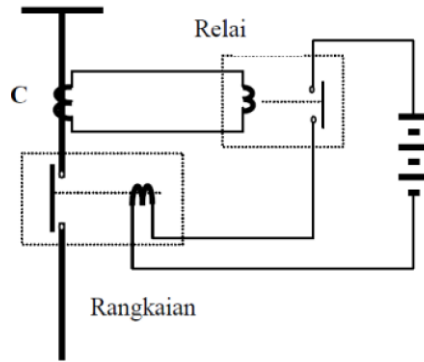
3. Elemen pengukur

Pada elemen ini mempunyai peran dalam pengandaan secara cepat dalam pergantian dengan besaran ukurannya serta memberi sinyal atau perintah dalam membuka PMT.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 2.19 Diagram Relai Proteksi[36]

### 2.7.3 Tujuan Sistem Proteksi

Pada sistem tenaga listrik hampir seluruh jaringan pernah mengalami gangguan hubung singkat yang menimbulkan terjadinya pemadaman akibat arus yang besar. Semakin besar sebuah sistem akan semakin rentan pula terkena gangguan. Ketika arus gangguan tidak diperbaiki maka alat yang dekat dengan gangguan akan mengalami kerusakan yang dilalui arus gangguan. Maka dari untuk menghindari kejadian tersebut diperlukan sebuah sistem yang bernama sistem proteksi gunanya untuk membuka atau melepaskan serta mendeteksi arus apabila terjadi gangguan. Oleh karena itu sistem proteksi ini sangat penting dalam menjaga kestabilan listrik agar dapat memberikan penyaluran daya yang lebih aman ke konsumen atau pelanggan[34].

### 2.7.4 Persyaratan Sistem Proteksi

Untuk menjamin keandalan sistem tenaga, maka relai proteksi yang merupakan kunci kelangsungan kerja dari suatu sistem harus memenuhi persyaratan dan kemampuan sebagai berikut[15] :

1. Kecepatan reaksi (*Quick Of Action*) saat relai mulai merasakan adanya gangguan sampai pelaksanaan pelepasan *circuit breaker*. Semakin cepat perangkat proteksi bereaksi sebagai penganaman maka kerusakan dapat ditekan sekecil mungkin. Kecepatan kerja relay dapat diperlukan antara lain:
  - a. Menjaga statistik sistem
  - b. Mengurangi waktu gagal dari pemakai
  - c. Mengurangi kemungkinan waktu berkembangnya suatu gangguan menjadi gangguan yang lain.

- d. Mengurangi bagian-bagian peralatan yang rusak.
2. Selektivitas (*Selectivity*), dimana pengamanan harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya bagian yang terganggu saja yang menjadi kawasan utamanya.
3. Kepekaan (*Sensitivitas*) adalah kecepatan relai untuk memberikan respon atau tanggapan bila merasakan adanya gangguan dan kemampuan dalam relai untuk bekerja dengan baik sesuai dengan keadaan penyimpangan yang sedikit mungkin. Kemungkinan terjadinya penyimpangan terhadap cara kerja relai diperhitungkan sesuai dengan perencanaan.
4. Keandalan (*Reliability*), keandalan relai dapat dihitung dengan membandingkan jumlah keandalanya. Relai yang baik adalah antara 90% - 99% keandalan mencakup:
  - a. Desain yang baik.
  - b. Pemasangan yang benar.
  - c. Pemeliharaan yang dilakukan secara berkala.
5. Ekonomis dan sederhana, satu hal yang perlu diperhatikan sebagai persyaratan relai proteksi adalah masalah harga atau biaya.

### 27.5 Relai Arus Lebih

Relai arus lebih atau *Over Current Relay* (OCR) yaitu sebuah alat yang mana mempunyai peran dalam mendeteksi gangguan berupa arus yang berlebih. Arus berlebih ini biasanya disebabkan dari pemakaian beban yang besar serta adanya gangguan hubung singkat dari faktor *eksternal* dan *internal* yang melebihi batas yang telah ditentukan. Dalam relai ini ketika bekerja berdasarkan *setting Time Multiplier Setting* (TMS) dan *Plug Setting* (PS). TMS adalah suatu variabel untuk mengubah nilai operasi relai. Jika nilai suatu TMS semakin banyak, maka relai akan membutuhkan lebih banyak waktu untuk beroperasi dan sebaliknya. PS adalah suatu variabel yang berfungsi sebagai rujukan seberapa berbahaya kesalahan dan dalam waktu berapa kesalahan itu harus diselesaikan. Dalam koordinasi relai arus lebih dapat dilakukan dengan diskriminasi waktu atau arus. Dalam diskriminasi waktu, batas selisih antara dua relai mulai 0,25 sampai 0,4 detik[37]. Ada perbedaan untuk penamaan variabel TMS dan PS berdasarkan standar internasional dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut[39].

Label 2.4 Persamaan Standar Amerika dan IEC[42]

Standar IEC dan British	Standar Amerika
Plug Setting (PS)	Current Tap Setting (CTS)
Time Multiplier Setting (TMS)	Time Dial Setting (TDS)

Pengaturan *pick-up*, atau *plug setting*, digunakan untuk menentukan arus *pick-up* dari relai, dan arus gangguan yang terlihat oleh relai dinyatakan sebagai kelipatan dari ini. Nilai ini biasanya disebut sebagai *Plug Setting Multiplier* (PSM), yang didefinisikan sebagai rasio dari arus gangguan di amp sekunder ke *pick up* relai atau pengaturan *plug*. Untuk relai fase, pengaturan *pickup* ditentukan dengan memungkinkan margin untuk kelebihan beban di atas arus nominal, seperti dalam ekspresi berikut. Faktor beban lebih (*K*) yang direkomendasikan untuk motor adalah 1,5. untuk jalur, transformator, dan generator, biasanya berkisar antara 1,25 hingga 1,5[39]. Dalam sistem distribusi di mana dimungkinkan untuk meningkatkan pemuatan di penyulang dalam kondisi darurat, faktor kelebihan 1,5. Dalam hal apapun Inom harus lebih kecil dari CT dan kapasitas termal konduktor, jika tidak, nilai terkecil harus diambil untuk menghitung pengaturan *pick-up*[40]. Untuk menentukan *pick-up* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$I_{pick-up} = K \times I_{nom} \dots \dots \dots (2.17)$$

- Dimana:
- $I_{pick-up}$  = arus pick-up
  - $K$  = faktor koreksi beban lebih
  - $I_{nom}$  = arus nominal beban

Pengaturan waktu panggilan menyesuaikan waktu tunda sebelum relai beroperasi setiap kali arus gangguan mencapai nilai yang sama atau lebih besar dari pengaturan arus relai. Dalam relai elektromekanis, waktu tunda biasanya dicapai dengan menyesuaikan jarak fisik antara kontak bergerak dan tetap nilai panggil waktu yang lebih kecil menghasilkan waktu operasi yang lebih singkat. Pengaturan panggil waktu juga disebut sebagai pengaturan pengganggu waktu. Kriteria dan prosedur untuk menghitung pengaturan putaran waktu, untuk mendapatkan perlindungan dan koordinasi yang sesuai untuk sistem dipertimbangkan

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengacukan sumbernya.  
 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 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 dimiliki UIN Suska Riau  
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

berikutnya. kriteria ini terutama berlaku untuk relai *inverse*, meskipun metodologi yang sama berlaku untuk relai *definite*.

Ada beberapa standar yang didefinisikan sebagai jumlah karakter dari relai yang dapat bekerja sesuai dengan perintah yang telah diatur diantaranya sebagai berikut[15]:

**2.7.1 Standar Inverse (SI) Atau Normal Inverse (NI)**

Pada standar ini bisa disebut sebagai *Time Over Current* (TOC), yang memiliki peran sebagai waktu kerja *trip* berbanding terbalik dengan arus gangguan sehingga dapat menjaga jaringan tetap stabil.

Untuk mengatasi besarnya tahanan yang tinggi diakibatkan penghantar mengalami kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu untuk membuat arus gangguan hubung singkat menjadu keci, maka arus primer yang dipergunakan diambil dari gangguan hubung singkat tiga fasa yang terbesar sesuai dengan zona yang diperkirakan terjadi pada 1% dari panjang jaringan penyulang dan arus setelan primer dikalikan dengan arus beban yang terdapat di zona yang akan dihitung[16]. Penentuan konstanta waktu itu 0,3 detik, ini tergantung dimana relai yang akan di *setting*, bila dilakukan penyetelan maka di *outgoing* untuk sisi hulu nilainya 0,1 detik dan untuk *incoming* sisi hilir menjadi 0,7. Kemudian untuk setelan arus primer di *outgoing feeder* konstanta harus lebi besar dari konstanta yang berada di *incoming feeder*, tentu hal ini gunanya untuk sensitifitas dari setelan cadangan di *incoming*. Maka dari itu dapat dilakukan dengan perhitungan seperti rumus dibawah yaitu[16]:

Untuk perhitungan  $I_{SET\ PRIMER}$  ada dua cara yang mana mnggunakan rumus:  
 Untuk *outgoing*  

$$I_{SET\ PRIMER} = 1,05 \times I_{beban} \dots\dots\dots(2.18)$$

Untuk *incoming*  

$$I_{SET\ PRIMER} = 1,05 \times incoming\ sisi\ 20\ kV \dots\dots\dots(2.19)$$

Kemudian untuk mendapatkan setelan waktu sekunder yang dapat di setting pada relai arus lebih, maka dihitung dengan menggunakan data rasio trafo arus yang terpasang di penyulang tersebut diantaranya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{SET\ SKUNDER} = I_{SET\ PRIMER} \times \frac{CT_{SKUNDER}}{CT_{PRIMER}} \text{ atau}$$

$$I_{SET\ SKUNDER} = I_{SET\ PRIMER} \times \frac{1}{Ratio\ CT} \dots\dots\dots(2.20)$$

Selanjutnya dilakukan dengan menghitung nilai setelan TMS (*Time Multiple Setting*). Karena waktu kerja relai gangguan arus lebih dipenyulang atau sesuai dengan keterangan waktu tercepat, sehingga waktu yang diambil selama 0,3 detik, maka nilai TMS yang akan di *setting* pada relai gangguan arus lebih sebagai berikut[39]:

$$T_{ms} = \frac{0,14 \times Tms}{\left[ \left( \frac{I_{f \text{ 3 phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \dots\dots\dots(2.21)$$

Atau, nilai TMS dapat ditentukan berdasarkan waktu kerja yang diinginkan dengan persamaan berikut[39].

$$0,3 = \frac{0,14 \times Tms}{\left[ \left( \frac{I_{f \text{ 3 phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \dots\dots\dots(2.22)$$

**2.7.5.2 Very Inverse (VI)**

Pada relai ini mempunyai karakter yang sangat cocok digunakan ketika terjadi pengurangan arus gangguan, karena jarak antar sumber daya mengalami peningkatan secara pesat dalam impedansi gangguan. Untuk kerja relai *very inverse* ini mempunyai karkater bahwa waktu operasi menjadi dua kali lipat dalam pengurangan pengaturan arus relai. Maka didapatkan bahwa TMS lebih rendah untuk pengaturan arus *trip* yang diberikan. Adapun perhitungannya yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut[16]:

$$T = \frac{13,5 \times TMS}{\left( \frac{I_f}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{-1}} \dots\dots\dots(2.23)$$

**2.7.5.3 Extremely Inverse (EI)**

Untuk *Extremely inverse* dalam relai arus mempunyai peran penting dalam waktu beroperasi yang mana relai ini sangat berbanding terbalik dengan kuadrat arus yang telah ditetapkan, karena pada saat beban puncak terjadi bahwa relai ini menjaga jaringan distribusi tetap aman dengan kerja mengumpan arus pada saat *switching*. Pada karakter *extremely inverse* ini memberikan hasil yang memuaskan, tetapi sangat berbeda dengan *very inverse* dan *standar inverse* yang mempunyai *settingan* yang berbeda atau tidak sama. Fungsi lain dari karakter relai ini yaitu mempunyai hubungan dengan *auto-recloser* di jaringan distribusi tegangan rendah. Ketika terjadi kesalahan yang bersifat sementara maka tidak perlu memutuskan atau mengganti sekring yang ada pada jaringan. Hal ini dapat diatur ketika *auto-recloser* bekerja sebelum sekring putus. Jika tidak dapat diatasi maka sistem *relcoser* tersebut akan menutup ketika salah satu pembukaan mengisolasi kesalahan yang lain[16].

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

$$I_{SET\ PRIMER} = \frac{80 \times TMS}{\left(\frac{I_{SET\ PRIMER}}{I_{100\%}}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots(2.24)$$

**2.7.4 Instantaneous (High Set Relay)**

Dengan karakter relai ini bahwa dalam ketika bekerja relai ini akan menunda waktu sementara ketika waktu operasi yang diberikan adalah 0,1 detik disebut *instant* unit. Hal ini dapat melindungi jaringan yang terganggu akibat gangguan hubung singkat dengan memberikan pengurangan *trip* pada tingkat kesalahan yang tinggi serta meningkatkan penilaian sistem dengan bentuk kurva deskriminatif. Salah satu keuntungan dari kerja relai ini yaitu pengaturan kerja yang diatur tinggi agar dapat mengurangi waktu operasi perlindungan jaringan diarea bawah kurva yang membedakan. Jika suatu sistem mencapai perlindungan dengan kecepatan tinggi pada lintasan yang dilindungi maka impedansi akan tetap konstan karena semakin cepat kesalahan terjadi maka semakin cepat pula dalam meminimalisir kerusakan diarea gangguan. [41].

**2.7.6 Relai Gangguan Tanah**

Pada proteksi Ground Fault Relay (GFR) atau relai gangguan tanah ini merupakan sistem yang dapat melindungi gangguan antar fasa ke tanah dengan bantuan sensor gangguan tanah. Kemudian untuk relai arus lebih sama juga kerja dengan gangguan tanah tetapi pada relai arus lebih ini ditambahkan sebuah sensor juga yaitu berupa sensor gangguan tanah. Prinsip kerja dari relai gangguan tanah ini adalah ketika arus mengalir melalui titik netral pada trafo maka relai tersebut akan bekerja dengan mendeteksi gangguan yang terjadi. Adapun karakter waktu kerja relai ini sama halnya dengan relai arus lebih yaitu *Standar Inverse* (SI), *Very Inverse* (VI), *Extremely Inverse* (EI) dan *Instantaneous (High Set Relay)*[39]. Tetapi ada yang membedakan diantara perhitungan ini dengan standar lainnya yaitu pada penentuan nilai  $I_{SET\ PRIMER}$  sehingga dapat dirumuskan menjadi:

Perhitungan  $I_{SET\ PRIMER}$  ada dua cara diantaranya sebagai berikut[16]:

1. Untuk *Outgoing*  
 $I_{SET\ PRIMER} = 8\% \times I_{100\%} \dots\dots\dots(2.25)$

2. Untuk *Incoming*  
 $I_{SET\ PRIMER} = 10\% \times I_{100\%} \dots\dots\dots(2.26)$

**2.8 Recloser**



Didalam Sistem jaringan distribusi 20 kV, ada namanya sistem proteksi yang memiliki fungsi untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian sistem lainnya dapat terus beroperasi tanpa ada hambatan. Alat yang digunakan untuk sebuah sistem proteksi ini yang ada di *feeder* Muaro Pati menggunakan salah satunya *recloser*. *Recloser* dapat diartikan sebagai rangkaian listrik yang terdiri dari pemutus tenaga yang dilengkapi dengan kontak kontrol elektronik (*Electronic Control Box*) *recloser*, yaitu suatu peralatan elektronik sebagai perlengkapan *recloser* dimana peralatan ini dapat dikendalikan dengan cara pelepasanya. Dari dalam kotak kontrol inilah pengaturan *setting recloser* dapat ditentukan[42].

