



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

©Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

# SIMULASI LOKASI DAN JENIS GANGGUAN TERHADAP ARUS GANGGUAN PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI

## TUGAS AKHIR

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



Oleh :

**Riko Kurniawan**

**11655101338**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU**

**2023**

**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

SIMULASI LOKASI DAN JENIS GANGGUAN TERHADAP ARUS  
GANGGUAN PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV DI GARDU  
INDUK GARUDA SAKTI

TUGAS AKHIR

Oleh:

Riko Kurniawan  
11655101338

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juli 2023

Ketua Program Studi

Pembimbing



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



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

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI LOKASI DAN JENIS GANGGUAN TERHADAP ARUS  
GANGGUAN PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV DI GARDU  
INDUK GARUDA SAKTI


TUGAS AKHIR


oleh:  
**Riko Kurniawan**  
11655101338

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 13 Juli 2023

Pekanbaru, 13 Juli 2023

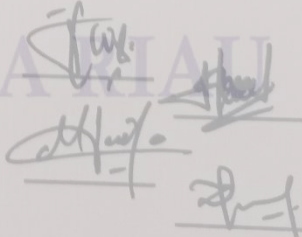
Mengesahkan,

  
**Dekan**  
**Dr. Hartono, M.Pd.**  
NIP.19640301 199203 1 003

**Ketua Program Studi**  
  
**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T**  
NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Mulyono, S.T., M.T  
Sekretaris : Dr. Liliana, S.T., M.Eng  
Anggota I : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc  
Anggota II : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T





## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdata di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang terbuka untuk umum dengan catatan bahwa hak cipta terdapat pada penulis. Referensi kepustakaan disarankan ditulis, tetapi kutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan oleh kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian maupun seluruh Tugas Akhir ini harus seizin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi biodata peminjam.



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

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan pada Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang serta 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.

Pekanbaru, 12 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



Riko Kurniawan  
11655101338

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

## LEMBAR PERSEMBAHAN



“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

*Alhamdulillah,*

*Sujud syukur ku persembahkan kepada Allah yang Maha Tinggi, Maha Adil, Maha Penyayang, Allah yang menjadikan kesulitan menjadi kemudahan bagi hamba-Nya. Engkau berikan aku kesempatan untuk bisa sampai di penghujung awal perjuangan ku.*

*Segala puji bagi Mu ya Allah,*

*Sholawat beserta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW, rindu kami selalu akan budi pekerti dan wajah mulia mu, alangkah bahagianya hidup ini bila kau memanggil nama kami untuk berjumpa denganmu ya Rasulullah. Ku persembahkan karya ku ini untuk keluargaku dengan segenap rasa cinta, hormat, dan bukti bakti ku kepada Ayahanda Muharmen, Ibunda Yurnita, Kakak dan Adik ku Yesi Wulandari, Yulia Ningsih dan Wahyu Kurniawan. Pendidikan yang sekarang putra mu enyam tak sebanding dengan jasa-jasa Ayah Ibu, berkat Do'a dan dukungan mu, putra mu menyelesaikan Perguruan Tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.*

*Untuk semua sahabat yang begitu tulus, semoga tali persaudaraan di antara kita berpanjangan. Terima kasih banyak atas banyak dukungan, tangan yang selalu terulur, hati yang selalu*

*berbagi, serta Do'a yang selalu terurai indah.*

**Riko Kurniawan**

**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.

# SIMULASI LOKASI DAN JENIS GANGGUAN TERHADAP ARUS GANGGUAN PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI

**RIKO KURNIAWAN**

**NIM: 11655101338**

Tanggal Sidang: 13 Juli 2023

Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi

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

## ABSTRAK

Saluran transmisi disistem ketenagalistrikan diwajibkan untuk menjamin keoptimalan daya energi serta andal tetapi saat penyaluran masih terjadi gangguan. dengan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menemukan letak lokasi gangguan. penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nilai arus gangguan berdasarkan lokasi dan jenis gangguan yang divariasikan saat melakukan simulasi menggunakan simulink-matlab. Hasil Penelitian pada gangguan satu fasa ketanah dengan nilai arus paling tinggi 283.797 A dilokasi 50 meter dan yang terendah 233.835 A dilokasi 30000 m, gangguan 2 fasa dengan nilai arus paling tinggi 2914.585 A yang berlokasi di 50 meter dan yang terendah 1779.361 A dilokasi gangguan 30000 m, 2 fasa ketanah dengan nilai arus paling tinggi sebesar 1458.802 A yang berlokasi di 50 meter dan arus terendah 889.759 A dilokasi gangguan 30000 m, kemudian gangguan 3 fasa arus paling tinggi sebesar 3884.310 A yang berlokasi di 50 meter dan yang terendah berada pada lokasi 30000 meter dengan nilai sebesar 2422.788 A. Arus gangguan yang terjadi dipengaruhi oleh jarak lokasi gangguan, semakin jauh jarak lokasi gangguan dari sumber maka arus yang terjadi semakin rendah begitu juga sebaliknya.

**Kata Kunci:** Transmisi, Lokasi , Gangguan, Arus, Simulasi, Matlab.



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.

# SIMULATION OF THE LOCATION AND TYPE FAULT OF THE FAULT CURRENT IN THE 150 KV TRANSMISSION LINE AT THE GARUDA SAKTI MAIN SUBSTATION

**RIKO KURNIAWAN**

**NIM: 11655101338**

*Trial Date: 13 July 2023*

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

## ABSTRACT

*Transmission lines in the electricity system are required to ensure optimal and reliable energy power, but interruptions still occur during distribution. by requiring quite a long time to find the location of the disturbance. This study aims to produce fault current values based on the location and type of disturbance which are varied when carrying out simulations using simulink-matlab. Research results on single-phase to ground faults with the highest current value of 283,797 A at a location of 50 meters and the lowest 233,835 A at a location of 30,000 m, 2-phase faults with a maximum current value of 2914,385 A located at 50 meters and the lowest 1779,361 A at a fault location of 30,000 m, 2 phases to ground with the highest current value of 1458,802 A located at 50 meters and the lowest current of 889,759 A at a fault location of 30000 m, then a 3-phase fault with a maximum current of 3884,310 A located at 50 meters and the lowest is at a location of 30,000 meters with a value of 2422,788 A. The fault current that occurs is influenced by the distance of the fault location, the farther the fault location is from the source, the lower the current that occurs and vice versa.*

**Keywords:** *Transmission, Location, Fault, Current, Simulation, Matlab.*



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

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

*Alhamdulillah Rabbil Alamin*, Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Simulasi Lokasi dan Jenis Gangguan Terhadap Arus Gangguan pada Jaringan Tranmisi 150KV di Gardu Induk Garuda Sakti**”. Shalawat beserta salam penulis ucapkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapatkan syafa'at beliau.

Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus nya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Ayah, Ibu, dan keluarga yang telah mendo'akan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas Rajab, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. 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 Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Ahmad Faizal S.T, M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau.
7. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.T., selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir sekaligus pembimbing akademik yang banyak meluangkan waktu serta tenaga dan pikiran hingga dapat membimbing dan menyelesaikan Tugas Akhir dalam proses



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

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

8. © pendidikan Strata 1 (S1) penulis.  
Bapak Anton Hidayat, ST selaku *Assistant Engineering* Rencana dan Evaluasi Penyaluran di PT PLN Gardu Induk Garuda Sakti.
9. Abang Asyriya Fadil, ST yang banyak memberikan dukungan semangat dan motivasi kepada penulis.
10. Firdania Nur Arifah, M.Pd yang telah banyak memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
11. Rekan-rekan Teknik Elektro D 2016 serta angkatan 2016 dan rekan konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.  
Penulis menyadari bahwa dalam laporan Tugas Akhir ini banyak memiliki kesalahan dan kekurangan yang oleh karena itu kritik dan saran yang membangun diharapkan agar lebih baik untuk masa yang akan datang.

*Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

Pekanbaru, 13 Juli 2023

Riko Kurniawan

11655101338



DAFTAR ISI

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

HALAMAN COVER .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR PERSAMAAN .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-4
1.3 Tujuan Masalah .....	I-4
1.4 Batasan Masalah .....	I-4
1.5 Manfaat .....	I-5
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>II-1</b>
2. Penelitian Terkait .....	II-1
2. Landasan Teori .....	II-3
2.2.1 Pembangkit Tenaga Listrik .....	II-3
2.2.2 Sistem Transmisi .....	II-4
2.2.3 Konfigurasi Jaringan Transmisi .....	II-5
2.2.3.1 Sistem Radial .....	II-5
2.2.3.2 Sistem <i>Ring</i> .....	II-5
2.2.3.3 Sistem Interkoneksi .....	II-6
2.2.4 Perangkat Sistem Proteksi .....	II-6
2.2.4.1 <i>Relay</i> Proteksi .....	II-8
2.2.4.1.1 <i>Distance Relay</i> .....	II-8
2.2.4.1.2 <i>Relay</i> Diferensial .....	II-9



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.

2.2.4.1.3	<i>Directional Relay</i> .....	II-9
2.2.4.1.4	<i>Relay Arus Lebih</i> .....	II-9
2.2.4.1.5	<i>Ground Fault Relay (GFR)</i> .....	II-10
2.2.4.2	Pemutus Tenaga (PMT) .....	II-11
2.2.4.3	Pemisah (PMS) .....	II-12
2.2.4.4	<i>Current Transformer (CT)</i> .....	II-12
2.2.4.5	Trafo Tegangan .....	II-13
2.2.4.6	Transformer Daya .....	II-13
2.2.5	Konduktor .....	II-14
2.2.6	Isolator .....	II-15
2.2.7	Jenis-Jenis Tiang Tower .....	II-18
2.2.8	Gangguan Pada Jaringan Transmisi .....	II-19
2.2.8.1	Gangguan Hubung Singkat .....	II-19
2.2.8.2	Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah .....	II-21
2.2.8.3	Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Tanah .....	II-22
2.2.8.4	Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa .....	II-23
2.2.8.5	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa .....	II-23
2.2.9	<i>Input Signals of Fault Location</i> .....	II-24
2.2.10	MATLAB-Simulink R2014a .....	II-25
2.2.10.1	Simbol Komponen .....	II-26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>III-1</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	III-1
3.2	Lokasi Penelitian .....	III-1
3.3	Tahap Penelitian .....	III-1
3.4	Data Penelitian .....	III-3
3.5	Alur Simulasi <i>Matlab-Simulink R2014a</i> .....	III-5
3.6	Menggambar <i>Single Line Diagram</i> .....	III-6
3.7	Input Data Parameter <i>Single Line Diagram</i> .....	III-8
3.8	Menentukan Nilai Arus Gangguan .....	III-13
3.9	Hasil dan Analisa .....	III-13
3.10	Kesimpulan dan Saran .....	III-13
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA .....</b>		<b>IV-1</b>
4.1	<i>Single Line Diagram</i> .....	IV-1



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

4.2	Proses Simulasi .....	IV-1
4.3	Simulasi Gangguan Satu Fasa ke Tanah .....	IV-4
4.4	Simulasi Gangguan 2 Fasa .....	IV-6
4.5	Simulasi Gangguan 2 Fasa ke Tanah .....	IV-8
4.6	Simulasi Gangguan 3 Fasa .....	IV-10
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>V-1</b>
5.1	Kesimpulan .....	V-1
5.1	Saran .....	V-1

**DAFTAR PUSTAKA**

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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Proses Pembangkitan Tenaga Listrik .....	II-4
Gambar 2.2 Diagram Transmisi Listrik .....	II-5
Gambar 2.3 Radial Sistem .....	II-5
Gambar 2.4 Ring System .....	II-6
Gambar 2.5 Sistem Interkoneksi .....	II-6
Gambar 2.6 Blok Diagram Relay Proteksi .....	II-7
Gambar 2.7 Daerah Pengaman Relay Jarak .....	II-9
Gambar 2.8 Contoh Pemutus Tenaga .....	II-11
Gambar 2.9 Disconnecting Switch .....	II-12
Gambar 2.10 Current Transformer .....	II-13
Gambar 2.11 Transformer Daya .....	II-14
Gambar 2.12 Jenis Konduktor Disistem Saluran Tenaga .....	II-15
Gambar 2.13 Isolator Keramik .....	II-16
Gambar 2.14 Isolator Non Keramik .....	II-16
Gambar 2.15 Isolator Piring Dan Ball And Socket .....	II-17
Gambar 2.16 Isolator Tipe Post .....	II-17
Gambar 2.17 Isolator Tipe Long Rod .....	II-17
Gambar 2.18 Tower Tipe Pole .....	II-18
Gambar 2.19 Jenis-Jenis Tower Kisi-Kisi .....	II-18
Gambar 2.20 Short Circuit .....	II-20
Gambar 2.21 Phase to Earth Fault .....	II-21
Gambar 2.22 Line to Line to Ground Fault .....	II-22
Gambar 2.23 Phase to Phase Fault .....	II-23
Gambar 2.24 Three Phase Fault .....	II-24
Gambar 2.25 Spesifikasi interval waktu menurut posisi .....	II-25
Gambar 2.26 Simplified Synchronous Machine .....	II-26
Gambar 2.27 Three Phase Transformer .....	II-26
Gambar 2.28 Three Phase Breaker .....	II-27
Gambar 2.29 Distributed Parameter Line .....	II-27
Gambar 2.30 Three Phase Series RLC Load .....	II-27
Gambar 2.31 Three Phase Fault .....	II-27
Gambar 2.32 Three Phase Measurement .....	II-28

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

	Gambar 2.33 Data Acquisition .....	II-28
	Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian .....	III-2
	Gambar 3.2 Single Line Diagram UPT PKU .....	III-4
	Gambar 3.3 Alur Simulasi .....	III-5
	Gambar 3.4 Lembar Project Simulink-Matlab .....	III-6
	Gambar 3.5 Simplified Synchronous Machine .....	III-6
	Gambar 3.6 Three-Phase Transformer .....	III-7
	Gambar 3.7 Three-Phase Breaker .....	III-7
	Gambar 3.8 Distributed Parameter Line .....	III-7
	Gambar 3.9 Three-Phase Load .....	III-7
	Gambar 3.10 Three-Phase Fault .....	III-8
	Gambar 3.11 Three-Phase Measurement .....	III-8
	Gambar 3.12 Data Acquisition .....	III-8
	Gambar 3.13 Input Data Simplified Synchronous Machine .....	III-9
	Gambar 3.14 Three-Phase Transformer .....	III-9
	Gambar 3.15 Capacitor .....	III-10
	Gambar 3.16 Three-Phase Load .....	III-10
	Gambar 3.17 Circuit Breaker .....	III-11
	Gambar 3.18 Fault Breaker .....	III-11
	Gambar 3.19 Input Pengukuran .....	III-12
	Gambar 3.20 Parameter RMS .....	III-12
	Gambar 4.1 Single Line Diagram .....	IV-1
	Gambar 4.2 Proses Input Lokasi Gangguan .....	IV-2
	Gambar 4.3 Proses Input Gangguan .....	IV-2
	Gambar 4.4 Proses Run Simulasi .....	IV-3
	Gambar 4.5 Grafik Simulasi .....	IV-3
	Gambar 4.6 Workspace Data Arus Gangguan .....	IV-4
	Gambar 4.7 Grafik Arus Gangguan 1 Fasa Ketanah Berdasarkan Lokasi Gangguan ....	IV-5
	Gambar 4.8 Grafik Arus Gangguan 2 Fasa Berdasarkan Lokasi Gangguan .....	IV-7
	Gambar 4.9 Grafik Arus Gangguan 2 Fasa Ketanah Berdasarkan Lokasi Gangguan ....	IV-9
	Gambar 4.10 Grafik Arus Gangguan 3 Fasa Berdasarkan Lokasi Gangguan .....	IV-11

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







## DAFTAR PERSAMAAN

Rumus 2.1	Relay Jarak .....	II-8
Rumus 2.2	Arus Gangguan .....	II-20
Rumus 2.3	Impedansi Jaringan .....	II-21
Rumus 2.4	Gangguan Satu Fasa Kestanah .....	II-21
Rumus 2.5	Gangguan Satu Fasa Kestanah .....	II-21
Rumus 2.6	Gangguan 2 Fasa Kestanah .....	II-22
Rumus 2.7	Gangguan 2 Fasa Kestanah .....	II-22
Rumus 2.8	Gangguan 2 Fasa .....	II-23
Rumus 2.9	Gangguan 2 Fasa .....	II-23
Rumus 2.10	Gangguan 3 Fasa .....	II-24
Rumus 2.11	Gangguan 3 Fasa .....	II-24

© Hak Cipta dan Hak Milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan permintaan listrik di setiap lokasi menghasilkan energi listrik yang tidak dapat disalurkan melalui tegangan rendah atau menengah. Keadaan ini membutuhkan tegangan tinggi, yang sering dikenal sebagai transmisi. Penggunaan jalur transmisi membantu pengiriman energi listrik ke beban yang berjarak ratusan kilometer dari pusat beban. Dalam sistem produksi tenaga listrik, saluran transmisi adalah bagian yang mengirimkan listrik dari generator ke pengguna. Listrik dapat dikirim melalui transfer jaringan memerlukan pengaturan yang optimal[1][2].

Penyaluran pada sistem transmisi terbagi oleh tiga macam, pertama saluran udara bertegangan ekstra tinggi (SUTET) yang berkapasitas 200 kV hingga 500kV, kemudian saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dengan kapasitas sebesar 30kV hingga 150 kV, selanjutnya saluran kabel tegangan tinggi (SKTT) yang memiliki kapasitas 30 kV hingga 150kV. Saat disalurkan oleh transmisi, terjadi pengurangan tegangan gardu induk dari 150kV ke 20kV atau 500kV ke 150kV atau 70kV dengan transformator agar dapat disalurkan ke konsumen[3].