### 2.8.1 Prinsip Kerja *Recloser*

Prinsip kerja *recloser* ini mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat. cara bekerja *recloser* ini yaitu dengan menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya dimana pada sebuah gangguan temporer, *recloser* tidak membuka tepat (*Lock Out*), kemudian *recloser* menutup kembali setelah gangguan itu hilang. Apabila gangguan bersifat permanen, maka setelah membuka atau menutup balik sebanyak *setting* yang telah ditentukan kemudian *recloser* akan membuka tetap (*Lock Out*)[42].

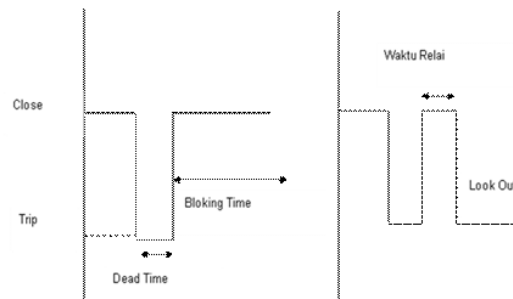
### 2.8.2 Jenis-Jenis *Recloser*

Bedasarkan tipe perintahnya jenis *recloser* dapat dibedakan sebagai berikut[35]:

#### a. *Singel shot reclosing relay*

Relai ini hanya dapat memeberikan perintah *reclosing* ke PMT satu kali dan baru dapat melakukan *reclosing* setelah *bloking time* terakhir. Bila terjadi gangguan pada periode *blocking time*, PMT *trip* dan tidak bisa *reclose* lagi (*Lock Out*).

Close Trip – Dead Time – Bloking Time – Waktu Relai – Lock Out

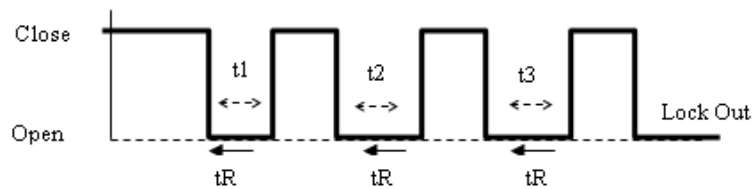


Gambar 2.20 *Singel Shot Reclosing Relay*[35]

### Multi shot recloser relay

Relai ini dapat memberikan perintah *reclosing* ke PMT lebih dari satu kali. *Dead time* antara *reclosing* dapat diatur sama atau berbeda, bila terjadi gangguan, relai OCR dan GFR memberikan perintah *trip* kepada PMT. Pada saat yang sama juga mengerjakan *reclosing* relai. Setelah *dead time*  $t_1$  yang sangat pendek (kurang dari 0,6 detik), relai memberi perintah *recloser* ke PMT.

Jika gangguan masih ada, maka PMT akan *trip* kembali dan *reclosing* relai akan melakukan *reclose* yang kedua setelah *dead time*  $t_2$  yang cukup lama (15-60 detik) jika gangguan masih ada. Maka PMT akan *trip* kembali dan *reclosing* relai akan melakukan *reclose* ketiga setelah *dead time*  $t_3$ .



Gambar 2.21 *Multi Shot Reclosing Relay*[35]

### 2.9 Penempatan Relai OCR, GFR dan *Recloser* Pada Penyulang Baru

Dalam penempatan Relai OCR, GFR, dan *recloser* pada penyulang baru, hal yang harus dilakukan sebelum penempatan yaitu memerlukan sebuah sistem (CB) yang dapat memberikan *trip* ketika ada gangguan, kemudian memperhatikan jenis kabel yang mana kabel atau konduktor harus dilindungi dari panas berlebihan karena akibat dari arus hubung singkat dapat mengalir dalam konduktor, setelah itu harus memperhatikan waktu kerja relai yang akan dipasang pada penyulang baru sehingga ketika ada gangguan maka relai dapat bekerja sesuai dengan syarat sistem proteksi yakni sensitifitas, handal, kecepatan dan selektifitas, oleh karena itu ketika ada gangguan maka dapat bekerja dengan baik. Dalam hal ini tujuannya untuk menjaga jaringan listrik tetap stabil tanpa ada mengalami *trip* penyulang lain (*overlapping*).

Menurut referensi dari IEEE tentang *Protection and Coordination Of Industrial and Commercial Power System* bahwa untuk penempatan relai itu ditempatkan secara beruntun sepanjang jalur distribusi atau jalur dengan waktu yang bertingkat sesuai lokasi relai proteksi

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.

terhadap gangguan relai yang terdekat dengan gangguan akan bekerja lebih cepat dari pada relai yang lebih jauh. Meskipun semua relai merasakan gangguan namun hanya relai yang paling dekat yang akan bekerja[42]. Berdasarkan dari sumber diatas bahwa untuk penempatan relai OCR dan GFR akan diletakan dibagian paling dekat dengan sumber sebagai pelindung peralatan utama gardu induk, kemudian diletakan pada percabangan dan di ujung jaringan sehingga dapat memberikan *trip* pada penyulang yang mengalami gangguan hubung singkat. Oleh sebab itu ketika terjadi gangguan di penyulang maka dengan adanya relai tersebut dapat menjaga kestabilan sistem dalam kondisi aman tanpa mengalami kerusakan pada sistem[42].

### 2.10 Penyettingan Sistem Proteksi Pada Penyulang Baru

Dalam melakukan penyettingan sistem proteksi di jaringan baru komponen utama dalam menjaga apabila ada gangguan maka sistem pemutus tenaga (PMT) dengan menggunakan relai OCR dan GFR yang akan bekerja. Karena PMT mempunyai peranan penting dalam meminimalisir gangguan. Dalam penyettingan sistem proteksi ada beberapa tahapan dimulai yaitu menghitung nilai impedansi sumber, impedansi trafo, impedansi penyulang, impedansi eqivalen, menghitung gangguan hubung singkat, menghitung nilai OCR dan GFR dalam mendapatkan nilai TMS dan PS[19].

#### 2.10.1 Penentuan Parameter Penyettingan Dalam Sistem Proteksi

Dalam penentuan analisis penyettingan untuk sistem proteksi dibutuhkan data dari spesifikasi transformator sebagai sumber penyuplai daya diantaranya adalah sebagai berikut:

Data yang diambil melalui spesifikasi trafo yang ada di gardu induk Koto Panjang tujuannya adalah untuk melakukan sebagai acuan penyettingan sistem proteksi di jaringan baru dalam menentukan nilai sumber agar dapat mengetahui nilai dari impedansi sumber, impedansi trafo, impedansi penyulang dan impedansi ekivalen[36].

1. Gangguan hubung singkat 150 kV
2. Kapasitas Trafo
3. Tegangan primer dan tegangan sekunder
4. Frekuensi
5. Reaktansi trafo
6. Rasio CT



## 2.10.2 Parameter perhitungan Impedansi

Hal yang yang perlu dilakukan untuk mengetahui impedansi yang digunakan sebagai berikut[36]:

1. Impedansi sumber
2. Impedansi trafo
3. Impedansi penyulang
4. Impedansi ekivalen

## 2.10.3 Parameter Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Dalam perhitungan gangguan hubung singkat dilakukan sebagai berikut:

1. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah
2. Gangguan hubung singkat 2 fasa
3. Gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah
4. Gangguan hubung singkat 3 fasa

## 2.10.4 Parameter Perhitungan OCR dan GFR di sisi *Incoming* dan *Outgoing*

Untuk perhitungan OCR dan GFR di sisi *incoming* dan *outgoing* gunanya untuk menerapkan sistem proteksi dengan relai OCR dan GFR dalam memberikan *trip* ketika penyulang mengalami gangguan. Untuk penyettingan sistem proteksi relai yang akan dipasang pada zona 1 (*feeder baru*) di sisi *incoming* dan *outgoing*, kemudian zona 2 (*feeder Muaro Pati*) dan terakhir pada *recloser* yang ada di zona 3 (di penyulang *feeder Muaro Pati*). Ketika belum dapat perhitungannya hal yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung arus sekunder
2. Menghitung nilai TMS

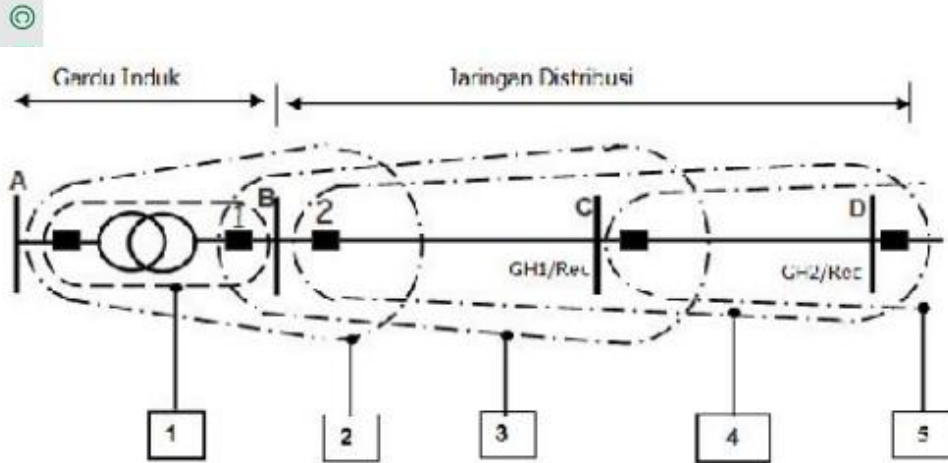
## 2.11 Koordinasi Sistem Proteksi

Peralatan proteksi perlu dikoordinasikan untuk memastikan bahwa peralatan yang berada di titik terdekat dengan gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu. Relai pengaman dengan kemampuan selektif yang baik dibutuhkan untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi karena tindakan pengaman yang cepat dan tepat akan dapat mengurangi gangguan menjadi sekecil mungkin.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
- 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.



Gambar 2.22 Sistem Pengaman Jaringan Distribusi[42]

Gambar diatas adalah pengaman sistem proteksi pada jaringan distribusi dengan keterangan nomor sebagai berikut. Keterangan nomor satu digunakan sebagai pengaman trafo dengan menggunakan relai *differential*, kemudian nomor dua yaitu OCR trafo sisi 150 kV pengaman cadangan lokal trafo, dan pengaman cadangan jauh terletak pada bus dua. nomor tiga OCR dan GFR trafo sisi 20 kV dengan pengaman utama di bus B1 sedangkan pengaman jauh diletakan pada saluran BC. Selanjutnya keterangan nomor 4 yaitu OCR dan GFR di B2 sebagai pengaman utama saluran dan BC sebagai pengaman cadangan jauh saluran CD dan terakhir pada nomor 5 yaitu OCR dan GFR di C sebagai pengaman utama saluran sedangkan CD pengaman cadangan jauh[42].

Selanjutnya untuk proses pengujian dilakukan dengan perlindungan proteksi yang ada serta koordinasi pada setiap penyulang dengan memberikan arus gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, fasa ke fasa dan tiga fasa sesuai dengan titik lokasi gangguan diantaranya 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% . hal ini tujuannya untuk melihat koordinasi antara relai utama dan relai cadangan apakah bekerja secara koordinasi atau mengalami tumpang tindih sesama relai di penyulang tersebut.

## 2.12 ETAP POWER STATION 12.6.0

ETAP atau disebut dengan *electrical transient and analysis program* merupakan sebuah software yang dapat mensimulasikan sistem tenaga listrik, yang mana secara garis besar digunakan sebagai percobaan dalam mensimulasikan sebuah penyettingan dan analisis dari sistem tenaga listrik apakah bekerja sesuai dengan yang ditentukan atau tidak, kemudian dapat menghitung gangguan hubung singkat serta koordinasi proteksi[43].

Pada aplikasi ini mempunyai dua standar yaitu standar ANSI dan standar IEC dari standar tersebut mempunyai perbedaan yang mana terletak pada simbol komponen yang tertentu, serta spesifikasi disesuaikan dengan lapangan yang tersedia di *library* pada ETAP.

### 2.12.1 Simbol Komponen Pada ETAP

Pada aplikasi ini ada bermacam-macam simbol yang digunakan dalam melakukan penyettingan sistem proteksi, pengolahan data, simulasi pada sistem tenaga listrik diantaranya yaitu ada Beban, *Bus*, *Circuit Breaker* (CB), Generator, Kabel, Motor, *Power Grid*, *Transformer* dan banyak lagi komponennya. Untuk tampilan dapat dilihat pada gambar berikut:

#### 1. Beban

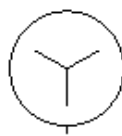
Beban dapat diartikan sebagai memanfaatkan daya atau menyerap daya dari jaringan tenaga listrik. Dalam aplikasi ini ada tipe beban yaitu *Lump Load* yang berfungsi sebagai peralatan gabungan antara *static load* dan *motor load* dengan contoh pada peralatan terdapat motor, magnet, komponen elektronika daya sehingga peralatan tersebut bisa dikategorikan pada peralatan beban dan jenis *lump load*. Sedangkan *Static Load* yaitu beban yang tidak banyak mengandung motor listrik sehingga tidak dapat mempengaruhi tegangan sistem pada saat *starting*.

#### 2. Bus

*Bus* atau disebut dengan *busbar* berfungsi sebagai tempat penghubung antara generator, *power grid*, beban, dan *transformator*. Pada *bus* ini mempunyai level tegangan yang sesuai dengan besaran tegangan yang dihubungkan.

#### 3. Generator

Generator berfungsi sebagai sumber tenaga listrik, di aplikasi ini ada perbedaan simbol antara generator berdasarkan ANSI dan IEC. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah.



ANSI



IEC



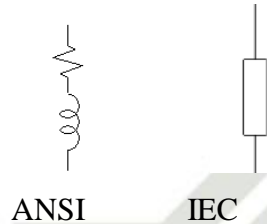
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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 2.23 Simbol Generator[43]

Kabel atau Konduktor

Kabel merupakan suatu media dalam penyaluran arus listrik ke seluruh sistem tenaga listrik, baik itu dari pembangkit sampai ke pelanggan.



Gambar 2.24 Simbol Kabel[43]

5. *Power Grid*

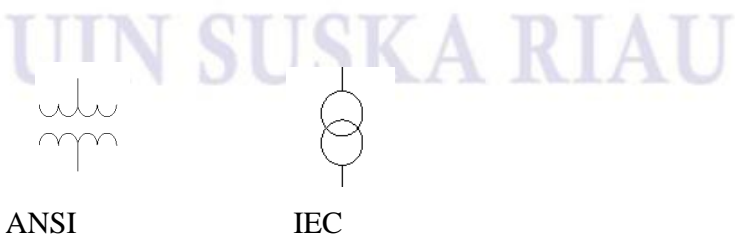
*Power grid* dapat diartikan sebagai tegangan yang konstan dan ideal akan tetapi daya yang diserap cukup besar. *Power grid* ini berupa gardu induk atau generator yang mempunyai kapasitas yang besar pada bagian sistem tenaga listrik. Adapun simbol pada aplikasi ini dapat dilihat seperti gambar dibawah.



Gambar 2.25 Simbol Pada *Grid*[43]

6. Transformator

Transformator mempunyai fungsi sebagai menaikkan atau menurunkan tegangan sistem tenaga listrik. Pada simbol trafo ini dibedakan menjadi dua yaitu dari ANSI atau IEC. Adapun simbol yang digunakan pada aplikasi ini yaitu:



Gambar 2.26 Simbol Transformator[43]

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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

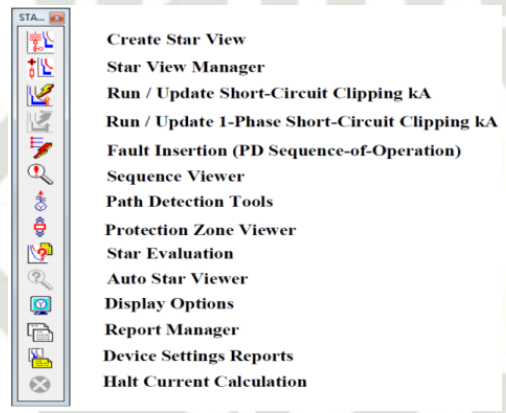
**2.1.2 Analisa Koordinasi Proteksi**

Pada sistem analisa koordinasi sistem proteksi ini mempunyai tujuan yaitu mengamati kinerja perangkat proteksi dengan memberikan jenis gangguan hubung singkat. Adapun simbol menu gangguan hubung singkat pada aplikasi ETAP dapat dilihat pada gambar berikut[42]:



Gambar 2.27 Tampilan Menu Gangguan Hubung Singkat[43].

Dalam menganalisis koordinasi proteksi ada beberapa tampilan menu yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.28 Tampilan Menu koordinasi Proteksi[43]

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini metode yang digunakan dan dikembangkan adalah kualitatif deskriptif dengan didukung berupa pengumpulan data mengenai sistem proteksi jaringan distribusi, pengoperasian dan penyettingan kerja relai untuk sistem proteksi di PLN Lima Puluh Kota (KP Pangkalan).

Pada penelitian ini akan difokuskan pada analisis penyettingan sistem proteksi pada penyulang baru yang ada di PT. PLN (Persero) ULP Pangkalan meliputi penempatan, penyettingan, dan koordinasi sistem proteksi menggunakan OCR dan GFR sebagai sistem perlindungan di jaringan baru dengan menggunakan data terkini, kemudian melakukan proses simulasi dengan bantuan software ETAP 12.6.0 meliputi simulasi aliran daya, simulasi gangguan hubung singkat dengan variasi beban, serta simulasi kinerja relai dengan variasi beban. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil penempatan, penyettingan dan koordinasi sistem proteksi pada penyulang baru dengan mengoptimalkan kinerja relai supaya dapat meminimalisir gangguan yang terjadi dengan syarat selektivitas, kehandalan dan sensitif, sehingga dengan penyettingan untuk relai OCR, GFR, dan *recloser* pada penyulang baru ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja relai dengan baik di studi kasus ULP Pangkalan, Sumatera Barat.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Riset ini dicoba pada penyulang baru 20 kV untuk daerah Pangkalan mengarah Koto Panjang sehingga posisi yang di seleksi dalam penelitian ini adalah di PT. PLN (Persero) ULP Pangkalan yang beralamat di Jalan. Raya Pangkalan, Pangkalan Kota Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. GH (Gardu Hubung) yang terdapat di Pangkalan disuplai dari Gardu Induk Koto Panjang yang mempunyai 2 unit transformator, dari kedua unit tersebut memiliki kapasitas tiap-tiap 60 MVA. Ada pula alasan pemilihan posisi merupakan bagaikan berikut:

1. Melaksanakan penyettingan sistem proteksi buat OCR serta GFR sesuai dengan standar serta ketentuan sistem perlindungan dalam menghindari terbentuknya *trip*.



### 3.3 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. 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.

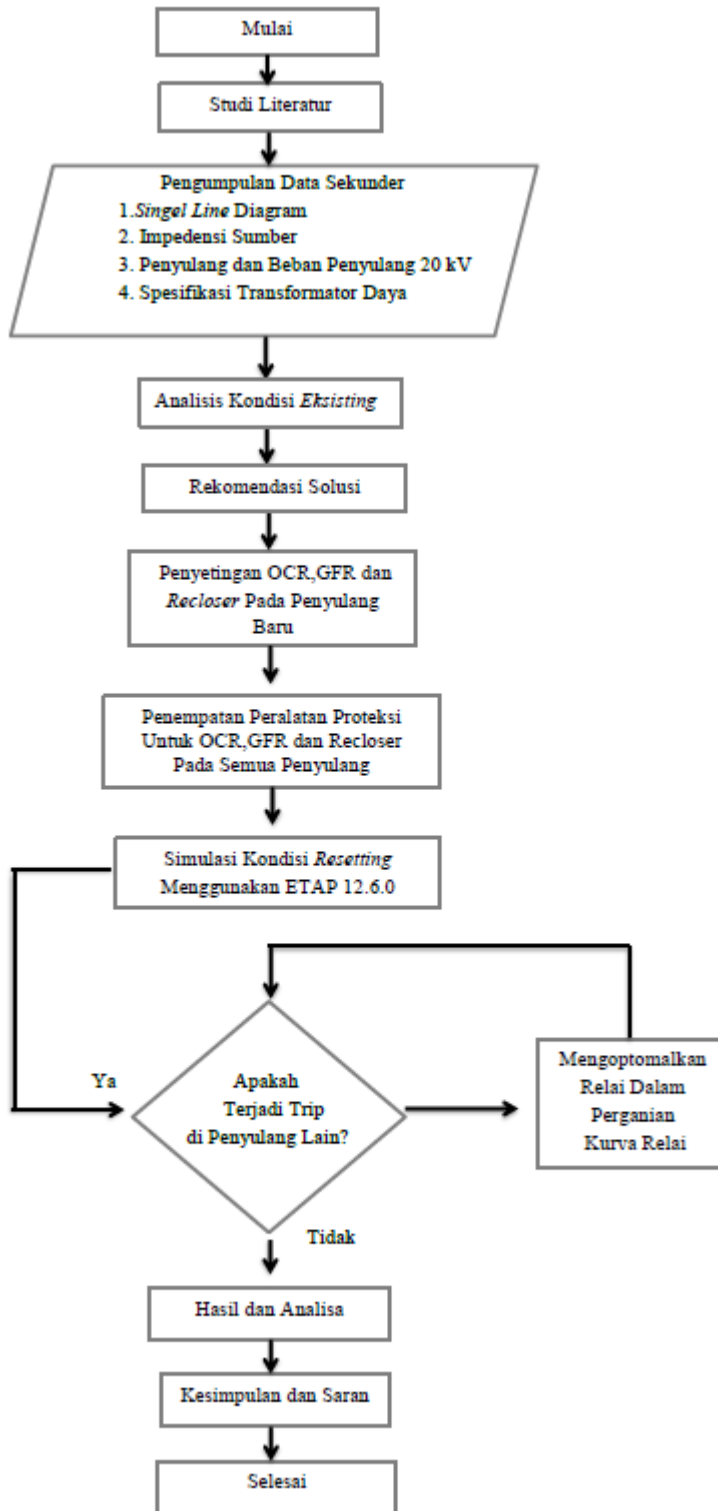
2. Memaksimalkan kinerja relai dalam memastikan *settingan* OCR beserta GFR buat meminimalisir gangguan hubung singkat.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur terkait dengan penelitian sebelumnya untuk mendukung penelitian yang dilakukan. Setelah itu dilakukan dengan penempatan data terkait dengan data spesifikasi trafo yang ada di gardu induk, *single line diagram*, panjang penyulang, jenis kabel, dan impedansi jaringan. Selanjutnya melakukan pemodelan kondisi *eksisting* dalam penambahan jaringan baru dengan melakukan simulasi aliran daya, simulasi gangguan hubung singkat dengan variasi beban, simulasi kinerja relai dengan variasi beban serta melakukan evaluasi untuk kondisi *eksisting* pada *feeder* Muaro Pati apakah terjadi *trip* penyulang lain atau tidak. Jika dalam proses simulasi terjadi *trip* pada penyulang lain maka dilakukan dengan *resetting* proteksi baru untuk semua *feeder* ketika penambahan penyulang baru. hal yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan sistem proteksi menggunakan OCR dan GFR sebagai sistem perlindungan di jaringan baru, melakukan penyettingan pada relai untuk jaringan baru, kemudian melakukan penempatan OCR, GFR dan *Recloser* pada penyulang baru. setelah itu dilakukan dengan simulasi aliran daya dengan bantuan software ETAP, simulasi gangguan hubung singkat dengan variasi arus gangguan, serta melakukan simulasi kinerja relai dengan variasi arus, menganalisa hasil penyettingan relai apakah layak diterapkan pada jaringan baru atau tidak, setelah dinyatakan layak maka dilanjutkan dengan kesimpulan, saran dan rekomendasi, setelah semua itu dijalankan, penelitian selesai. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dilihat pada gambar

**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 Alur Tahapan Penelitian

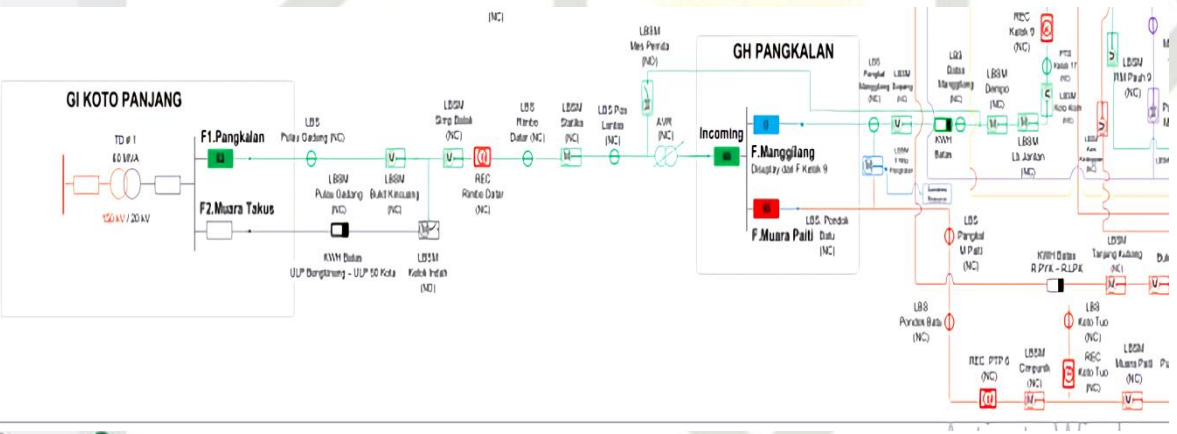
3.4 Studi Literatur

Tahapan ini merupakan pencarian berupa teori-teori yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada studi literatur yaitu mengumpulkan data dari rujukan, terkait jurnal penelitian sebelumnya serta buku yang digunakan. Kemudian pada jurnal rujukan dapat dilakukan dengan menganalisis terhadap teori yang dipakai serta tata cara yang diimplementasikan. Untuk buku akan diambil berupa teori yang cocok atau teori pendukung dalam penelitian.

3.5 Pengumpulan Data Sekunder

Pada pengumpulan data ini yang didapatkan berupa informasi data sekunder dari pihak Pelayanan Listrik Negara (PLN) Unit Pelaksanaan Pelayanan Pelanggan (UP3) Payakumbuh serta pihak Gardu Induk Koto Panjang. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan *single line diagram*, spesifikasi transformator distribusi unit 1, penyulang 20 kV dan beban penyulang. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut:

1. *Single Line Diagram* milik (UP3) Payakumbuh



Gambar 3.2 *Single Line Diagram* UP3 Payakumbuh[14]

Pada umumnya *single line diagram* ini adalah sebuah data atau gambaran dari keseluruhan sistem jaringan yang ada di gardu induk Koto Panjang. Kemudian dalam membuat konfigurasi jaringan ini diperlukanlah sebuah data sistem jaringan listrik, sehingga data tersebut dapat dilihat bahwa dua *feeder* yang menyuplai ke beban diantaranya yaitu *feeder* Pangkalan dan *feeder* Muara Takus dengan mempunyai kapasitas trafo masing-masing sebesar 60 MVA.

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



Dalam penyettingan pada jaringan baru yang dibuat adalah penyulang *feeder* baru yang nama tujuannya yaitu menyuplai tegangan pada *feeder* Muaro Pati dikarenakan bagian *feeder* Muaro Pati ini mengalami penurunan tegangan sehingga dibuatlah *feeder* baru supaya dapat menyuplai daya kepada konsumen.

## 2. Spesifikasi Trafo

Tabel 3.1 Spesifikasi Trafo[1]

Nama	Keterangan
Merek	UNINDOs
MVA H-S Bus 150 kV	2172
Kapasitas	60 MVA
Tegangan Sisi Primer	22 kV
Tegangan Sisi Sekunder	150 kV
Frekuensi	50 Hz
Reaktansi Trafo	12,5
NGR Trafo	40 $\Omega$
Rasio CT	1000/5
Hubungan Belitan	Yyd

Tabel diatas adalah tabel spesifikasi trafo transformator untuk unit satu yang digunakan oleh GI Koto Panjang untuk menyuplai bagian *feeder* baru yang akan disalurkan ke *feeder* Muaro Pati dengan kapasitas 60 MVA, dan primer/sekundernya 150 kV/21 kV dan mempunyai impedansi sebesar 12,5 %

## 3. Data Penyulang

Untuk data penyulang yang digunakan dalam perhitungan adalah beban penyulang, nama penyulang, dan jenis kabel/konduktor.

Tabel 3.2. Data Penyulang[14]

Nama Feeder	Panjang Feeder (KMS)	Kabel/Konduktor		Beban Puncak (Ampere)	Impedansi	Urutan Positif dan Impedansi Urutan Nol (Ohm / Km)
		Tipe	Penampang mm <sup>2</sup>			
Feeder Baru	54 Km	A3CS	240 mm <sup>2</sup>	-	Z <sub>2</sub> =Z <sub>1</sub>	0,01344+ j 0,3158
					Z <sub>0</sub>	0.2824 + j 1,6034
Feeder Muaro Pati	25 Km	A3CS	240 mm <sup>2</sup>	60 A	Z <sub>2</sub> =Z <sub>1</sub>	0,01344+ j 0,3158
					Z <sub>0</sub>	0.2824 + j 1,6034
Recloser	40 Km	A3CS	240 mm <sup>2</sup>	44 A	Z <sub>2</sub> =Z <sub>1</sub>	0,01344+ j 0,3158
					Z <sub>0</sub>	0.2824 + j 1,6034

Pada tabel diatas bahwa setiap penyulang memiliki jarak yang berbeda-beda serta beban yang berbeda, untuk jenis konduktor dan luas penampang itu digunakan untuk penempatan relai di jaringan baru adalah A3CS 240 mm<sup>2</sup>. Dalam melakukan penyettingan sistem proteksi OCR dan GFR sehingga mendapatkan hasil nilai TMS dan PS maka penulis lebih memilih menggunakan impedansi jaringan pada titik 1% dan 100% karena dapat mengetahui dimana posisi gangguan akan lebih mudah diketahui terdeteksi di pangkal penyulang dan di ujung penyulang. Kemudian untuk kondisi beban puncak dapat diketahui bahwa titik tertinggi dalam pemakaian beban sehingga nilai TMS dan PS yang didapatkan bekerja dengan baik. Untuk beban puncak pada *feeder Expres* didapatkan dengan rumus sebagai berikut[43]:

$$\text{Beban Puncak} = \text{Jumlah beban} - \text{Perkiraan beban yang disuplai} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan persamaan 3.1 maka didapatkan beban puncak untuk *feeder* baru. Kemudian untuk *feeder* Muaro Pati sebesar 54 A. dan untuk *Recloser* mempunyai beban sebesar 44 A (20 Desember 2021 Jam 19:00 – 10:00).