Saluran Transmisi disuatu ketenagalistrikan diwajib untuk dapat menjamin keopmalan daya dan energi secara berkelanjutan serta andal pada seluruh beban yang terhubung pada setiap pembangkitan energi listrik. Tetapi ketika pendistribusian daya listrik masih terjadi masalah atau *fault* yang muncul pada sistem. Kesalahan pada komponen listrik telah menjadi elemen yang diterima dalam proses pembangkitan dan distribusi daya. Dimulai pada awal prosedur, transmisi pada pelanggan hingga mustahil luput dari berbagai jenis gangguan. Saluran transmisi adalah salah satu perangkat yang sering terganggu oleh konduktor dan beroperasi dalam kondisi cuaca yang berubah-ubah. Hal ini disebabkan oleh kerentanan dan kemudahan saluran udara terhadap gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan sistem[4].

Faktor yang mempengaruhi gangguan pada sistem yang utama yaitu factor kesalahan pada teknisi atau yang umum disebut dengan *human error*, Faktor ini terjadi akibat kegagalan dalam memberi tindakan pada sistem. Contoh kasusnya ialah salah dalam hal proteksi serta kegagalan dalam proses tindakan pada rangkaian. Faktor selanjutnya merupakan faktor *internal* yang mana penyebab nya ialah kegagalan yang bersumber dari sistem tersebut. Kemudian usia komponen yang aus dan mengurangi kinerja pada komponen

1. Hak Cipta Dimiliki dan Dilindungi Undang-Undang
  - 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.



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.

tersebut juga menjadi pengaruh dalam kegagalan atau gangguan. Setelah itu faktor *external* yang bersumber dari kondisi lingkungan sistem seperti cuaca, gempa, petir atau fenomena alam lainnya. Dilain sisi gangguan gangguan hewan juga memungkinkan adanya gangguan tersebut[5].

Gangguan dapat dikategorikan sebagai tegangan lebih atau korsleting dengan asal dan jenis gangguan berdasarkan sumbernya dan karakteristiknya. Faktor internal dan eksternal menyebabkan masalah ini. Kondisi internal dapat disebabkan oleh kondisi rangkaian dan isolasi yang berubah secara tiba-tiba. Contoh kondisi internal adalah beban yang berlebihan secara tiba-tiba, operasi Pemutus Tenaga (PMT) yang berubah karena hubung yang singkat dan isolasi yang tidak efektif. Petir menyebabkan keadaan luar, gangguan hubung singkat umum terjadi pada sistem daya tiga fase, dan dapat menyebabkan hubung singkat simetris (*symtrical short-circuit*) dan asimetris (*unsymetrical short-circuit*). Arus gangguan hubung singkat asimetris menggambarkan gangguan hubung singkat yang pertama, sedangkan arus gangguan hubung singkat simetris menggambarkan gangguan hubung singkat yang kedua. Beberapa contoh gangguan adalah satu fasa yang terhubung ke *ground*, fasa yang terhubung ke fasa, dua fasa yang terhubung ke *ground*, dan fasa yang terhubung ke fasa secara bersamaan[5].

Perangkat seperti *recloser* otomatis dapat memperbaiki masalah ini karena sebagian besar hanya gangguan sementara. Gangguan yang hanya bersifat sementara tidak memiliki dampak jangka panjang pada catu daya dan, dalam banyak kasus, tidak memerlukan campur tangan manusia. Berbeda dengan masalah yang bersifat permanen, gangguan sementara membutuhkan tim pemeliharaan untuk dikirim ke lokasi gangguan untuk memperbaiki kerusakan dan memulihkan catu daya. Namun, proses ini akan selalu memakan waktu yang cukup lama karena kru pemeliharaan harus terlebih dahulu menemukan lokasi gangguan.

Dalam kebanyakan kasus, gangguan tersebut hanya bersifat sementara, dan dapat diatasi dengan menggunakan komponen pelindung seperti penutup otomatis. Karena gangguan sementara tidak memiliki dampak jangka panjang pada sistem, gangguan ini seringkali tidak memerlukan intervensi profesional untuk memperbaikinya. Berbeda dengan gangguan permanen, ketika teknisi dikirim ke area gangguan untuk memperbaiki kerusakan dan memulihkan daya listrik, proses pemulihan harus memakan waktu karena teknisi harus terlebih dahulu menemukan lokasi gangguan untuk memulai proses perbaikan.[6].

Dalam kondisi gangguan permanen, pemulihan daya dapat diatasi sesaat kru pemeliharaan melakukan dan mengamankan dan melakukan perbaikan atas gangguan yang

Sebab itu, posisi gangguan harus dapat ditemukan, jika tidak, seluruh line transmisi harus dilihat dan diperiksa untuk menemukan dimana lokasi gangguan tersebut. Akibatnya, lokasi gangguan harus dapat ditentukan atau diperkirakan dengan tingkat presisi yang tinggi. Dengan demikian tidak hanya memungkinkan untuk menghemat waktu dan biaya untuk inspeksi dan perbaikan, tetapi juga memungkinkan untuk memberikan layanan yang lebih optimal berkat operasi perbaikan daya yang dipercepat. Hal ini juga memungkinkan untuk menghindari pemadaman listrik, serta untuk mengetahui di mana area yang lemah dalam sistem saluran, dan dapat membantu perencanaan pemeliharaan yang direncanakan secara teratur dan pencegahan masalah seperti itu di masa depan[6].

Menentukan lokasi atau titik gangguan berhubungan dengan proteksi *relay*. *Relay* jarak perlindungan saluran transmisi menawarkan beberapa indikasi wilayah umum di mana gangguan terjadi, tetapi mereka tidak dimaksudkan untuk menghasilkan lokasi yang tepat dari masalah tersebut. Sebaliknya, mereka memberikan beberapa indikasi dari sekitar gangguan secara umum. *Relay* jarak hanya dapat digunakan dalam skema dasar, yang berarti bahwa *relay* ini hanya akan bekerja dengan segera atau tanpa jeda waktu jika mendeteksi gangguan di zona 1. Ini adalah satu-satunya cara relai jarak dapat digunakan. Relai akan berfungsi, meskipun dengan sedikit penundaan, untuk gangguan yang terbaca di zona 2 dan 3. Keadaan ini merupakan salah satu alasan mengapa sistem membutuhkan waktu yang lama untuk menghilangkan gangguan ketika terjadi[7][8].

Kondisi seperti itu akan sangat mengganggu distribusi energi listrik ke pelanggan, yang sangat bermasalah mengingat banyak pelanggan yang sangat sensitif terhadap pemadaman listrik di dunia saat ini. Akibatnya, sistem daya modern dituntut untuk lebih efisien agar dapat memenuhi permintaan yang terus meningkat akan pasokan listrik tanpa gangguan. Oleh karena itu, memprediksi lokasi gangguan dengan tingkat presisi yang tepat dapat sangat membantu para spesialis dalam mengidentifikasi gangguan dan mempercepat proses pemulihan daya listrik[7].

Berdasarkan penelitian dan hasil wawancara dengan Bapak Anton Hidayat selaku Asisten Teknik Perencanaan dan Evaluasi Distribusi menyatakan bahwa di GI Garuda Sakti untuk masalah akurasi gangguan masih dapat dikatakan kurang akurat karena hanya berdasarkan zona gangguan dan bukan untuk titik atau lokasi gangguan. Disebutkan juga bahwa solusi yang baik adalah melakukan penelitian dalam mensimulasikan lokasi gangguan untuk mempercepat pembelahan gangguan. Penelitian ini akan mensimulasikan 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

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

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

ada Feeder Garuda Sakti-GI Pasir Putih sepanjang 31 kilometer dengan menggunakan data yang diperoleh dari hasil wawancara dan laporan[9].

Oleh karena itu, dari informasi-informasi yang telah dipaparkan selama ini, perlu dilakukan penelitian tentang simulasi lokasi dan jenis gangguan pada jaringan transmisi. Hal ini dapat dilakukan dengan mengacu pada literatur yang ada serta banyak kemajuan yang telah dilaporkan. Sepanjang penelitian ini menggunakan program Simulink-MATLAB R2014a. Peneliti mengambil judul **“Simulasi Lokasi Dan Jenis Gangguan Terhadap Arus Gangguan Pada Jaringan Transmisi 150 Kv Di Gardu Induk Garuda Sakti”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

Bagaimana menghasilkan nilai arus berdasarkan variasi lokasi gangguan dan jenis gangguan yang disimulasikan disoftware Simulink-MATLAB R2014a.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, berdasarkan rumusan masalah tersebut, adalah sebagai berikut:  
Menghasilkan nilai arus berdasarkan variasi lokasi gangguan dan jenis gangguan yang disimulasikan disoftware Simulink-MATLAB R2014a.

## 1.4 Batasan Masalah

Topik-topik berikut ini akan dibahas untuk memastikan bahwa kesulitan yang akan dibahas dapat dengan mudah dipahami dan tidak melenceng dari topik yang akan dibahas, maka batasan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Mensimulasikan lokasi gangguan dan variasi gangguan pada jaringan transmisi menggunakan Simulink-MATLAB R2014a.
2. Lokasi penelitian yang disimulasikan berdasarkan data laporan *single line diagram* GI Garuda Sakti – GI Pasir Putih.
3. Lokasi gangguan yang akan disimulasikan sepanjang 31km yang divariasikan menjadi beberapa bagian.
4. Hanya mensimulasikan gangguan satu fasa ketanah (L-G), fasa ke fasa (L-L), 2 fasa ketanah (L-L-G) dan 3 fasa (L-L-L).
5. Sampel data gangguan pada perioda ke tiga (0.06 detik)



**Manfaat**

Dengan mempertimbangkan batasan masalah tersebut, manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1. Mengetahui lokasi gangguan berdasarkan nilai arus pada jaringan transmisi dari GI Garuda Sakti – GI Pasir Putih menggunakan software Simulink-MATLAB R2014a.
- 2. Sebagai referensi bagi mahasiswa yang ingin mengkaji lebih luas tentang simulasi lokasi gangguan jaringan transmisi menggunakan Simulink-MATLAB.
- 3. Penelitian ini diharapkan bisa bermanfaat dan dapat digunakan sebagai bahan acuan PT PLN Gardu Induk Garuda Sakti.

**5.5 Hak Cipta dan Undang-Undang**

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



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Penelitian Terkait

Untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, diperlukan referensi dari teori-teori yang berlaku, dan penelitian yang dilakukan sekarang bukanlah penelitian pertama yang dilakukan pada topik ini. Telah banyak penelitian sebelumnya yang membahas mengenai simulasi lokasi sesar, namun masing-masing penelitian tersebut memiliki banyak variasi, seperti teknik simulasi dan data sesar yang digunakan dalam simulasi. Penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan hasil temuan dari semua penelitian terdahulu ke dalam satu kesatuan.

Menurut bahan studi dan literatur yang digunakan untuk penulisan tentang menemukan kesalahan transmisi [10] yang meneliti proses penentuan lokasi kesalahan. Untuk kasus uji gangguan tiga fasa simetris, gangguan dengan resistansi gangguan 100 ohm pada jarak 150 km menghasilkan kesalahan estimasi terbesar, yaitu 0,296%. Di sisi lain, untuk kasus uji coba gangguan satu fasa ke tanah, gangguan dengan resistansi gangguan 100 ohm pada jarak 150 km menghasilkan kesalahan estimasi terkecil, yaitu 0,112%. Estimasi lokasi gangguan melalui penggunaan teknik lokasi gangguan dipengaruhi oleh nilai resistansi gangguan, jarak gangguan, dan jenis gangguan. Secara spesifik, kesalahan estimasi akan meningkat sebanding dengan besarnya nilai tahanan jenis sesar, dan akan meningkat sebanding dengan ukuran sesar jika sesar tersebut semakin jauh.

Dalam literatur [11] melakukan penelitian dengan menggunakan pendekatan *wavelet* untuk menentukan lokasi gangguan hubung singkat pada transmisi. Penelitian ini didasarkan pada sinyal arus gangguan, jarak gangguan, dan tahanan gangguan dari berbagai kasus simulasi gangguan hubung singkat. Menurut temuan penelitian, persentase ketidakakuratan dapat berkisar antara 0,128 hingga 15,380 untuk jarak gangguan, dan dari 2,280 hingga 23,335% untuk resistansi gangguan.

Selanjutnya, penelitian [12] Penelitian ini dilakukan di APB Jawa Bagian Barat dengan tujuan untuk mengeksplorasi saluran transmisi CGRLG I - CNJUR I yang memiliki panjang saluran 69,1 kilometer. Judul penelitian ini adalah "Estimasi Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran Transmisi 150 Kv Menggunakan Transformasi Wavelet", dan mencari lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi tersebut. Simulasi gangguan hubung singkat pada jarak 2 kilometer, 13,82 kilometer, 34,55 kilometer, dan 62,1 kilometer pada setiap percobaan, dengan menggunakan tahanan gangguan masing-masing 0 ohm dan 1000

Berdasarkan hasil penelitian, estimasi yang memiliki akurasi paling tinggi terjadi pada lokasi sebesar sejauh 62,1 kilometer dengan tingkat kesalahan 4,92%. Estimasi yang memiliki akurasi paling rendah terjadi pada lokasi patahan sejauh 2 kilometer dengan tingkat kesalahan 0,818%.

Literatur penelitian selanjutnya [13] meneliti identifikasi gangguan hubung singkat dengan menggunakan Metode Impedansi dan ETAP 12.6 pada distribusi 20 kV GI Garuda Sakti Feeder Panam. Pembacaan arus dan impedansi yang diambil dari simulasi bus dan gardu induk digunakan sebagai data masukan. Perhitungan jarak lokasi gangguan menunjukkan bahwa error terbesar adalah 0.0851%, dengan selisih jarak rata-rata 21.207 meter untuk gangguan antar fasa. Kesalahan terbesar berikutnya adalah 0,0843%, dengan selisih jarak rata-rata 21,016 meter, untuk gangguan fasa ke tanah. Kesalahan terkecil adalah 0,0215%, dengan perbedaan jarak rata-rata 5,356 meter, untuk gangguan tiga fasa.

Literatur penelitian terakhir [14] Perhitungan lokasi gangguan akibat hubung singkat pada jalur distribusi di Bangko PT. Chevron Pasifik Indonesia. Penelitian ini menggunakan dua pendekatan untuk perhitungan lokasi gangguan akibat gangguan hubung singkat pada jalur distribusi. Estimasi lokasi gangguan yang akurat. Teknik reaktansi sederhana dan takagi digunakan, dan hasilnya disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0. Dalam lingkup investigasi ini, empat jenis gangguan yang berbeda dimodelkan dan disimulasikan: fasa ke tanah, fasa ke fasa, fasa ke fasa, dan fasa ke fasa. Menurut temuan, pendekatan Takagi lebih sulit digunakan daripada metode reaktansi dasar ketika mencoba menentukan lokasi gangguan hubung singkat. Berdasarkan temuan investigasi ini, disarankan agar penelitian selanjutnya melakukan simulasi menggunakan berbagai perangkat lunak dan menyertakan varian tinjauan tambahan.

Peneliti tertarik untuk melakukan studi replikasi lokasi gangguan berdasarkan hasil penelitian sebelumnya. Dengan demikian peneliti mengangkat judul **“Simulasi Lokasi Dan Jenis Gangguan Terhadap Arus Gangguan Pada Jaringan Transmisi 150 Kv Di Gardu Induk Garuda Sakti”**. Penelitian [10] hanya menentukan lokasi gangguan hubung singkat tiga fasa simetris dan masih memiliki error sebesar 0,296%, sedangkan untuk kasus uji gangguan tiga fasa simetris, gangguan dengan resistansi gangguan 100 ohm pada jarak 150 km sebesar 0,112%. Penelitian ini berbeda dengan penelitian terkait dimana penelitian [10] hanya menentukan lokasi gangguan hubung singkat tiga fasa simetris dan masih memiliki error sebesar 0.296%. Kemudian, penelitian [11] menetapkan jarak gangguan pada saluran transmisi pendek sehingga data yang diteliti dibatasi namun masih memiliki *error* yang

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



tinggi yaitu 0.128% hingga 15.380% untuk jarak gangguan dan 2.280% hingga 3.335% untuk resistansi gangguan. Hal ini dilakukan agar penelitian dapat digunakan. Selain itu, penelitian [12] menggunakan pendekatan *wavelet* untuk menentukan lokasi gangguan yang menghasilkan ketidakakuratan yang masih sebesar 4,92%. Kemudian, penelitian [13] berfokus pada jaringan distribusi dengan menggunakan teknik impedansi dan memanfaatkan *software* ETAP, sedangkan penelitian [14] berfokus pada pemodelan gangguan fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan 3 fasa dengan menggunakan program ETAP 12.6.0. Kedua rangkaian penelitian tersebut dilakukan oleh tim yang sama. dan mengusulkan untuk melakukan studi dengan menggunakan berbagai macam simulasi perangkat lunak di samping berbagai macam evaluasi yang lebih banyak.

Pada penelitian ini, para peneliti menggunakan penelitian [13][14] yang mensimulasikan satu fasa ke tanah (L-G), fasa ke fasa (L-L), 2 fasa ke tanah (L-L-G), dan 3 fasa (L-L-L) serta dengan *software* yang berbeda, yaitu Simulink-Matlab dan variasi tinjauan seperti variasi lokasi dan variasi gangguan yang disimulasikan. Selain itu, para peneliti menggunakan perangkat lunak yang berbeda untuk mensimulasikan satu fasa ke tanah (L-G) dan fasa ke fasa (L-L). Selain itu, peneliti melakukan simulasi data real yang diperoleh dari GI Garuda Sakti dengan menggunakan data sekunder milik PT PLN (Persero) Unit Gardu Induk Garuda Sakti [9]. Variasi gangguan yang disimulasikan dan lokasi gangguan yang dimodifikasi saat simulasi dijalankan pada Matlab-Simulink merupakan dua aspek yang membedakan penelitian ini dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya..