Data Setingan *feeder* Muaro Pati dan *Recloser*[14]

Tabel 3.3 Kondisi *Setting* Yang Ada Untuk *Feeder* Muaro Pati dan *Recloser*

	<i>Setting</i>	Relai <i>Feeder</i> Muaro Pati	<i>Recloser</i>
OCR	$I_{set}$ (A)	150 A	120 A
	TMS(SI)	0,2	0,1
	t (s)	0 detik	0 detik
	Kurva Relai	IEC <i>Standard</i> <i>Defenite Time</i>	IEC <i>Standard</i> <i>Defenite Time</i>
	Arus OCR Instan	480 A	350 A
GFR	$I_{set}$ (A)	21 A	15 A
	TMS(SI)	0,2	0,05
	t (s)	0 detik	0 detik
	Kurva Relai	IEC <i>Standard</i> <i>Definite Time</i>	IEC <i>Standard</i> <i>Definite Time</i>
	Arus GFR Instan	195 A	100 A

Pada tabel diatas adalah kondisi *settingan* yang ada pada *feeder* Muaro Pati dan *Recloser* untuk OCR dan GFR dengan nilai TMS yang didapatkan. karena dalam melakukan penyettingan untuk sistem proteksi pada penyulang baru distribusi bahwa untuk sistem proteksi semakin panjang penyulang maka akan semakin kecil pula nilai TMS yang diberikan pada penyulang tersebut, terutama pada *feeder* yang baru, karena kondisi dalam melakukan penyettingan relai ini tujuannya agar dapat menyuplai tegangan pada *feeder* Muaro Pati

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



dengan aman sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumen yang banyak agar dapat terhindar dari *losses* yang diberikan apabila tidak diatasi. Maka dari itu penulis melakukan perancangan baru untuk sistem proteksi yang mana dimulai dari perhitungan untuk *feeder* yang baru dengan beberapa zona yaitu *feeder* baru (Zona 1), kemudian *feeder* Muaro Pati (Zona 2) dan *Recloser* (Zona 3) supaya dapat menjaga sistem keandalan dengan sesuai standarisasi PLN agar dapat menghindari terjadinya *trip* di area yang tidak diinginkan.

### 3.6. Analisis Kondisi Eksisting

Pada proses analisis kondisi *eksisting* sistem proteksi yang ada di *feeder* Muaro Pati ini tujuannya untuk menganalisis apakah penyettingan tersebut bisa digunakan pada dalam pengamanan jaringan saat penambahan penyulang baru atau tidak. Kemudian metode yang digunakan pada proses simulasi ini yaitu menggunakan simulasi ETAP dengan mencari simulasi aliran daya dengan kondisi beban puncak, kemudian melakukan simulasi kinerja relai dengan variasi beban, sehingga tujuannya didapatkan bahwa memerikan arus gangguan akan dapat melihat apakah relai bekerja dengan koordinasi atau tidak. Kemudian ketika relai tidak bekerja secara koordinasi, maka dilakukan dengan proses *resetting* baru untuk semua *feeder* diantaranya yaitu pada *feeder* baru, *feeder* Muaro Pati dan *Recloser* Muaro Pati. Hal tersebut dikarenakan bahwa semakin panjang penyulang maka nilai untuk *setting* proteksi harus lebih kecil, ketika ada gangguan maka relai akan bekerja sesuai dengan syarat sistem proteksi yaitu dengan selektivitas, kehandalan, dan sensitif.

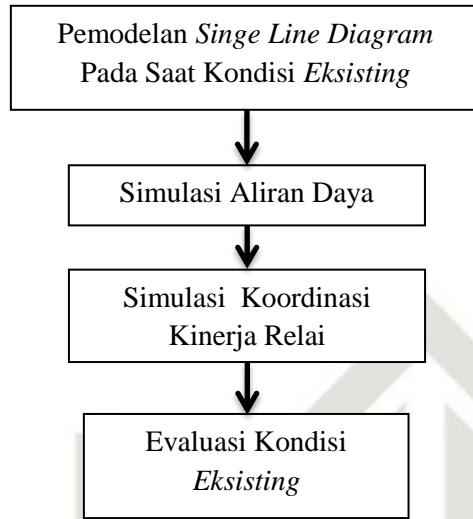
Apapun tahap proses dalam menganalisis kondisi *eksisting* dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber dan menyalinnya.  
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 mengutip sumbernya.
- 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 Skema Kondisi *Eksisting*

Pada skema analisi kondisi *eksisting* ini tujuannya untuk melihat kinerja relai dalam mengatasi ketika terjadi gangguan yang disebabkan oleh faktor eksternal dan internal[10, 11]. Hal ini menunjukkan bahwa ketika relai tidak bekerja dengan baik (memberikan *trip* dan penyulang lain) maka relai sangat tidak layak digunakan pada *feeder* tersebut karena menurut referensi dari IEEE tentang *Protection and Coordination Of Industrial and Commercial Power System* bahwa saat melakukan penambahan jaringan baru pada sistem proteksi harus dilakukan dengan perhitungan baru untuk semua *feeder* dari urutan nilai yang terbesar sampai terkecil.

### 3.6.1 Pemodelan Singel Line Diagram Pada Kondisi *Eksisting*

Pada Proses pemodelan ini hal yang dilakukan yaitu untuk memasang nilai *setting* proteksi yang lama (*Settingan* PLN) dengan melakukan pembuatan *Singel Line Diagram* pada ETAP 12.6.0. Tujuan dari proses ini untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu dengan mengetahui simulasi aliran daya, pembebanan trafo, kemudian melihat gangguan hubung singkat dengan variasi beban serta melihat kinerja relai dengan variasi beban apakah relai bekerja dengan koordinasi atau bekerja diluar penyulang lain. Pada proses pemodelan ini yang diambil yaitu nilai *setting* OCR, GRF, pada *feeder* Muaro Pati dan *Recloser* yang akan dimasukkan ke dalam ETAP untuk kondisi *eksisting*.

### 3.6.2 Simulasi Aliran Daya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Pada analisis ini dilakukan dengan kondisi adanya penambahan jaringan baru, sehingga tujuan yang didapatkan yaitu dengan mengetahui arus beban dan tegangan setiap bus yang didapatkan pada kondisi *eksisting* pada transformator unit 1. Pada proses simulasi ini untuk tegangan yang diberikan sebesar 20 kV yang nantinya akan terjadi perubahan pada pennebebanan trafo. Adapun menu pilihan dalam simulasi aliran daya yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.4 Menu Simulasi Aliran Daya[43]

Menu pada simulasi aliran daya masing-masing mempunyai peranan yang berbeda-beda, adapun peranan menu dijabarkan sebagai berikut:

1. Aliran Daya, menu untuk melaksanakan simulasi aliran daya.
2. *Alert*, menu untuk menunjukkan komponen yang mengalami keadaan kritis.
3. *Display*, menu untuk mengendalikan tampilan layar.
4. *Unit*, menu untuk menunjukkan satuan unit (*ampere*, *volt*, *watt* serta lain-lain).
5. *Arus*, menu untuk menunjukkan nilai arus.
6. *Tegangan*, menu untuk menunjukkan nilai tegangan.

### 3.6.3 Simulasi Koordinasi Kinerja Relai

Setelah melakukan aliran daya untuk mengetahui arus beban dan tegangan setiap bus, maka tahapan terakhir adalah analisis kinerja relai. Analisis kinerja relai dicoba dengan membagikan gangguan hubung singkat. Dalam simulasi ini pula dilakukan variasi beban (persentase beban statis serta dinamis). Tujuan untuk melihat pengaruh kinerja relai serta mengetahui kontribusi beban terhadap arus gangguan, terutama pada beban motor. Bila ada relai yang bekerja di luar wilayah pengamanannya, maka sistem terindikasi *trip* penyulang lain. Adapun tahapan simulasi ini merupakan bagaikan berikut:



1. Menentukan persentase beban statis dengan beban motor dengan kelipatan 10%,20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% serta 100%. Maksudnya, apabila beban statis 80% maka beban motor 20% dan seterusnya.
2. Tiap persentase yang sudah ditentukan, setelah itu membagikan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, 2 fasa ke tanah, fasa ke fasa serta 3 fasa secara bergantian. Demikian juga untuk presentasi selanjutnya dicoba dengan simulasi yang sama.
3. Analisis kerja dari tiap-tiap relai, apakah terjadi *trip* penyulang lain akibat terjadi gangguan, jika iya, maka dilakukan dengan penyettingan baru untuk semua *feeder* saat ini.

### 3.6.4 Evaluasi Kondisi Eksisting

Pada proses evaluasi dalam kondisi *eksisting* proteksi yang ada di *feeder* Muaro Pati ini tujuannya untuk menganalisis apakah penyettingan tersebut bisa digunakan pada dalam pengamanan jaringan saat penambahan penyulang baru atau tidak. Untuk metode yang digunakan pada proses simulasi ini yaitu menggunakan simulasi ETAP dengan mencari semua aliran daya dengan kondisi beban puncak, kemudian melakukan simulasi dengan arus gangguan setra melakukan simulasi kinerja relai untuk melihat apakah relai bekerja dengan koordinasi atau tidak. Kemudian ketika relai tidak bekerja (Memerikan *trip* dipenyulang lain), maka dilakukan dengan proses *resetting* baru untuk semua *feeder* diantaranya yaitu pada *feeder* baru, *feeder* Muaro Pati dan *Recloser* Muaro Pati. Dikarenakan semakin panang penyulang maka nilai untuk *setting* proteksi harus lebih kecil, ketika ada gangguan maka relai akan bekerja sesuai dengan syarat sistem proteksi yaitu dengan selektifitas, kehandalan, dan sensitif. Sehingga relai yang didapatkan dengan setting baru dapat bekerja dengan baik.

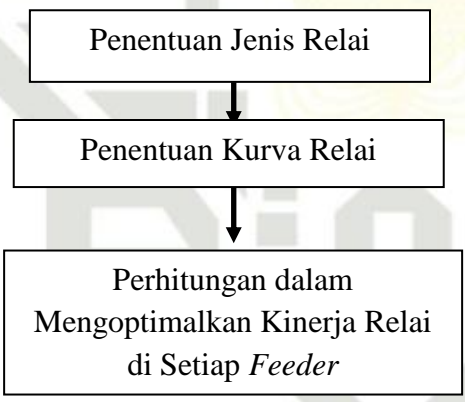
### 3.7 Rekomendasi Solusi

Proses rekomendasi solusi ini dilakukan dengan membuat penyettingan sistem proteksi untuk OCR, GFR dan *recloser*, penempatan OCR, GFR, dan *recloser*, setelah itu melakukan simulasi dengan aliran daya, simulasi gangguan hubung singkat variasi beban, simulasi kinerja relai dengan variasi beban dan mengkombinasikan kurva relai. Adapun tahapan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

**3.8 Penyettingan OCR, GFR, dan Recloser Pada Saat Penambahan Penyulang Baru**

Pada proses penyettingan sistem proteksi untuk kinerja relai di setiap masing-masing *feeder*, hal yang menjadi parameter penentu untuk menentukan waktu kerja relai apabila terjadi arus gangguan adalah nilai TMS dan PS pada sistem proteksi untuk OCR dan GFR. Semakin panjang jaringan maka akan semakin kecil nilai TMS dan PS yang diberikan minimalisir wilayah padam apabila terjadi gangguan. Maka demikian hal yang diperlukan adalah ditentukan jenis relai yang digunakan, waktu kerja relai yang dibutuhkan dan juga memperbaiki kinerja relai dengan optimal pada penyettingan sistem proteksi pada masing-masing *feeder*

Untuk melakukan penyettingan pada sistem proteksi, penelitian ini terdiri dari penentuan jenis relai yang digunakan, kemudian pada kurva relai yang dipasang pada penyettingan sistem proteksi. Kemudian memperbaiki kinerja relai dengan optimal, supaya dapat lebih jelas dalam melakukan penyettingan sistem proteksi pada *feeder* baru akan disajikan dalam bentuk diagram alir dibawah ini yang terdapat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Skema Penyettingan Sistem Proteksi

Dalam skema penyettingan sistem proteksi relai yang digunakan adalah jenis relai OCR dan GFR yang mana komponennya itu pada alat bantu seperti *recloser* dan LBS dan LBSM yang mana mempunyai fungsi apabila terjadi gangguan maka alat tersebut akan berfungsi memutuskan tegangan apabila terjadi arus gangguan.

**3.8.1 Penentuan Jenis Relai Pada Semua Penyulang**

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari data spesifikasi transformator, impedansi dan gangguan hubung singkat maka dilakukan dalam pemilihan jenis relai yang dipakai.

Dalam penelitian ini ketika terjadi gangguan arus baik itu pada fasa maupun gangguan pada bus tanah maka jenis relai yang digunakan adalah sistem OCR dan GFR pada penyulang baru yang mana akan dihitung untuk sisi *incoming* dan *outgoing* pada *feeder* yang ingin dilakukan.

### 3.8.2. Penentuan Kurva Relai Dalam Melakukan Penyettingan Sistem Proteksi

Dalam melakukan penentuan relai maka jenis kurva yang dipilih dalam penyettingan ini yaitu menggunakan relai kurva *standar inverse* dan *instant* karena untuk prinsip kerja dari *inverse* ini sangat sensitif tetapi dalam operasi relai ini agak lambat. Tetapi ketika arusnya besar maka proses kerjanya akan cepat juga. Pada relai *instant* ini bahwa kurva tersebut dikombinasikan dengan kurva yang lain akan tetapi mempunyai fungsi sebagai cadangan, sehingga saat kurva yang lain atau *definite* maupun *instan* tidak bekerja maka relai *instant* ini bekerja sebagai cadangan/*backup*. Maka dari itu peneliti lebih tertarik memilih jenis kurva yang sangat membantu dalam melakukan analisis penyettingan untuk sistem proteksi.