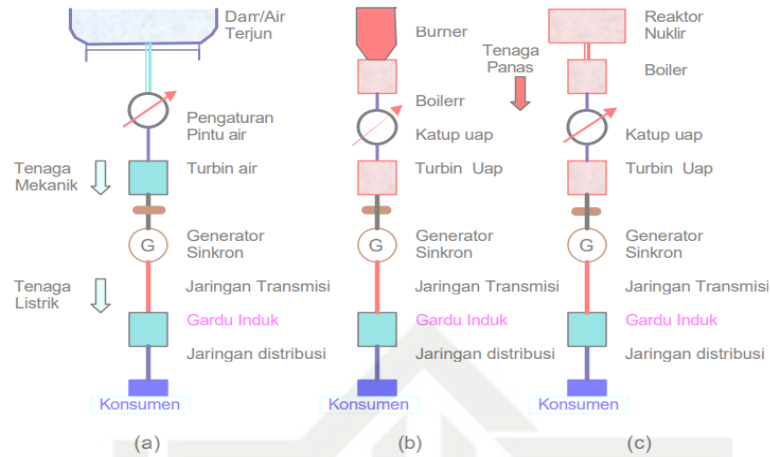
## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pembangkit Tenaga Listrik

Memutar generator sinkron adalah pembangkit tenaga listrik dasarnya. Generator ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan daya listrik melalui arus AC tiga fasa. Untuk menggerakkan generator listrik, mesin penggerak awal menggunakan tenaga mekanik, seperti mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan turbin gas. Dalam proses pembangkitan, tenaga mekanik atau tenaga primer diubah menjadi tenaga mekanik, yang kemudian menggerakkan generator listrik dan menghasilkan daya listrik[15].

Ada dua jenis pembangkit daya listrik: pembangkit termis dan pembangkit non termis. Pembangkit termis mengubah energi panas bumi, minyak, dan gas menjadi listrik. Pembangkit non termis air adalah sumber daya utama, biasanya dikenal sebagai PLTA[16].

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



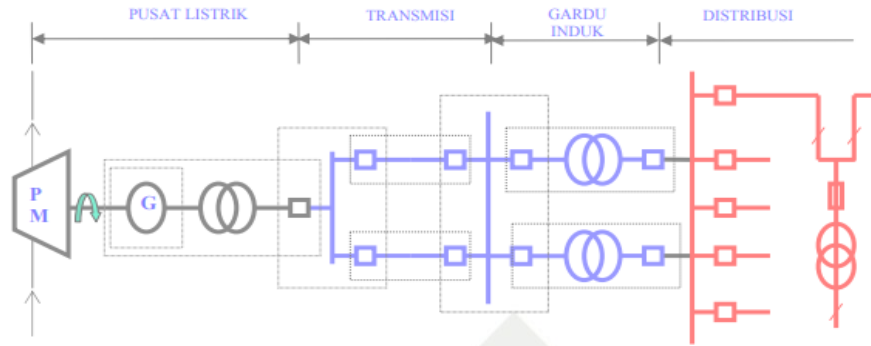
Gambar 2.1 Diagram Proses Pembangkitan Tenaga Listrik a. PLTA b. PLTU c. PLTN[15].

### 2.2.2 Sistem Transmisi

Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa komponen utama yaitu pembangkitan berfungsi sebagai pusat listrik, transmisi dan distribusi, yang juga berfungsi sebagai penyalur komponen dan beban terpisah ke sistem saluran transmisi[17] Setiap komponen sistem memiliki tegangan berbeda, seperti sistem pembangkit 6 kV hingga 24 kV, saluran transmisi 30 kV hingga 500 kV, distribusi primer 11 kV hingga 25 kV, dan distribusi sekunder 380 kV hingga 220 kV.[15].

Pengirim daya listrik yang diteruskan ke gardu induk dari pembangkit disebut sistem transmisi tenaga listrik. Sebelum daya listrik ditransmisikan, tegangan harus ditingkatkan. Tegangan generator dinaikkan menjadi 70 kV, 150 kV, atau 500 kV untuk mengimbangi jarak transmisi yang jauh dan mengurangi rugi daya pada saluran transmisi. Ini dilakukan karena tegangan generator hanya berkisar antara 6,6 kV sampai 24 kV. Saluran udara tegangan tinggi, atau SUTT, atau SUTET, digunakan untuk mengirimkan daya[18].

Pada umumnya, sistem transmisi termasuk dalam tiga kategori yaitu transmisi saluran pendek, transmisi saluran menengah, dan transmisi saluran panjang. Saluran transmisi dengan panjang kurang dari 100 km dan tegangan kurang dari 70 kV dianggap pendek, sedangkan saluran transmisi dengan panjang 100 sampai 200 km dan tegangan hingga 150 kV dianggap menengah[19].



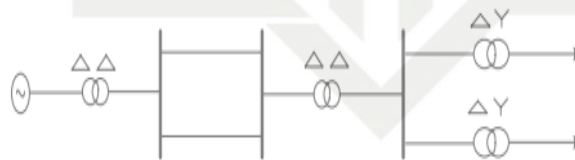
Gambar 2.2 Diagram Transmisi Listrik[24].

### 2.2.3 Konfigurasi Jaringan Transmisi

#### 2.2.3.1 Sistem Radial

Sistem radial terhubung ke sistem pembangkit dan gardu induk. Gardu induk kemudian disambungkan ke sistem distribusi, yang menyalurkan ke pelanggan. Adapun manfaat sistem ini[16]:

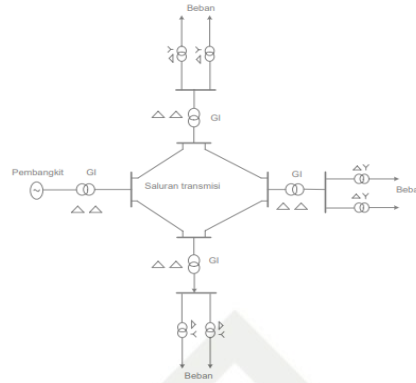
- a. sangat sederhana untuk dibangun.
- b. ekonomis untuk dibangun.
- c. tidak andal dalam penyaluran.
- d. biaya akan mahal jika digunakan di wilayah yang luas.



Gambar 2.3 Radial System[16].

#### 2.2.3.2 Sistem Ring

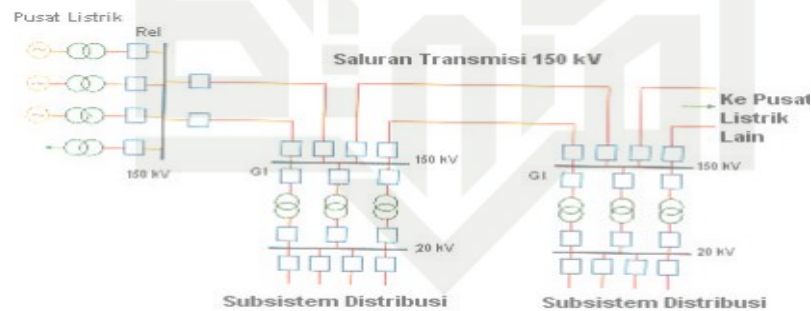
Sistem *ring* adalah sistem tertutup yang menggunakan lebih dari satu gardu induk dan menggunakan daya dari satu pembangkit. Ini memiliki beberapa keuntungan yaitu penyaluran yang cukup baik, perencanaan yang mudah. Sistem ini memiliki dua kelemahan yaitu gardu induknya terletak jauh, yang menyulitkan pengaturan sistem, dan perhitungan sistem proteksinya sulit[16]



Gambar 2.4 Ring System[16].

### 2.2.3.3 Sistem Interkoneksi

Sistem interkoneksi biasanya menggunakan pusat listrik besar dengan banyak pusat pembangkitan dan pusat beban yang terhubung melalui saluran transmisi. Kemudian, sistem distribusi menyalurkan kembali pusat listrik tersebut. Tujuan sistem ini adalah untuk menjaga kontinuitas penyaluran dan sekaligus mengurangi beban yang ditanggung oleh satu pembangkit.[15]. Sistem ini memiliki beberapa keuntungan berupa kontinuitas penyaluran daya menjadi sangat andal dan daya listrik saling didistribusikan oleh P2B (Pusat Pengatur Beban)[16]



Gambar 2.5 Sistem Interkoneksi[15].