### 3.8.3. Perhitungan Sistem Proteksi Dalam Mengoptimalkan Kinerja Relai

Dalam proses perhitungan sistem proteksi secara teoritis digunakan data-data pengopereasian untuk kinerja relai pada penyulang baru distribusi. Perhitungan yang dilakukan pada penyulang baru bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengoperasian kinerja relai apakah bekerja baik dan sesuai dengan syarat proteksi atau tidak. Adapun perhitungan yang dilakukan untuk sistem proteksi sebagai berikut:

1. Perhitungan pada gardu induk Koto Panjang pada gangguan hubung singkat yang ada pada *feeder* Muaro Pati dengan data sekunder pada trafo gardu induk untuk sisi 150 kV. Adapun perhitungannya dilakukan dengan secara manual dengan menggunakan persamaan 2.5. Kemudian dikonversikan menjadi 20 kV dengan persamaan 2.6 sehingga dapat mengetahui impedansi sumber pada 150 kv dan di 20 kV.
2. Perhitungan nilai reaktansi trafo tenaga dengan menggunakan impedansi, dimana data yang diambil dari data trafo pada gardu induk Koto Panjang yang disuplai pada jaringan baru menuju *feeder* Muaro Pati. Untuk perhitungan menggunakan persamaan 2.7 dan 2.8 sehingga hasil yang didapatkan yaitu nilai impedansi pada trafo.
3. Perhitungan impedansi jaringan yang digunakan adalah pada titik 1% dan 100% panjang jaringan tiap zona. Nilai impedansi jaringan akan digunakan untuk menghitung impedansi. Untuk perhitungan impedansi itu disesuaikan dengan setiap



zona masing-masing perhitungan pada impedansi ekivalen  $Z1 = Z2$  Dengan menggunakan persamaan 2.10 dan 2.11 agar dapat mengetahui impedansi penyulang tiap masing-masing zona.

Perhitungan untuk impedansi ekivalen dilakukan pada titik gangguan yaitu 1% dan 100% pada tiap penyulang dan juga berlaku untuk setiap masing-masing zona dengan menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13. sehingga dapat mengetahui hasil dari impedansi disetiap penyulang.

Perhitungan untuk gangguan hubung singkat 1 fasa-ke tanah dengan menggunakan persamaan 2.1.4 dapat mengetahui sebagai besarnya arus gangguan *line to ground* yang ditetapkan dengan tata cara di mana sistem dibumikan serta impedansi dari jalan balik tanah agar dapat terjaga dari arus gangguan.

Perhitungan yang dilakukan untuk gangguan hubung singkat 2 fasa dapat menggunakan persamaan 2.15 untuk mengetahui nilai dari perhitungan 2 fasa agar dapat menjaga sistem apabila terjadi kesalahan dalam arus gangguan

Perhitungan untuk gangguan hubung singkat 3 fasa, dapat digunakan dengan menggunakan persamaan 2.16 agar dapat mengetahui apabila terjadi kesalahan pada 3 konduktor secara bersamaan dari arus gangguan.

Perhitungan untuk OCR sisi *incoming* dan *outgoing* pada masing-masing zona yang mana kinerja relai menggunakan *standar inverse* dan *instant* dengan persamaan 2.18 dan 2.19 sehingga dapat memberikan waktu kerja relai apabila terjadi gangguan arus lebih.

Perhitungan untuk GFR di sisi *incoming* dan *outgoing* pada masing-masing zona yang mana kinerja relai menggunakan *standar inverse* dan *instant* dengan persamaan 2.18 dan 2.19 sehingga dapat memberikan waktu kerja relai apabila terjadi gangguan arus tanah.

### 3.9 Penempatan Peralatan Proteksi Untuk OCR, GRF, dan Recloser

Ketika sudah mendapatkan hasil perhitungan untuk jaringan baru maka dilakukan dengan penempatan relai pada jaringan baru menurut referensi dari IEEE tentang *Protection and Coordination Of Industrial and Commercial Power System* bahwa untuk penempatan relai itu ditempatkan secara beruntun sepanjang jalur distribusi atau jalur dengan waktu yang

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

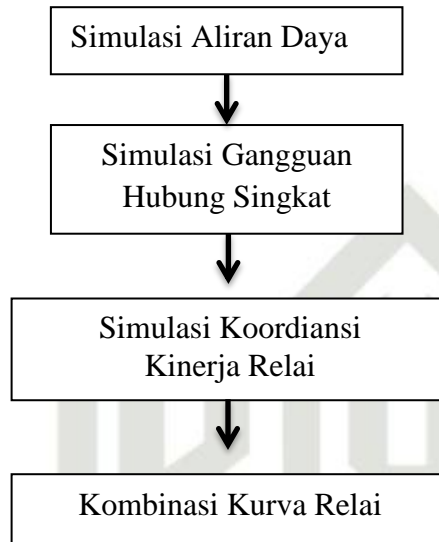
bertingkat sesuai lokasi relai proteksi terhadap gangguan, relai yang terdekat dengan gangguan akan bekerja lebih cepat dari pada relai yang lebih jauh. Meskipun semua relai merasakan gangguan namun hanya relai yang paling dekat yang akan bekerja[42].

Berdasarkan dari referensi diatas bahwa peneliti memilih relai OCR dan GFR akan diletakkan pada masing-masing zona. Zona ini adalah proses wilayah atau daerah penempatan di setiap penyulang, supaya dapat memudahkan dalam memberikan *trip* ketika terjadi gangguan. Adapun pembagian zona ini diantaranya yaitu untuk *feeder* baru diletakkan pada zona satu dengan sisi *incoming* dan *outgoing* atau pada ujung dan pangkal, kemudian *feeder* Muaro Pati diletakkan pada zona 2 dengan sisi *incoming* dan *outgoing*, dan pada *recloser* sendiri akan diletakkan pada zona 3. Proses dalam penempatan relai ini, ketika terjadi arus gangguan maka relai akan bekerja yang terdekat dengan gangguan dari pada relai yang lebih jauh karena untuk penempatan relai OCR dan GFR akan diletakkan dibagian paling dekat dengan sumber sebagai pelindung peralatan utama di gardu induk, kemudian diletakkan pada percabangan dan di ujung jaringan sesuai dengan kondisi di lapangan sehingga dapat memberikan *trip* pada penyulang yang mengalami gangguan hubung singkat. Oleh karena itu relai dapat memberikan perintah kepada CB (*Circuit Breaker*) yang akan memberikan *trip* pada penyulang yang mengalami gangguan.

### 3.10 Proses Simulasi Kondisi *Resetting*

Proses simulasi dalam kondisi *resetting* ini tujuannya hampir sama dengan kondisi *existing* tetapi disini yang membedakan yaitu nilai dari *setting* lama dan yang baru, kemudian melihat hasil gangguan hubung singkat setelah penambahan jaringan baru serta perbedaan di waktu ketika kurva yang dimana kondisi sebelumnya menggunakan kurva *definite* dan *instan* sedangkan pada kondisi yang baru menggunakan kurva *inverse* dan *instan* dikarenakan kurva *definite* lebih cenderung kurang sensitif, akan tetapi mempunyai waktu operasi konstan. Sedangkan kurva *inverse* cenderung lebih sensitif serta sedikit lebih lambat beroperasi, akan tetapi semakin besar arus gangguan bisa mempercepat operasinya. Relai dengan waktu *instan* berperan sebagai karakteristik cadangan dimana kurva ini tidak berdiri sendiri melainkan dikombinasikan dengan kurva lain[16]. Oleh karena dalam proses ini dapat dilakukan dengan perhitungan baru untuk *setting* proteksi serta penempatan relai yang dipasang saat

penambahan jaringan baru. adapun rincian dalam proses simulasi kondisi *resetting* dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Skema Simulasi Kondis *Resetting*

Pada gambar diatas adalah proses tahapan dari simulasi untuk kondisi *resetting* yang mana tujuanya yaitu untuk melihat kapasitas beban trafo saat penambahan penyulang baru, kemudian melihat arus gangguan berdasarkan jarak lokasi yang telah ditentukan serta melihat pengaruh kinerja relai dengan memberikan variasi beban saat diberikan gangguan. Pada proses ini, hal ini didapatkan yaitu untuk melihat pemforma kinerja relai pada masing-masing *feeder* dengan jarak yang ditentukan apakah relai bekerja sesuai koordinasi atau memebrikan *trip* pada penyulang lain sehingga ketika relai bekerja dengan baik maka hasil tersebut akan diterapkan pada penyulang baru.

### 3.10.1 Simulasi Aliran daya

Pada analisis ini dilakukan dengan kondisi setelah adanya penambahan jaringan baru, dengan memberikan tegangan 21 kV yang akan menyuplai *feeder* Muaro Pati sehingga tujuan yang didapatkan yaitu dengan mengetahui *persentase* pembebanan pada transformator unit 1, arus beban dan tegangan setiap bus.

Hasil simulasi akan dianalisis, apakah pembebanan pada transformator masih dalam toleransi yang diizinkan ialah 80% dari kemampuannya. Berikutnya akan dibanding dengan arus pembebanan tiap penyulang dengan kemampuan hantar arus (KHA) pada kabel.

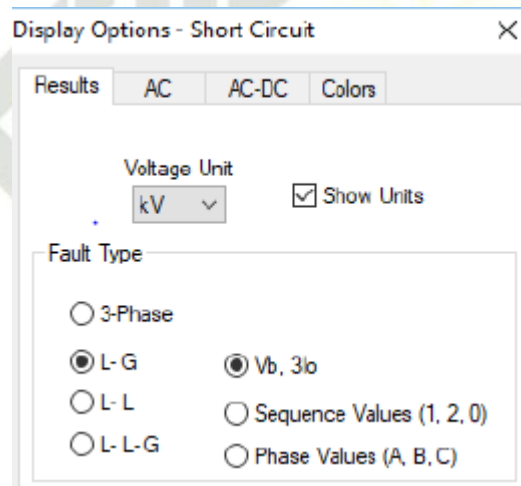


Diharapkan tidak terdapat penyulang yang mengalami arus pembebanan melebihi KHA kabel ataupun konduktor.

### 3.10.2 Simulasi Gangguan Hubung Singkat

Simulasi ini memiliki tujuan untuk mengetahui besar arus hubung singkat dapat terjadi pada tiap jenis gangguan hubung singkat. Simulasi ini dilakukan dengan variasi persentase beban statis dengan beban motor. Tujuannya untuk mengetahui kontribusi beban motor terhadap besaran arus hubung singkat. Jenis hubung singkat yang dipakai adalah 1 fasa ke tanah, 2 fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan 3 fasa. Adapun simulasi ini terdiri dari beberapa langkah diantaranya sebagai berikut:

1. Menentukan jenis gangguan hubung singkat, yaitu hubung singkat 1 fasa ke tanah / *Line- Ground (L-G)*, 2 fasa ketanah / *Line-Line-Ground (L-L-G)*, fasa ke fasa / *Line-Line (L-L)*, dan 3 fasa (*3-Phase*).



Gambar 3.7 Menentukan Jenis Hubung Singkat Kondisi *Resetting*

2. Mengetahui besarnya arus hubung singkat

Pada tahapan ini, memberikan gangguan pada jarak titik gangguan yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% pada saluran. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya arus hubung singkat maksimal.

Setelah diketahui besaran arus hubung singkat, maka dapat dianalisis apakah pemutus tenaga (PMT) mampu memutus arus hubung singkat. arus pemutus tenaga akan bekerja dengan baik apabila memiliki *rating* diatas arus hubung singkat.

### 3.10.3 Simulasi Koordinasi Kinerja Relai

Setelah membagikan gangguan hubung singkat, maka tahapan terakhir adalah analisis kinerja relai. Analisis kinerja relai dicoba dengan membagikan gangguan hubung singkat. Dalam simulasi ini pula dilakukan variasi beban (persentase beban statis serta dinamis). Tujuannya untuk melihat pengaruh kinerja relai serta mengetahui kontribusi beban terhadap arus gangguan, terutama pada beban motor. Bila ada relai yang bekerja di luar wilayah penamannya, maka sistem terindikasi *trip* penyulang lain. Adapun tahapan simulasi ini merupakan bagaikan berikut:

1. Menentukan persentase beban statis dengan beban motor dengan kelipatan 10%,20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% serta 100%. Maksudnya, apabila beban statis 80% maka beban motor 20% dan seterusnya.
2. Tiap persentase yang sudah ditentukan, setelah itu membagikan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, fasa ke fasa serta tiga fasa secara bergantian. Demikian juga untuk presentasi selanjutnya dicoba dengan simulasi yang sama.
3. Analisis kerja dari tiap-tiap relai, apakah terjadi *trip* penyulang lain atau tidak akibat dari gangguan, jika tidak, *trip* ini tetap bisa bekerja pada *feeder* sekarang ini.

### 3.10.4 Kombinasi Kurva Relai

Proses kombinasi kurva *inverse* dan *instan* tujuannya untuk melihat kinerja relai apakah terjadi diantara kurva tersebut mengalami tumpang tindih antara relai yang dapat mengakibatkan terjadi *trip* secara tidak koordinasi (*trip* dipenyulang lain). Proses kombinasi kurva juga dapat melihat pemforma dari kinerja masing-masing relai pada semua *feeder* dengan mengkombinasikan kurva *inverse* dan kurva *instant* supaya dapat *back up* setiap masing-masing relai ketika dari salah satu relai tidak dapat bekerja dengan baik, supaya kondisi jaringan tetap aman dan terjaga dalam proses penyaluran tegangan ke konsumen.

### 3.11 Mengoptimalkan Relai Dalam Pergantian Kurva

Pada proses pengoptimal relai jika hasil resetting baru pada semua feeder yang diseting terjadi *trip* dipenyulang lain maka dilakukan dengan pergantian kurva pada masing-masing feeder. Tujuannya untuk memberikan kinerja proteksi yang baik sesuai dengan standar sistem proteksi.

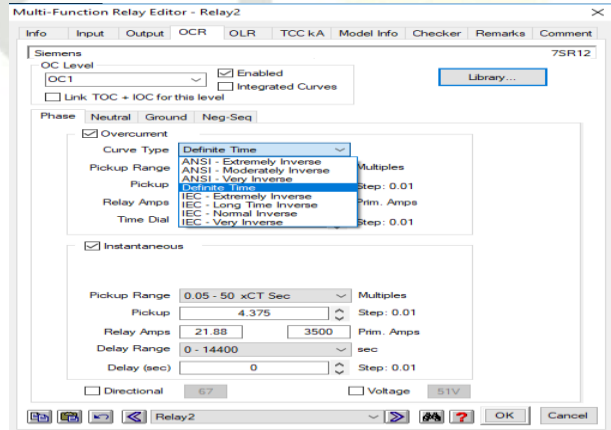
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

- Dalam mengoptimalkan relai, langkah-langkah yang dicoba sebagai berikut[41]:
- Menentukan *setting* PS dengan memastikan arus beban tiap-tiap penyulang. Arus beban dibatasi oleh kemampuan hantar arus (KHA) pada konduktor penyulang. Dalam menentukan arus beban, total daya tersedia diambil 90% dan setelah itu dibagi 8 penyulang. Hal ini bertujuan agar dengan beban penuh sistem tidak terbebani 100%.
  - Memastikan nilai TMS, memperhitungkan selisih waktu operasi relai *incoming* 20 kV dengan *outgoing* 20 kV sebesar 0, 25 detik.
  - Tahap terakhir dalam optimalisasi relai, periset merubah karakteristik kerja relai dengan mengubah kurva kerja. Perubahan kurva ini berdasarkan atas langkah dari kinerja kurva relai. Dalam permasalahan ini periset menentukan kurva *inverse* dan *instant* sebagai langkah dalam mengoptimalkan relai OCR dan GFR.

Kurva *inverse* jadi opsi dalam *setting* relai disebabkan kurva *inverse* lebih sesuai terhadap beban-beban motor. Disebabkan penyulang di Gardu Induk Koto Panjang melayani beban statis serta motor, maka pemilihan kurva *inverse* jadi opsi yang pas.