### 2.2.4 Perangkat Sistem Proteksi

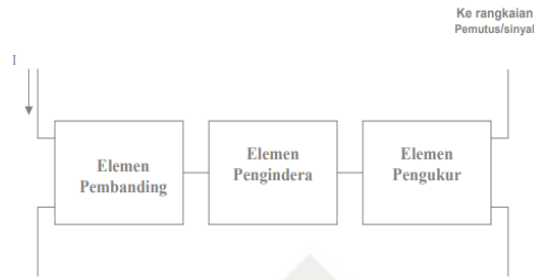
Sistem proteksi terdiri dari peralatan dan bagian-bagian berikut[21]:

1. Relay mendeteksi gangguan dan memberi perintah ke Pemutus Tenaga (PMT) untuk melakukan *trip*.
2. Trafo arus dan trafo tegangan berfungsi sebagai instrumen yang menyalurkan daya listrik primer dari sistem yang diamankan oleh *relay*.
3. Pemutus Tenaga (PMT) berfungsi sebagai pemutus ketika ada gangguan pada bagian sistem.
4. Baterai dan pengisi baterai, yang berfungsi sebagai sumber tenaga ketika *relay* bekerja untuk alat bantu *tripping*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

2. Kabel, yang terdiri dari sirkit sekunder, sirkit *tripping*, dan sirkit peralatan bantu.



Gambar 2.6 Blok Diagram *Relay* Proteksi[21].

komponen utama *relay* proteksi, yaitu [21]:

Bergantung pada *relay* yang digunakan, elemen pengindra berfungsi sebagai perasa besaran listrik seperti arus, frekuensi, dan tegangan. Keadaan besaran listrik ini akan dikirim ke elemen pembanding setelah dianggap sebagai kondisi gangguan atau normal. Elemen pembanding kemudian menggunakan besaran yang dikirim oleh elemen pengindra untuk digunakan sebagai perbandingan antara kondisi normal dan besaran arus kerja *relay*. Elemen pengukur bertindak sebagai perubahan dan mengisyaratkan PMT (Pemutus Tenaga) untuk perjalanan terbuka.

Tujuan *relay* pengaman dipasang adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian sistem yang mengalami gangguan. Selain itu, untuk melindungi bagian sistem yang masih dalam kondisi normal dari kerugian dan kerusakan yang lebih besar[21].

Sebuah *Relay* Proteksi harus memenuhi kriteria berikut untuk menjadi peralatan yang baik[21]:

1. Sensitif.

Untuk menjaga komponen sistem di dalam zonanya, *relay* proteksi mendeteksi gangguan.

2. Selektif.

Dalam menentukan pengamanan, selektivitas *relay* proteksi harus dipertimbangkan dengan cermat. Komponen yang mengalami gangguan harus sekecil mungkin, yang akan menghasilkan lebih sedikit area yang terputus.

3. Cepat.

Semakin cepat *relay* proteksi bekerja, semakin kecil akibat dan luasnya gangguan.

4. Andal.

*Relay* proteksi harus diuji secara berkala untuk memastikan keandalannya karena kegagalannya dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada komponen dan pemadaman yang lebih luas.



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

5. Ekonomis.

Diharapkan *relay* proteksi memiliki kemampuan pengaman yang sangat baik dengan biaya yang secukupnya.

6. Sederhana.

Diharapkan komponen *relay* proteksi fleksibel dan sederhana bentuknya.

Dalam sistem pengaman saluran SUTT dan SUTET, ada proteksi utama dan proteksi cadangan. *Relay* proteksi utama termasuk *relay* jarak, *relay* differensial, dan *relay* direksional [21]. Proteksi cadangan terdiri dari proteksi cadangan lokal adalah *relay* arus lebih dan *relay ground fault*, Proteksi cadangan jauh adalah *relay* Zone 2 GI yang jauh.

### 2.2.4.1 Relay Proteksi

Sistem proteksi bekerja untuk mendeteksi kondisi gangguan dengan memantau variabel sistem tenaga seperti impedansi, frekuensi, tegangan, arus, dan daya. Trafo instrumen tipe potensial (PT) atau tipe arus (CT) mengukur arus dan tegangan. Variabel yang diukur dimasukkan ke sistem relay, yang, setelah menemukan kesalahan, meminta pemutus sirkuit (CB) untuk memotong bagian sistem yang tidak berfungsi. Sistem listrik terdiri dari zona perlindungan untuk generator dan transformator. Bar bus. Sirkuit distribusi dan transmisi[22].

#### 2.2.4.1.1 Distance Relay

Selain berfungsi sebagai perlindungan utama (proteksi utama) untuk saluran tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi, *relay* ini mengukur besaran impedansi (Z) pada saluran transmisi, yang kemudian dibagi menjadi beberapa zona pengaman (Zone-1, Zone-2, dan Zone-3). Selain itu, *relay* mengukur tegangan *direlay* dan arus gangguan dengan membagi besaran tegangan dan arus tersebut. Adapun perhitungan impedansi yang dapat dilihat pada rumus 2.1[21]:

$$Z_f = V_f / I_f \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

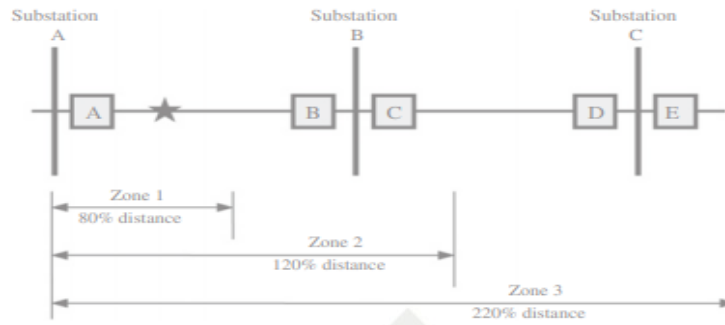
Z<sub>f</sub> = impedansi (ohm)

V<sub>f</sub> = Tegangan (Volt)

I<sub>f</sub> = Arus gangguan (Amper)

*Distance relay* bekerja saat impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi *setting*, jika impedansi gangguan memiliki nilai yang lebih kecil dari pada impedansi *setting relay* maka *relay* akan bekerja dan sebaliknya[21].

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



Gambar 2.7 Daerah Pengamanan Relay Jarak[21].

### 2.2.4.1.2 Relay Diferensial

Ketika perbedaan fasor dua besaran listrik yang lebih mirip melebihi nilai tertentu, itu disebut diferensial. Oleh karena itu, *relay* diferensial arus berfungsi sebagai hasil dari perbandingan sudut fasa dan besaran arus yang masuk dan keluar dari sistem yang akan dilindungi. Dalam kondisi normal, *relay* beroperasi karena kedua arus tersebut memiliki fasa dan besaran yang sama. Namun, dalam situasi gagal, keadaan tersebut tidak ada lagi. Koil operasi melalui perbedaan arus masuk dan keluar saat *relay* dihubungkan. Jika perbedaan arus ini melebihi nilai yang ditetapkan, *relay* berfungsi dan pemutus sirkuit dibuka[23].

Tipe *relay* diferensial :

- a. *Relay* diferensial arus.
- b. *Relay* diferensial persentase.
- c. *Relay* diferensial keseimbangan tegangan.

### 2.2.4.1.3 Dirrectional Relay

*Relay dirrectional* berfungsi ketika daya di sirkuit mengalir ke arah tertentu. *Relay* ini beroperasi untuk kuantitas penggerak dalam rangkaian. Konstruksi dan cara kerja *relay* ini mirip dengan *relay watthour* meter induksi. Dalam *relay* tipe meter, torsi dihasilkan oleh interaksi *fluks* dari arus CT sekunder, sedangkan *relay* arah menghasilkan torsi karena interaksi *fluks* dari tegangan dan arus rangkaian. Memiliki dua lilitan, *relay* berfungsi sebagai kumparan tegangan dan kumparan arus, mirip dengan *wattmeter*. Di saluran yang akan dilindungi, magnet bawah membawa kumparan arus yang diberi energi dari CT, sedangkan magnet atas membawa kumparan tegangan atau kumparan potensial yang diberi energi dari PT[23].

### 2.2.4.1.4 Relay Arus Lebih

*Relay Arus Lebih*, mirip dengan solder yang tersembunyi di dalam sistem, aktif ketika terjadi kesalahan untuk melindungi sistem di bawah area perlindungan mereka. Kesalahan dapat terjadi di mana pun di sistem tenaga. Dalam hal ini, arus gangguan yang berat akan

melewat sistem. Kondisi yang tidak dapat ditoleransi atau tidak diinginkan dideteksi oleh *relay*. Mereka juga dapat mengetahui seberapa serius kesalahannya, yang memutuskan apakah operasi akan dilakukan lebih cepat atau lebih lambat. Untuk menjaga integritas spesifikasi, *relay* harus dioperasikan dengan benar dan membuat pemutus sirkuit *trip* untuk membedakan bagian sirkuit yang rusak dari sisa sistem yang sehat. Untuk memastikan keselamatan dan mencegah kerusakan pada personel dan properti di area pelayanannya, *relay* memberikan sinyal ke pemutus sirkuit apakah akan memutuskan atau tetap diam[24].