Gambar 3.8 Pemilihan Kurva Relai

### 3.12 Tahap Validasi

Tahapan validasi adalah proses menyamakan antara hasil simulasi ETAP 12. 6. 0 dengan perhitungan manual. Untuk langkah validasi sendiri, peneliti membuat rangkaian sederhana setelah itu melaksanakan perhitungan manual serta mensimulasikan dengan ETAP 12. 6. 0. Sehingga apabila ada kecocokan ataupun selisih yang bisa ditoleransi dari hasil hitung manual dengan simulasi, sehingga aplikasi ETAP 12. 6. 0 bisa digunakan secara berkesinambungan pada tahapan selanjutnya.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilang menguing sebagai atau suru  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, 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.

### 3.1.1 Proses Simulasi dengan Menggunakan Software ETAP

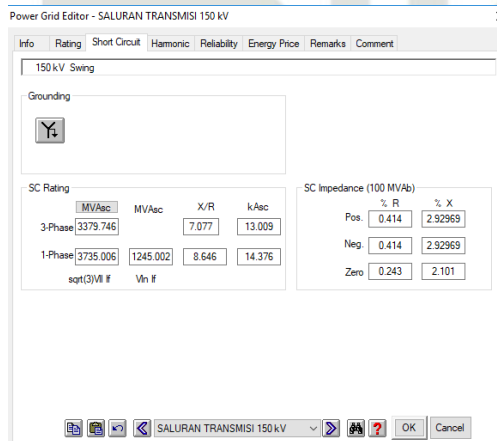
Dalam melakukan percobaan atau simulasi memakai ETAP 12. 6. 0 tahap awal yang dilakukan adalah input data jaringan sesuai dengan data sekunder dari pihak PLN. Kemudian dalam simulasi ini dilakukan dengan proses dua simulasi, pertama pada kondisi eksisting dan kedua dengan kondisi resetting. adapun analisis yang dilakukan pada dua kondisi tersebut yaitu melakukan simulasi kinerja relai pada kondisi *eksisting* dengan variasi beban, kemudian untuk kondisis *resetting* yaitu dengan analisis penyettingan untuk kinerja relai, simulasi aliran daya, simulasi hubung singkat dengan dengan variasi beban, serta simulasi kinerja relai dengan variasi beban untuk melihat apakah relai terjadi *trip* penyulang lain atau tidak, sehingga dapat dilakukan sebagai proses dari percobaan ini maka dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.1.3.1 Input Data Jaringan

Adapun tahapan yang dilakukan pada penginputan data jaringan sebagai berikut:

##### 1. Menentukan impedansi sumber

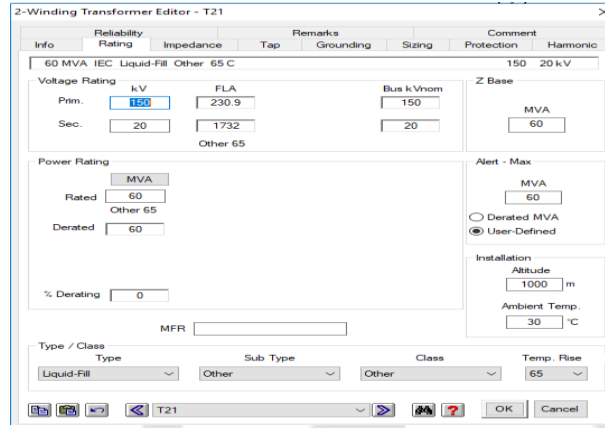
Dalam konsep ini penulis wajib membuat skema *single line diagram* secara menyeluruh, dengan ini dapat ditulis nilai hubung singkat maka disebut dengan impedansi sumber. Karena semakin kecil atau besar impedansi ini maka dapat mempengaruhi nilai hubung singkat tersebut. Maka dari itu penulis menggambarkan bentuk *single line diagram* sebagai bentuk simulasi dengan menggambarkan secara menyeluruh baik dari GI Koto Panjang-*recloser*.



Gambar 3.9 Penginputan Data Grid

2. Penginputan data trafo

Data tersebut meliputi data dari *grounding*, kapasitas dan tegangan. Pada *grounding* merupakan titik *netral* pada trafo dengan sistem pentanahan.

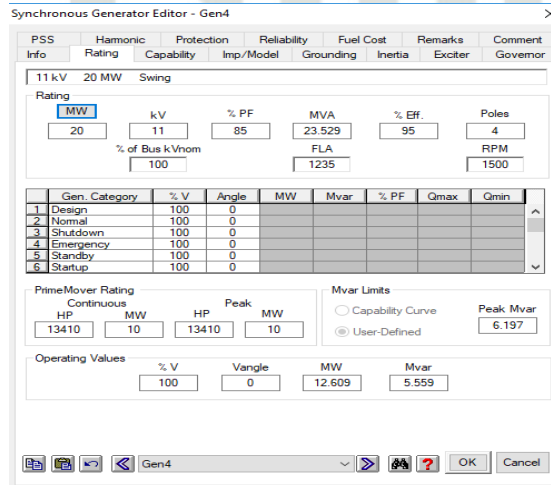


Gambar 3.10 Penginputan Data Trafo

Pada langkah ini, yang di input data trafo yang telah dipasang sesuai dengan spesifikasinya. Adapun data yang diinputkan yaitu tegangan 150 kV atau 20 kV dengan kapasitas trafo yaitu 60 MVA serta impedansinya adalah 12,5%.

3. Penginputan data Generator.

Pada langkah ini, penulis menginputkan data generator sesuai dengan spesifikasi dengan kapasitas daya MW dan Tegangan nominal.



Gambar 3.11 Penginputan Data Pada Generator

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

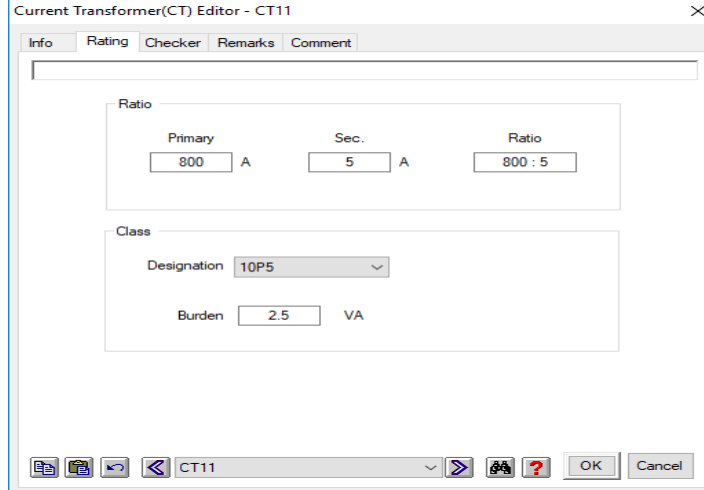
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

4. Penginputan data pada transformator arus

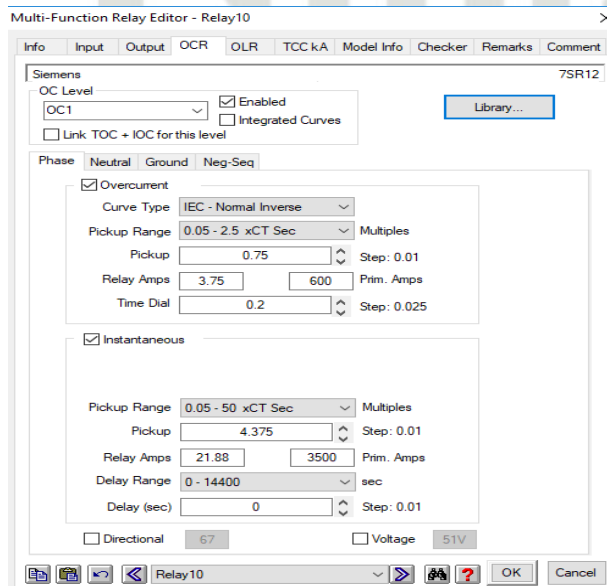
Selanjutnya dilakukan dengan langkah penginputan data rasio transformator arus atau CT. Sehingga dapat dilihat perbandingan arus yang terdeteksi oleh relai.



Gambar 3.12 Penginputan Data Transformator

5. Penginputan data *setting* relai

Dalam langkah ini yang dilakukan adalah penginputan data setting relai yang telah didapatkan dengan perhitungan secara manual, selanjutnya data tersebut mempunyai tipe dan merek relai, kurva, waktu kerja relai, dan jenis relai.



Gambar 3.13 Penginputan Settingan Relai

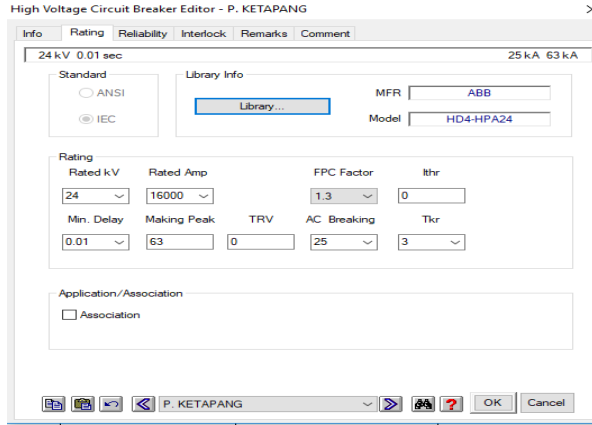


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

Penginputan data pemutus tenaga (PMT)

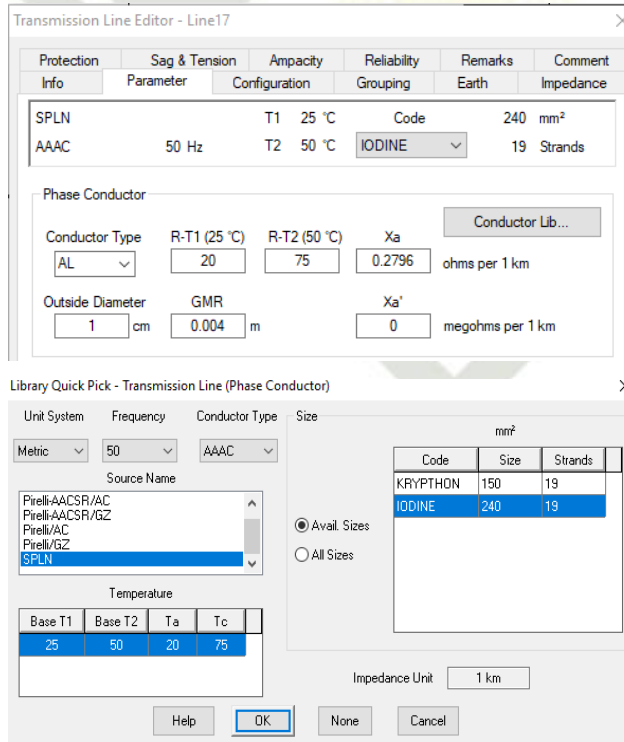
Data yang diambil berdasarkan tipe, jenis, tegangan, *rating*, dan waktu kerja *circuit breaker*. Data Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB).



Gambar 3.14 Penginputan Data Circuit Breaker

7. Penginputan data kabel

Pada penginputan data ini hal yang dilakukan yaitu menentukan luas penampang yang digunakan. Kemudian merek, jenis kabel dan jara kabel.



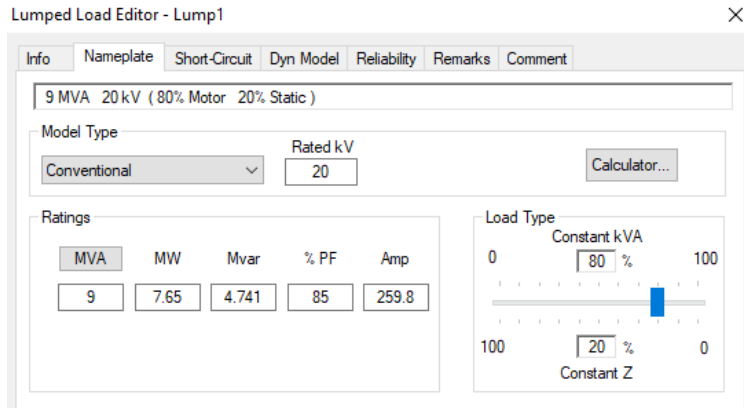
Gambar 3.15 Penginputan Data Konduktor

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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

Penginputan beban

Hal yang dilakukan dalam penginputan beban ini yaitu dengan memasukan nilai beban yang didapatkan berupa nilai arus dan *rating* tegangan. Dalam simulasi, peneliti melakukan variasi beban berupa perbandingan persentase antara beban statis dan dinamik. Hal ini dikarenakan tidak ada data mengenai persentase kedua jenis beban.



Gambar 3.16 Penginputan Data Beban

Dari gambar 3.11 diatas dapat dilihat beberapa data yang dibutuhkan dalam input data beban. Adapun data yang dibutuhkan data arus beban (Amp), selain itu faktor daya yang dikehendaki adalah 85%. Pada bagian gambar yang di garis merah, merupakan menu untuk mengatur variasi beban. Variasi berupa persentase beban statis dan beban motor dengan arus beban konstan.

**3.14 Hasil dan Analisa**

Hasil ini merupakan keluaran dari proses pengolahan data dalam peneitian sesuai dengan tujuan yang telah dibuat. Sedangkan analisa adalah mendeskripsikan hasil pengolahan data agar lebih mudah untuk dipahami.

**3.15 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan merupakan rangkuman dari seluruh hasil penelitian dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Saran merupakan suatu usulan dan masukan yang bersifat membangun untuk dijadikan dasar pengembangan penelitian selanjutnya.

## BAB V PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian Analisis Penempatan, Penyettingan dan Koordinasi *Over Current Relay* (OCR), *Ground Fault Relay* (GFR) dan *Recloser* Pada Jaringan Baru Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Lima Puluh Kota (KP Pangkalan)) dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari proses evaluasi kondisi *eksisting* dalam penyettingan OCR, GFR dan *Recloser* Pada Penyulang Muaro Pati sebagai berikut:
  - a. nilai *setting* yang didapatkan untuk waktu kerja proteksi pada *feeder* Muaro Pati yaitu untuk OCR sebesar 0,2 detik dan GFR sebesar 0,2 detik. Kemudian untuk *recloser* yang ada pada *feeder* Muaro Pati untuk OCR yaitu 0,1 detik dan GFR sebesar 0,05 detik.
  - b. Kemudian hasil dari proses koordinasi dengan variasi beban bahwa relai tidak bekerja secara koordinasi, dikarenakan adanya kontribusi arus gangguan melebihi settingan relai sehingga relai mampu memerintahkan CB (Circuit Breaker) dalam memberikan *trip* dipenyulang lain yang tidak mengalami gangguan.
  - c. Kurva relai yang digunakan yaitu *defenite time* yaitu arus akan tetap konstan apabila terjadi arus gangguan yang semakin besar, maka nilai *setting* yang dipasang akan *trip* sendiri dengan waktu yang ditentukan sehingga kurva relai jenis *defenite time* tidak berpengaruh dengan berapa besarpun arus gangguan yang didapatkan.
2. Dengan melakukan penyettingan dan penempatan relai dengan kondisi *resetting* untuk OCR dan GFR dan *Recloser* maka didapatkan nilai waktu kerja dan penempatan relai pada masing-masing *feeder* diantaranya sebagai berikut:
  - a. Untuk *feeder* baru, hasil nilai *setting* yang didapatkan untuk sisi *incoming* pada sistem proteksi untuk OCR yaitu 0,17 detik dan GFR yaitu 0,2 detik. Kemudian sisi *outgoing* pada sistem proteksi untuk OCR yakni 0,15 detik dan GFR 0,13 detik.
  - b. Untuk *feeder* Muaro Pati nilai *setting* yang didapatkan yakni untuk sisi *incoming* pada sistem proteksi untuk OCR yakni 0,07 detik dan GFR 0,08 detik. Kemudian untuk sisi *outgoing* pada sistem OCR yakni 0,03 detik dan GFR 0,04 detik.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber dan menyebutkan asal 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. Untuk *recloser* sendiri yakni hasil dari nilai *setting* yang didapatkan untuk sistem proteksi pada OCR 0,02 detik dan GFR 0,02 detik.