#### a. *instantaneous overcurrent relay*

Definisikan *relay* arus beroperasi seketika ketika arus mencapai nilai yang telah ditentukan

1. Waktu pengoperasian konstan.
2. Tidak ada penundaan waktu yang disengaja.
3. Kriteria operasinya konstan
4. Ini beroperasi dalam 0,1 detik atau kurang.

#### b. *Definite time*

Untuk *tripping*, definisi *definite Time Over Current Relay* memerlukan dua kondisi. Arus harus melebihi arus yang ditentukan, dan gangguan harus berlangsung selama waktu yang sama dengan pengaturan waktu *relay*.

#### c. *Inverse definite minimum time relay:*

Karakteristik relay IDMT berlawanan dengan arus yang diamati. Waktu kerja *relay* ini berbanding terbalik dengan arus gangguannya. Jika arus gangguannya lebih tinggi, waktu kerja *relay* akan lebih pendek.

### 2.2.4.1.5 *Ground Fault Relay (GFR)*

Tergantung pada sistem dan jenis pentanahannya, gangguan garis ke tanah tidak selalu termasuk *short circuit* melalui tahanan gangguan. Ini menyebabkan arus gangguan menjadi lebih kecil dan tidak dapat dibaca oleh OCR (*Over Current Relay*), karena itu diperlukan *relay* proteksi gangguan garis ke tanah. *Ground Fault Relay (GFR)* pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama dengan OCR (*Over Current Relay*), tetapi mereka memiliki beberapa perbedaan di bagian bawah.

Prinsip kerja *Ground Fault Relay (GFR)* adalah sebagai berikut: dalam keadaan normal, dengan beban arus fasa  $I_r$ ,  $I_s$ , dan  $I_t$  ( $I_b$ ) sama besar dan tidak ada arus yang mengalir ke kawat netral, *Ground Fault Relay (GFR)* tidak dialiri arus. Namun, dalam situasi lain,



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.

Jika ada arus yang tidak seimbang atau gangguan *short circuit* fasa ke tanah, akan ada arus urutan nol pada kawat netral, yang menyebabkan kerja *Ground Fault Relay* (GFR)[25].

### 2.4.2 Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga adalah alat di Gardu Induk yang berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus gangguan dan arus beban. Ketika beban terhubung dan terputus, terjadi pemulihan tegangan, yang dikenal sebagai *overvoltage* dan busur api. Salah satu contoh pemadam busur api pada PMT adalah[24]:

#### 1. PMT Media Gas

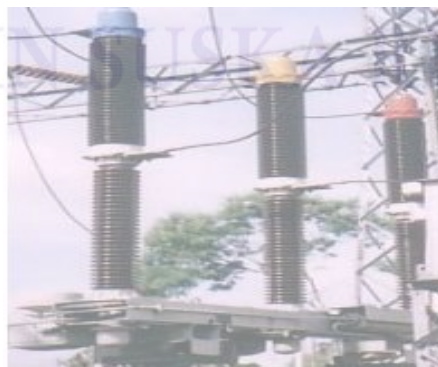
PMT jenis PMT ini menggunakan gas SF<sub>6</sub> (*sulfur hexafluoride*). Gas SF<sub>6</sub> murni tidak memiliki warna, bau, racun, dan tidak mudah terbakar. Kekuatan dielektrik SF<sub>6</sub> ini 2,35 kali udara dan meningkat dengan tekanan.

#### 2. PMT Media Pemutus Udara

Jenis PMT ini menghasilkan udara bertekanan tinggi yang dihembuskan ke busur api melalui *nozzle*. Udara ini juga memadamkan busur api di media antar kontak pemisah ionisasi dan berfungsi sebagai pemecah tegangan pukul.

#### 3. PMT Media Pemutus Minyak.

Ketika terjadi pemutusan kontak-kontak dan bahan isolasi antar bagian yang bertegangan, PMT jenis minyak berguna untuk merendam loncatan bunga api listrik. Jenis pemutus minyak berbeda berdasarkan seberapa banyak minyak yang digunakan di ruang pemutusan. Pemutus yang menggunakan banyak minyak menggunakan sedikit minyak.



Gambar 2.8 Contoh PMT (Pemutus Tenaga)[16].

Suatu PMT memiliki kemampuan untuk memutus arus gangguan dan arus beban. Besarnya arus bergantung pada waktu PMT terbuka. Untuk menghilangkan kesulitan

menghitung komponen DC, faktor pengali harus dikalikan dengan arus simetris yang dihasilkan.

Tabel 2.1 Faktor Pengali PMT[26].

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

### 2.2.4.3 Pemisah (PMS)

Pemisah menunjukkan jika suatu komponen listrik sudah terlepas dari tegangan kerja. Dengan memisahkan komponen yang bertegangan dari yang tidak bertegangan, pemisah tidak dapat masuk atau keluar dalam kondisi berbeban. Pemisah dapat dibedakan berdasarkan peletakkannya[16]:

- Pemisah bus berada pada sisi bus.
- Pemisah line berada disisi penghantar.
- Pemisah tanah yang berada pada peralatan sebagai penghubung ke tanah.



Gambar 2.9 Disconnecting switch[16].

### 2.2.4.4 Current Transformer (CT)

Tujuan dari komponen yang dikenal sebagai trafo arus, atau CT (*Current Transformer*), adalah untuk melakukan fungsi mengurangi jumlah arus yang mengalir dari sisi primer ke sisi sekunder dari nilai yang tinggi ke nilai yang rendah. Selain itu, CT akan mengisolasi bagian dari rangkaian yang menghasilkan tegangan tinggi, memindahkan jumlah yang diukur ke sisi rangkaian yang menghasilkan tegangan rendah. Instrumen atau

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.

peralatan pengukur yang sering digunakan pada sisi utama rangkaian listrik antara lain adalah ampere meter, MW (*Mega Watt*), MVAR (*Mega volt Ampere Reactive*), dan KWH (*Kilo Watt Hour*) [16]. Selain itu, trafo arus merupakan komponen penting untuk alat pengukur daya dan energi, selain relay yang digunakan untuk pengukuran dan proteksi jarak jauh.[23].



Gambar 2.10 *Current Transformer (CT)*[16].

#### 2.2.4.5 Trafo Tegangan (*Potential Transformer*)

Trafo tegangan adalah alat yang berharga yang dapat digunakan untuk meminimalkan jumlah tegangan yang ditransfer dari sisi primer ke sisi sekunder. Alat ini juga dapat digunakan untuk mengisolasi bagian sirkuit yang mengandung tegangan tinggi, yang memastikan bahwa kuantitas yang diukur berada pada tegangan rendah di sisi sekunder. Selain itu, berfungsi sebagai instrumen standar untuk mengukur MV (*MegaVolt*), MVAR (*Mega Volt Ampere Reaktif*), dan KWH (*Kilo Watt Hour*), selain berfungsi sebagai sistem pengamanan *relay* jarak dan delta terbuka untuk relai tanah terarah.[16].

#### 2.2.4.6 Transformer Daya

Trafo daya, biasanya disebut sebagai trafo, adalah sebuah peralatan atau komponen dari sistem tenaga listrik yang berperan sebagai penyalur daya atau tegangan listrik yang diawali dengan tegangan tinggi dan kemudian diubah menjadi tegangan rendah sebelum diubah kembali menjadi tegangan tinggi lagi. Salah satu contoh komponen dari trafo adalah tangkai utama, yang biasanya terdiri dari inti besi dan kumparan trafo berminyak di bagian dalamnya.[16].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu 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 2.11 Transformer Daya[16].

### 2.2.5 Konduktor

Perangkat sistem tenaga listrik yang disebut konduktor mengalir arus listrik ke seluruh bagian sistem kelistrikan, mulai dari pusat dan kemudian didistribusikan ke pengguna. Banyak jenis bahan yang dapat digunakan dalam konduktor ini, seperti tembaga, aluminium, dan baja, memiliki sifat yang berbeda, yang berdampak pada kemampuan penghantarannya. Beberapa persyaratan yang dikenakan pada konduktor yaitu konduktifitas yang tinggi, kekuatan tarik mekanikal yang tinggi, titik berat yang tinggi, biaya yang rendah, dan tidak mudah rusak atau patah[20].

Baik Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) maupun Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) biasanya menggunakan ACSR yang diperkuat aluminium untuk penggerak. *Aluminium Conductor Steel Reinforced (ACSR)* cocok untuk digunakan dalam Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) di daerah dengan kadar belerang tinggi. Ini karena bagian luar kawat, yang memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, memiliki konduktifitas yang tinggi. Jenis-jenis konduktor adalah sebagai berikut[20]

1. *All Aluminium Conductor (AAC)* yang terbuat dari dua lapis aluminium yang dipilin sangat cocok untuk transmisi dan distribusi saluran udara.
2. *All Alloy Aluminium Conductor (AAAC)* merupakan konduktor distribusi dan transmisi yang terbuat dari paduan aluminium tiga lapis yang dipilin.
3. *All Alloy Aluminium Conductor-Sielded (AAAC-S)* merupakan konduktor bahan inti satu-aluminium yang terisolasi tipe XLPE yang cocok untuk saluran transmisi dan distribusi 20 kV.
4. *Aluminium Conductor Steel Reinforced (ACSR)* merupakan konduktor inti baja dengan lapisan aluminium yang digunakan dalam jaringan distribusi dan transmisi.