Hasil pengujian koordinasi OCR, GFR, dan *Recloser* pada penyulang baru yang didapatkan adalah sebagai berikut:

- a. Hasil pengujian koordinasi relai dengan variasi beban didapatkan bahwa relai bekerja dengan koordinasi tanpa mengalami *trip* yang dipenyulang lain, hal ini dikarenakan kontibusi arus gangguan dari beban motor dan beban statis lebih kecil dari *setting* relai.
- b. Jenis kurva yang digunakan yaitu *standar inverse* dimana semakin besar arus gangguan yang terjadi maka relai akan bekerja lebih cepat dalam memberikan *trip* (padam) pada penyulang yang mengalami gangguan.
- c. Kemudian untuk kombinasi kurva yang didapatkan yaitu relai tidak mengalami tumpang tindih dengan relai lain karena waktu *setting* yang diberikan sesuai dengan semakin jauh panjang penyulang maka nilai *setting* yang diberikan akan semakin kecil. Untuk *grande time* yang didapatkan setiap *setting* relai yaitu 0,02 detik s/d 0,05 detik.

#### Saran

Riset ini hendaknya mewakili kondisi tereksrim untuk menghasilkan sistem proeksi yang bisa diimplementasikan, kemudian pembuatan konfigurasi baru dengan mengetahui aspek teknis dan aspek lapangan dengan detail supaya dapat mempertimbangkan dalam penempatan posisi relai dengan baik tanpa mengalami perubahan *setting* relai akibat dari gangguan hubung singkat. serta melakukan evaluasi terhadap *setting* relai dalam kurun waktu tertentu dengan melakukan pemeliharaan relai proteksi beserta peralatan pendukungnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nikman. 2021. "Gardu induk Koto Panjang".
- PT. PLN (Persero). 2021 "*RUPTL PT.PLN (Persero) 2021-2028*". (Diakses 01 Februari 2021)
- PT. PLN (Persero). 2021. "*Statistik PLN 2019*", No. Publikasi 03101-190615. Sekretariat.
- Perusahaan PT. PLN (Persero). (diakses 01 Januari 2021)
- I. 60354. 2016 "*Loading guide for oil-immersed power transformers*". in *61010-1 © Iec:2001*, Volume. 13.
- R. Sutjipto, A. D. Novfowan, and R. Duana Putri, "*Studi Perencanaan Peningkatan Kinerja Trafo Distribusi Dengan Relokasi Antara 2 Buah Trafo*". 2014. *J. Eltek*, vol. 17, no. 2, p. 69,
- Firdaus dan Kurniawan. 2016 "*Studi Analisa Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Lingkungan Terhadap Susut Umur Transformator Daya Pada Gardu Induk Garuda Sakti*", jurnal fakultas teknik. Volume 3, pp. 1-6.
- Hutauruk, T.S. 1985. *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- G. Turen. 1986. "*Electrical Distribution System Engineering*". Mc.Graw.Hill International State of America.
- V. Bellotti. 2011 "*Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems*". New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- S. Trip and I. Sympathetic. 2016 "*Untuk Meminimalkan Gangguan Trip Pada Penyulang Bunisari-*," vol. 15, no. 2.
- L. Wang. 2016 "*The fault causes overhead lines in the distribution network.*" *MATEC Web Conf.*, vol. No 61.
- Daru Tri Nugroho, Arief Wisnu Wardhana dan Aida Wahyuni. 2020. "*Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Gangguan Hubung Singkat Gardu Induk Dieng PT PN (Persero) UP3 Purwokerto*". *Dinamika Rekayasa*. Vol.16, no. 1.
- Bedekar, P P., et al. 2009. "*Optimum Time Coordination of Overcurrent Relays in a Distribution System Using Big-M (Penalty) Method* ". *Visvesvaraya National Institute of Technology Nagpur*.

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.

Irfan, Budiman. 2021 “ Supervisor Teknik ULP Lima Puluh kota (KP Pangkalan)”

ALSTOM. 2002. “*Network Protection & Automation Guide*”.

Sarimun, Wahyudi. 2012. “*Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”. Jakarta: Garamond.

Nair S. Divya dan Rhesm. 2017. “*Optimal Coordination of Protective Relays*”. International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC).

S. S Femmy and M.K Iwa Garniwa. 2013. “*Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih Pada Perencanaan Jaringan Distribusi Spindle Di Gi Ciawi Trafo 1 Bogor*”. Teknik Elektro hal 1-10.

Pramono, Wahyudi Budi. 2016 “ *Perancangan Koordinasi Relai Arus Lebih Pada Gardu Induk Dengan Jaringan Distribusi Spindel*”. FT Seminar Nasional Sinergi. pp. 40-41.

Zulkarnain, U.R. Hakim 2014 “*Evaluasi Koordinasi Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Feeder GH Lubuk Buaya*”. vol. 16 Jurnal Momentum Padang.

Muslim, dkk. 2008 “*Teknik Pembangkit Listrik*”. Surabaya.

Hutauruk, T.S. 1993. “*Transmisi Daya Listrik*”. Jakarta: Erlangga.

Short, T.A. 2004 “*Electrical distribution handbook Short*”. No. C.

R. Wiranti, dan Joko, S.Muslim. 2013 “ *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*”. Vol 53. No.9 Direktorat PSMK.

P. Gusti, I, Arka and N. Mudiana. 2013. “*Studi Pengaruh Pemasangan Sistem Proteksi Rele Terhadap Kemungkinan Gangguan Sympathetic Tripping Pada Penyulang*”, *J. Log.*, vol. 13, no. 3, pp. 142–147

Z. Hamdi, Ganefri, Asimetri dan Z, Hamdi. 2008. “*Pembangkit Tenaga Listrik*”. Vol. 53 No 9 Jakarta: Direktorat SMK.

R. Hasibuan, Abdurrazzaq Yusmar Tato. 2018. “*Penentuan Nilai Arus Pemutusan Pemutus Tenaga Sisi 20 KV pada Gardu Induk 30 MVA Pangururan*”, *J. Electric Technol.*, vol. 1099, no. 3, pp. 53–58

B. Baldwin.. 2005 “*Significance of K factor in Circuit Breaker Ratings*”. Teknik Elektro. Hal 12-18.



Marsudi, Djiteng. 2006. “Operasi sistem Tenaga Listrik.” Penerbit: Graha Ilmu.

PT. Sutrakabel Intimandiri. 2015. “Sutrado Kabel Product Catalogue,”.

P. P. (PERSERO). 1995. “SPLN 64 : 1995 Impedansi Kawat Penghantar”. no. mm, pp. 20–22.

PLN. 2015. “Perhitungan koordinasi arus lebih dan Ground”. Penerbit: PT PLN

J. M. Gers and E. J. Holmes, “Calculation of short-circuit currents”. [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)[Online]. Available: [https://www.studiecd.dk/cahiers\\_techniques/Calculation\\_of\\_short\\_circuit\\_currents.pdf](https://www.studiecd.dk/cahiers_techniques/Calculation_of_short_circuit_currents.pdf). [Accessed: 01-Jan-2020].

Dinas Jasa Pendidikan dan Pelatihan, 2003, “Proteksi Sistem Distribusi”. PT. PLN (Persero), Kantor pusat.

Sarimun, Wahyudi, N, MT. 2011. “Proteksi sistem tenaga listrik 20 kV” Penerbit: Erlangga.

PLN. 2017. “Perhitungan koordinasi arus lebih dan Ground”. Diklat PLN. Penerbit: PT PLN

I. A. Bhatia, “Electrical Fundamentals - Reactance and Impedance,” vol. 239, 2012.

Z. Hamdi, Ganefri, Asimetri dan Z, Hamdi. 2008. “Teknik Transmisi Tenaga Listrik”. Vol. 53. No 9 Jakarta: Direktorat SMK.

IEEE Power Engineering Society. 2008. “IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines”. IEEE –SA Standards Board.

J. M. Gers and E. J. Holmes, “Protection of Electricity Distribution Network.” in *IET Conference Publications*, 2nd ed., London, United Kingdom: The Institution of Engineering and Technology, 2005, p. 71.

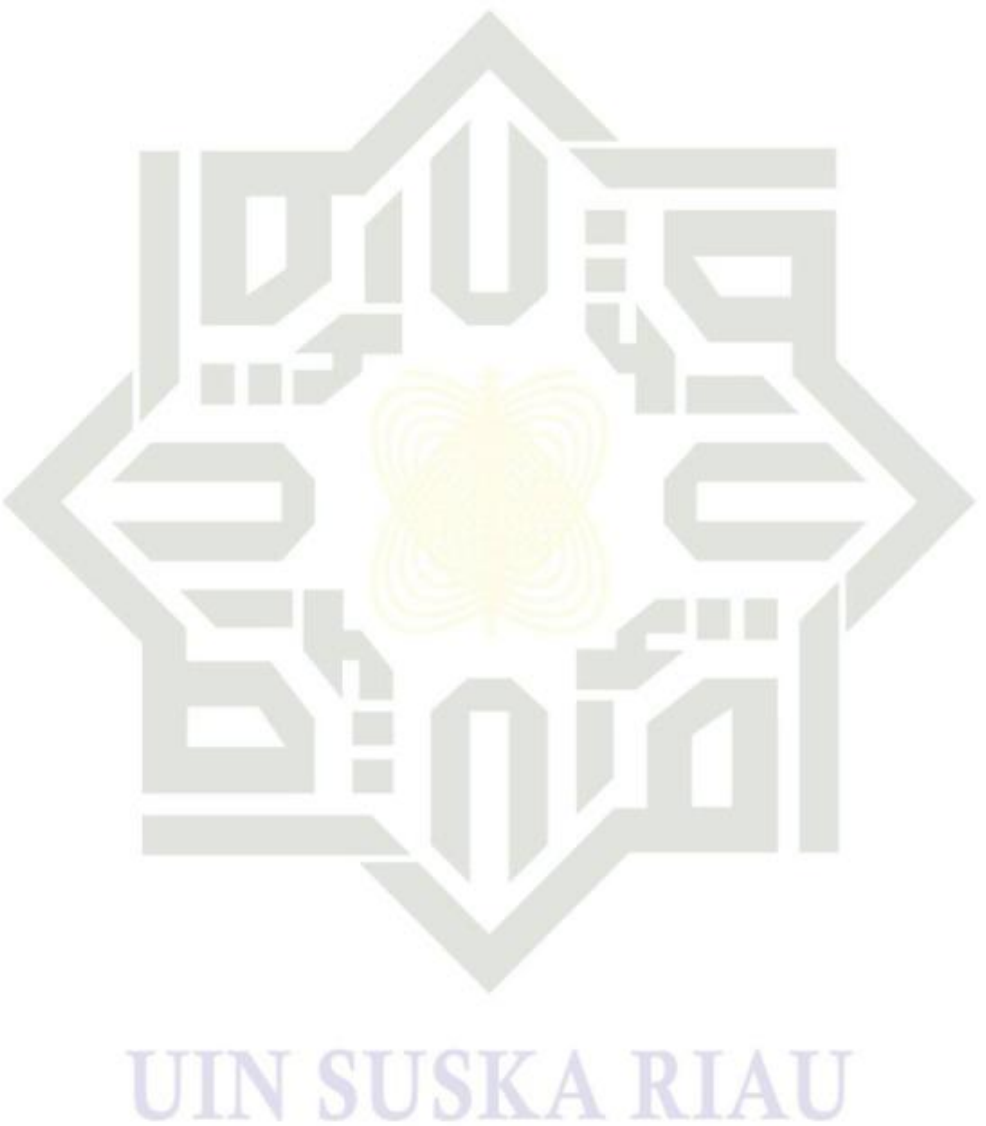
M. Tawfeeq. 2005 “Power System Protection”. p. 117.

IEEE-SA Standards Board. 2001. “Protection and Coordination Of Industrial and Commercial Power Systems”. Industrial Applications Society. Hal 1-751.

Ahlan Syafti. 2021 “Analisa Koordinasi Recloser dan OCR (Over Current Relay) Untuk Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 3 Distribusi 20 kV GI Jajar”. Skripsi Teknik Elektro.

E. 12.6. 2014 “ETAP 12.6 User Guide”. ETAP 12.6 User Guide. Oper., no. 10002889, 2014.

Riko, Dwi Mahar Diko. 2019. “ *Evaluasi Perhitungan Faktor Beban Tenaga Listrik*”  
Skripsi Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Surakarta.



**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 1 Hasil Koordinasi Kinerja Relai Pada Kondisi Eksisting**

**Tabel 4.14 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 0% dan Statis 100%)**

Variasi Beban (Motor 0% dan Statis 100%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

1. Dilindungi Hak Cipta Milik Dilindungi

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

Suska Riau  
Tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.





Hak Cipta  
1. Dilipar

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.

© Hak  
JIN Suska Riau

Tabel 4.15 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 10% dan Statis 90%)

Variasi Beban (Motor 10% dan Statis 90%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.16 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 20% dan Statis 80%)

Variasi Beban (Motor 20% dan Statis 80%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.17 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 30% dan Statis 70%)

Variasi Beban (Motor 30% dan Statis 70%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.18 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 40% dan Statis 60%)

Variasi Beban (Motor 40% dan Statis 60%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

1. Hak Cipta  
 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.

Hak Cipta  
1. Dilindungi

Tabel 4.19 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 60% dan Statis 40%)

Variasi Beban (Motor 60% dan Statis 40%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.20 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 70% dan Statis 30%)

Variasi Beban (Motor 70% dan Statis 30%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	Recloser	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

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.

UIN Suska Riau  
Jurnal Sinar Kasim Riau



Tabel 4.21 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 80% dan Statis 20%)

Variasi Beban (Motor 80% dan Statis 20%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	Recloser	F. Expres	Recloser	F. Expres	Recloser	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.22 Hasil Kinerja Relai Kondisi Eksisting Variasi Beban ( Motor 90% dan Statis 10%)

Variasi Beban (Motor 90% dan Statis 10%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	F. Expres	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	F. Expres	F.M Pati	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Expres	Recloser	F. Expres	Recloser	F. Expres	Recloser	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	F. M. Pati	Recloser	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

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.

an atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.

an sumber.

Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

**Lampiran 2 Hasil Simulasi Hubung Singkat Dengan Variasi Beban**

**Tabel 4.23 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 0% dan Statis 100%)**

Variasi beban (0% Motor dan 100% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			<i>Feeder</i> Baru	<i>Feeder</i> M. Pati	<i>Recloser</i>
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,162 kA	0,114 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,158 kA	0,112 kA
	Maksimal	50%	0,191	0,154 kA	0,104kA
	Maksimal	75%	0,162 kA	0,134 kA	0,09 kA
	Maksimal	100%	0,162 kA	0,114 kA	0,075 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,103 kA	0,075 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,1 kA	0,074 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,098 kA	0,068 kA
	Maksimal	75%	0,103 kA	0,087 kA	0,059 kA
	Maksimal	100%	0,103 kA	0,075 kA	0,049 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,39 kA	0,168 kA	0,115 kA
	Maksimal	25%	0,905 kA	0,163 kA	0,113 kA
	Maksimal	50%	0,334 kA	0,158 kA	0,105 kA
	Maksimal	75%	0,168 kA	0,136 kA	0,091 kA
	Maksimal	100%	0,168 kA	0,115 kA	0,076 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,78 kA	0,336 kA	0,227 kA
	Maksimal	25%	1,81 kA	0,325 kA	0,209 kA
	Maksimal	50%	0,668 kA	0,317 kA	0,182 kA
	Maksimal	75%	0,336 kA	0,273 kA	0,152 kA
	Maksimal	100%	0,336 kA	0,23 kA	0,392 kA

1. Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.24 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 10% dan Statis 20%)

Variasi beban (10% Motor dan 90% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,163 kA	0,115 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,158 kA	0,113 kA
	Maksimal	50%	0,191	0,155 kA	0,104 kA
	Maksimal	75%	0,163 kA	0,135 kA	0,09 kA
	Maksimal	100%	0,163 kA	0,115 kA	0,075 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,103 kA	0,075 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,1 kA	0,074 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,098 kA	0,068 kA
	Maksimal	75%	0,103 kA	0,087 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,103 kA	0,075 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,39 kA	0,171 kA	0,117 kA
	Maksimal	25%	0,908 kA	0,166 kA	0,116 kA
	Maksimal	50%	0,337 kA	0,162 kA	0,107 kA
	Maksimal	75%	0,171 kA	0,139 kA	0,093 kA
	Maksimal	100%	0,171 kA	0,117 kA	0,077 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,79 kA	0,342 kA	0,235 kA
	Maksimal	25%	1,82 kA	0,331 kA	0,232 kA
	Maksimal	50%	0,674 kA	0,318 kA	0,214 kA
	Maksimal	75%	0,343 kA	0,279 kA	0,185 kA
	Maksimal	100%	0,342 kA	0,235 kA	0,154 kA

Hak Cipta © HKK UIN Suska Riau

1. Dilarang sebagian atau seluruhnya untuk menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan kembali tanpa izin dari 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.

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



Tabel 4.25 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 20% dan Statis 80%)

Variasi beban (20% Motor dan 80% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,164 kA	0,115 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,159 kA	0,114 kA
	Maksimal	50%	0,192 kA	0,156 kA	0,105 kA
	Maksimal	75%	0,164 kA	0,136 kA	0,091 kA
	Maksimal	100%	0,164 kA	0,115 kA	0,075 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,103 kA	0,075 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,101 kA	0,074 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,099 kA	0,069 kA
	Maksimal	75%	0,103 kA	0,087 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,103 kA	0,075 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,4 kA	0,174 kA	0,12 kA
	Maksimal	25%	0,911 kA	0,169 kA	0,118 kA
	Maksimal	50%	0,34 kA	0,164 kA	0,109 kA
	Maksimal	75%	0,174 kA	0,142 kA	0,094 kA
	Maksimal	100%	0,174 kA	0,12 kA	0,078 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,79 kA	0,348 kA	0,24 kA
	Maksimal	25%	1,82 kA	0,337 kA	0,237 kA
	Maksimal	50%	0,679 kA	0,329 kA	0,218 kA
	Maksimal	75%	0,349 kA	0,284 kA	0,187 kA
	Maksimal	100%	0,348 kA	0,24 kA	0,156 kA

Tabel 4.26 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 30% dan Statis 70%)

Variasi beban (30% Motor dan 70% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,165 kA	0,116 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,16 kA	0,115 kA
	Maksimal	50%	0,192 kA	0,156 kA	0,106 kA
	Maksimal	75%	0,165 kA	0,137 kA	0,092 kA
	Maksimal	100%	0,165 kA	0,116 kA	0,076 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,103 kA	0,075 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,101 kA	0,074 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,099 kA	0,069 kA
	Maksimal	75%	0,103 kA	0,088 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,103 kA	0,075 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,4 kA	0,177 kA	0,122 kA
	Maksimal	25%	0,913 kA	0,172 kA	0,121 kA
	Maksimal	50%	0,342 kA	0,167 kA	0,111 kA
	Maksimal	75%	0,177 kA	0,145 kA	0,096 kA
	Maksimal	100%	0,177 kA	0,122 kA	0,08 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,8 kA	0,354 kA	0,25 kA
	Maksimal	25%	1,823 kA	0,343 kA	0,242 kA
	Maksimal	50%	0,685 kA	0,335 kA	0,223 kA
	Maksimal	75%	0,355 kA	0,29 kA	0,192 kA
	Maksimal	100%	0,354 kA	0,245 kA	0,159 kA

Hak Cipta © HAK

1. Dilarang sebagian atau seluruhnya untuk menyalin, menduplikasi, atau menyalin kembali isi dari karya tulis ini tanpa izin dari 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.

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

Tabel 4.27 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 40% dan Statis 60%)

Variasi beban (40% Motor dan 60% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,165 kA	0,117 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,161 kA	0,115 kA
	Maksimal	50%	0,192 kA	0,157 kA	0,106 kA
	Maksimal	75%	0,165 kA	0,138 kA	0,092 kA
	Maksimal	100%	0,165 kA	0,117 kA	0,076 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,103 kA	0,075 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,101 kA	0,074 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,099 kA	0,069 kA
	Maksimal	75%	0,103 kA	0,088 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,103 kA	0,075 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,4 kA	0,18 kA	0,125 kA
	Maksimal	25%	0,916 kA	0,175 kA	0,123 kA
	Maksimal	50%	0,345 kA	0,17 kA	0,113 kA
	Maksimal	75%	0,18 kA	0,148 kA	0,098 kA
	Maksimal	100%	0,18 kA	0,125 kA	0,082 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,8 kA	0,36 kA	0,25 kA
	Maksimal	25%	1,83 kA	0,349 kA	0,246 kA
	Maksimal	50%	0,69 kA	0,34 kA	0,227 kA
	Maksimal	75%	0,361 kA	0,295 kA	0,195 kA
	Maksimal	100%	0,36 kA	0,25 kA	0,162 kA



Tabel 4.28 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 60% dan Statis 40%)

Variasi beban (60% Motor dan 40% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,167 kA	0,118 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,162 kA	0,117 kA
	Maksimal	50%	0,193 kA	0,159 kA	0,108 kA
	Maksimal	75%	0,167 kA	0,139 kA	0,093 kA
	Maksimal	100%	0,167 kA	0,118 kA	0,077 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,103 kA	0,076 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,101 kA	0,075 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,099 kA	0,069 kA
	Maksimal	75%	0,103 kA	0,088 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,103 kA	0,076 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,41 kA	0,186 kA	0,13 kA
	Maksimal	25%	0,921 kA	0,18 kA	0,128 kA
	Maksimal	50%	0,35 kA	0,175 kA	0,118 kA
	Maksimal	75%	0,186 kA	0,153 kA	0,101 kA
	Maksimal	100%	0,186 kA	0,13 kA	0,083 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,81 kA	0,371 kA	0,26 kA
	Maksimal	25%	1,84 kA	0,361 kA	0,256 kA
	Maksimal	50%	0,7 kA	0,351 kA	0,235 kA
	Maksimal	75%	0,372 kA	0,306 kA	0,202 kA
	Maksimal	100%	0,371 kA	0,26 kA	0,167 kA

Hak Cipta  
 1. Dilarang sebagian atau seluruhnya tanpa izin dari penanya atau seluruhnya 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.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.29 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 70% dan Statis 30%)

Variasi beban (70% Motor dan 30% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,167 kA	0,119 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,163 kA	0,117 kA
	Maksimal	50%	0,193 kA	0,159 kA	0,108 kA
	Maksimal	75%	0,168 kA	0,14 kA	0,093 kA
	Maksimal	100%	0,167 kA	0,119 kA	0,077 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,104 kA	0,076 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,101 kA	0,075 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,099 kA	0,069 kA
	Maksimal	75%	0,104 kA	0,088 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,104 kA	0,076 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,41 kA	0,188 kA	0,132 kA
	Maksimal	25%	0,923 kA	0,183 kA	0,13 kA
	Maksimal	50%	0,352kA	0,179 kA	0,12 kA
	Maksimal	75%	0,189 kA	0,155 kA	0,103 kA
	Maksimal	100%	0,188 kA	0,132 kA	0,084 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,82 kA	0,377 kA	0,264 kA
	Maksimal	25%	1,85 kA	0,366 kA	0,261 kA
	Maksimal	50%	0,705 kA	0,357 kA	0,239 kA
	Maksimal	75%	0,378 kA	0,311 kA	0,205 kA
	Maksimal	100%	0,377 kA	0,264 kA	0,169 kA

Hak Cipta © Hak UIN Suska Riau

1. Dilarang sebagian atau seluruhnya untuk menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan isi dari karya tulis ini tanpa izin dari 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.

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

Tabel 4.30 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 80% dan Statis 20%)

Variasi beban (80% Motor dan 20% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,168 kA	0,12 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,163 kA	0,118 kA
	Maksimal	50%	0,193 kA	0,16 kA	0,109 kA
	Maksimal	75%	0,168 kA	0,14 kA	0,094 kA
	Maksimal	100%	0,168 kA	0,12 kA	0,078 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,104 kA	0,076 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,101 kA	0,075 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,099 kA	0,069 kA
	Maksimal	75%	0,104 kA	0,088 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,104 kA	0,076 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,41 kA	0,191 kA	0,135 kA
	Maksimal	25%	0,925 kA	0,186 kA	0,133 kA
	Maksimal	50%	0,355kA	0,181 kA	0,122 kA
	Maksimal	75%	0,192 kA	0,158 kA	0,104 kA
	Maksimal	100%	0,191 kA	0,135 kA	0,086 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,82 kA	0,382 kA	0,269 kA
	Maksimal	25%	1,85 kA	0,372 kA	0,265 kA
	Maksimal	50%	0,701 kA	0,363 kA	0,243 kA
	Maksimal	75%	0,383 kA	0,316 kA	0,208 kA
	Maksimal	100%	0,382 kA	0,269 kA	0,171 kA

Hak Cipta © HAK

1. Dilarang sebagian atau seluruhnya tanpa izin dari penanya atau seluruhnya 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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya tanpa izin UIN Suska Riau.



Tabel 4.3 Hasil Simulasi Hubung Singkat Variasi Beban ( Motor 90% dan Statis 10%)

Variasi beban (90% Motor dan 10% Statis)					
Jenis Gangguan Hubung Singkat	Nilai Arus	Lokasi Gangguan	Nama Penyulang		
			Feeder Baru	Feeder M. Pati	Recloser
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,287 kA	0,169 kA	0,12 kA
	Maksimal	25%	0,257 kA	0,164 kA	0,119 kA
	Maksimal	50%	0,193 kA	0,161 kA	0,109 kA
	Maksimal	75%	0,169 kA	0,141 kA	0,094 kA
	Maksimal	100%	0,169 kA	0,12 kA	0,078 kA
Fasa Ke Tanah	Maksimal	0%	0,144 kA	0,104 kA	0,076 kA
	Maksimal	25%	0,134 kA	0,101 kA	0,075 kA
	Maksimal	50%	0,109 kA	0,1 kA	0,069 kA
	Maksimal	75%	0,104 kA	0,088 kA	0,06 kA
	Maksimal	100%	0,104 kA	0,076 kA	0,05 kA
Fasa Ke Fasa	Maksimal	0%	6,41 kA	0,194 kA	0,137 kA
	Maksimal	25%	0,927 kA	0,189 kA	0,135 kA
	Maksimal	50%	0,357kA	0,184 kA	0,124 kA
	Maksimal	75%	0,194 kA	0,161 kA	0,106 kA
	Maksimal	100%	0,194 kA	0,137 kA	0,087 kA
Fasa	Maksimal	0%	12,83 kA	0,388 kA	0,274 kA
	Maksimal	25%	1,85 kA	0,377 kA	0,27 kA
	Maksimal	50%	0,714 kA	0,368 kA	0,247 kA
	Maksimal	75%	0,389 kA	0,321 kA	0,211 kA
	Maksimal	100%	0,388 kA	0,274 kA	0,173 kA

Hak Cipta © Hak UIN Suska Riau

1. Dilarang sebagian atau seluruhnya tanpa izin 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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya tanpa izin UIN Suska Riau.

**Lampiran 3 Hasil Koordinasi Kinerja Relai Pada Kondisi *Resetting***

**Tabel 4.32 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 0% dan Statis 100%)**

Variasi Beban (Motor 0% dan Statis 100%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

1. Dilengkapi dengan hak cipta oleh penulis dan 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.



Tabel 4.33 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 10% dan Statis 90%)

Variasi Beban (Motor 10% dan Statis 90%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.34 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 20% dan Statis 80%)

Variasi Beban (Motor 20% dan Statis 80%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

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

2. Dilarang mengutipkan 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.



Tabel 4.35 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 30% dan Statis 70%)

Variasi Beban (Motor 30% dan Statis 70%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.36 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 40% dan Statis 60%)

Variasi Beban (Motor 40% dan Statis 60%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

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

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

Tabel 4.37 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 60% dan Statis 40%)

Variasi Beban (Motor 60% dan Statis 40%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

Tabel 4.38 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 70% dan Statis 30%)

Variasi Beban (Motor 70% dan Statis 30%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

1. Dilarang mengutipkan atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 mengutipkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Tabel 4.40 Hasil Kinerja Relai Variasi Beban ( Motor 90% dan Statis 10%)

Variasi Beban (Motor 90% dan Statis 10%)								
Hubung Singkat								
1 Fasa Ke Tanah		Fasa Ke Fasa		2 Fasa Ke Tanah		3 Fasa		Lokasi Gangguan
Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	Penyulang yang Mengalami Gangguan	Kinerja Relai	
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	0%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	0%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	0%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	25%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	25%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	25%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	50%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	50%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	50%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	75%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	75%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	75%
F. Expres	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	F. Baru	Baik	100%
F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	F. M. Pati	Baik	100%
Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	Recloser	Baik	100%

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

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



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Bayu Govinda Anggara** lahir di Concong Luar, 08 Desember 19998 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Suhaimi dan Rosnah yang berlatam di Jalan Perintis Gang Samping SD, Tembilahan Hulu. Kab. Indragiri Hilir, Riau.

Email : 11750514978@students.uin-suska.ac.id

[bayu.g.anggara@gmail.com](mailto:bayu.g.anggara@gmail.com)

HP : 081268257101

Pengalaman pendidikan yang dilalui dari SD Negeri 014 Concong Luar pada tahun 2006-2012, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 1 Concong Luar pada tahun 2012-2015, Setelah itu dilanjutkan dengan pendidikan SMA Negeri 1 Tembilahan Kota pada tahun 2015-2017. Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, dengan mengambil bidang kajian Energi pada tahun 2017. Penulis menyelesaikan masa studi selama 4 setengah tahun dan lulus pada tahun 2022 dengan penelitian Tugas Akhir berjudul ”**Analisis Penempatan, Penyettingan, dan Koordinasi Over Current Relay (OCR), Ground Fault Relay (GFR), dan Recloser Pada Penyulang Baru (Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Pangkalan)**”.