- 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. NA2XSEBY (Kabel Tanah ) yang bermanfaat bagi digardu induk dan pusat pembangkit, serta instalasi di dalam ruangan dan kabel di dalam tanah.



(a) All Aluminium Conductor (b) All Alloy Aluminium Conductor (c) Aluminium Conductor Steel Reinforced



(c) All Alloy Aluminium Conductor-Sielded (d) Kabel Tanah (NA2XSEBY)

Gambar 2.12 Jenis Konduktor di Sistem Saluran Tenaga[27].

### 2.2.6 Isolator

Isolator pada jaringan transmisi merupakan komponen yang mengisolasi bagian yang memiliki tegangan dengan bagian yang tidak memiliki tegangan, baik pada saat adanya gangguan maupun pada saat normal. Isolator pada saluran udara tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi(SUTT/SUTET) jika dilihat dari bahan material di bagi menjadi 2 jenis yaitu [28]:

#### 1. Ceramic Insulator

Isolator keramik ini ialah komponen yang mengisolir konduktor fasa dengan tower/ komponen ini juga sebagai penyekat dibagian yang memiliki tegangan dengan bagian yang tidak memiliki tegangan atau *ground* secara mekanik dan elektrik. Jenis keramik ini terbagi lagi menjadi *insulator* porselen dan *insulator* gelas/kaca

##### a. Insulator Porselen

*Insulator* porselen ini digunakan pada glausur yang biasa nya berwarna coklat tua atau lebih muda, tahan terhadap cuaca dan tidak gampang pecah.

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. *Insulator Kaca*

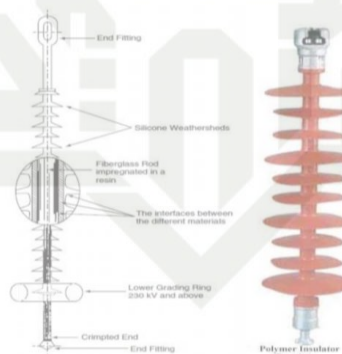
Insulator kaca ini memiliki warna hijau tua atau muda dan apabila mengalami kerusakan akan dengan mudah di deteksi, biasanya digunakan pada jenis *insulator* piring, bagian atas *insulator* ini tidak memiliki atau bebas dari lubang dan cacat termasuk adanya gelembung.



Gambar 2.13 Isolator Keramik[29]

2. *Non Ceramic Insulator*

*Insulator* non-keramik ini berbahan dasar polimer yang dilengkapi oleh *mechanical load-bearing fiberglass rod*, kemudian dilapisi oleh *weather shed polimer* agar nilai kekuatan eletrik yang tinggi didapatkan.



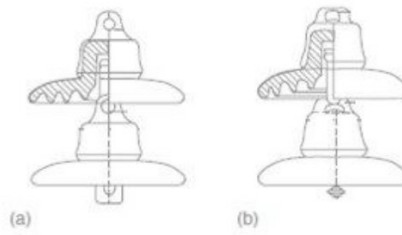
Gambar 2.14 Isolator Non-Keramik(Polimer)[28][29]

Kemudian jika dilihat menurut bentuk, isolator terbagi menjadi beberapa bagian yaitu[28]:

1. *Isolator piring*

*Isolator piring* ini biasanya digunakan sebagai isolator gantung dan penegang yang jumlah piringannya tergantung oleh tegangan system yang digunakan.

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



Gambar 2.15 (a) Isolator Piring (b) Isolator Tipe *Ball And Socket*[28]

2. Isolator tipe *post*

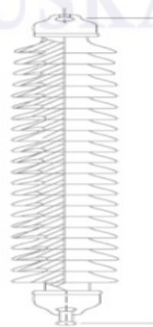
Isolator tipe *post* biasanya difungsikan sebagai pemegang dan tumpuan konduktor yang berada di atasnya yang dipasang secara vertikal, jenis isolator ini digunakan pada tower jenis *pole* atau pada tiang sudut yang difungsikan juga sebagai penahan konduktor yang dipasang secara horizontal.



Gambar 2.16 Isolator Tipe *Post*[28]

3. Isolator *long rod*

Isolator tipe *long rod* ini ialah isolator yang berbahan porselen atau komposit yang difungsikan sebagai beban tarik.

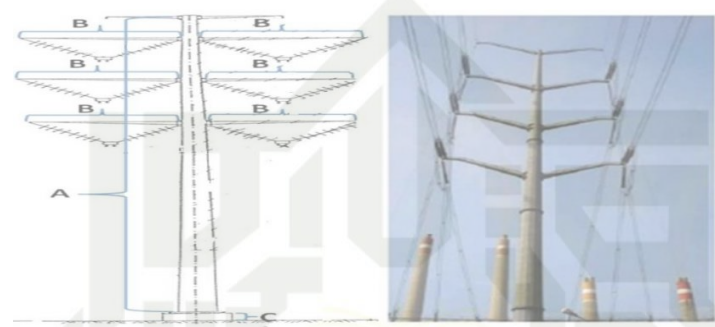


Gambar 2.17 Isolator *Long Rod*[28]

## 2.2.7 Jenis - Jenis Tiang Tower

### 1. Tiang Tipe Pole

Tower atau tiang jenis ini berbahan dasar baja dan beton yang terdiri atas beberapa bagian konstruksi yang pertama tiang yang berfungsi sebagai penaha palang serta isolator, kemudian palang serta pondasi yang berbahan bor dan beton, tower ini biasanya berada pada kawasan padat penduduk yang relatif sempit.

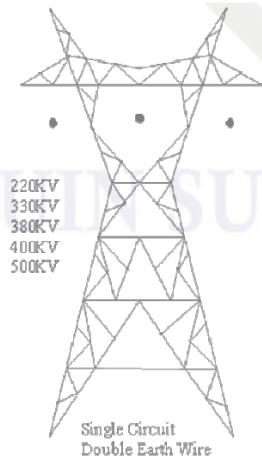


Gambar 2.18 Tiang / Tower Tipe Pole[28][29]

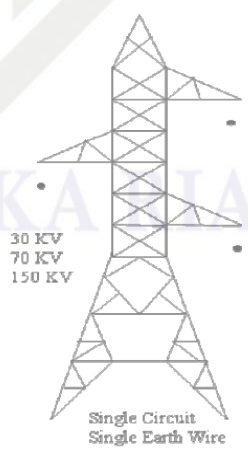
### 2. Tiang Tipe Lattice Tower (Kisi-Kisi)

Tiang tipe kisi-kisi ini berbahan dasar baja profil yang telah diperhitungkan kekuatannya, tipe ini terbagi lagi menjadi 3 kelompok yaitu:

- a. Delta Tower
- b. Zig-Zag Tower
- c. Piramida Tower



(a) Delta Tower

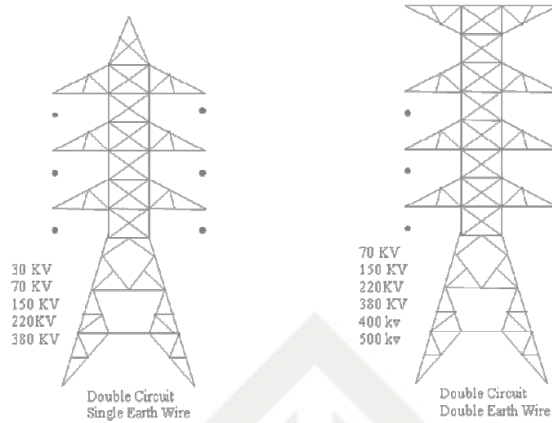


(b) Zig-Zag Tower

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



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



(c) Piramida Tower

Gambar 2.19 Jenis-Jenis Tower Kisi-Kisi[28]

### 2.2.8 Gangguan Pada Jaringan Transmisi

Kesalahan sistem tenaga dapat terjadi karena berbagai alasan. Sambaran petir pada saluran udara dan kesalahan teknis dapat menyebabkan kerusakan isolasi. Gangguan pada sistem daya dapat terjadi secara paralel, seri, atau gabungan keduanya. Gangguan paralel terjadi setiap kali ada aliran arus antara dua fase atau lebih, atau setiap kali ada aliran arus antara fase dan arde. Gangguan seri terjadi ketika impedansi ketiga fase tidak identik, yang sering kali disebabkan oleh cacat pada satu atau dua fase. Jaringan transmisi adalah tempat sebagian besar masalah sistem tenaga listrik terjadi, terutama di saluran udara. Sebagai bagian dari sistem, transmisi mengangkut energi vital dari pembangkit listrik ke pusat beban. Karena kondisi atmosfernya, jalur transmisi memiliki tingkat kesalahan tertinggi. Level tegangan, kondisi teknis, dan kondisi cuaca berkontribusi pada berbagai statistik gangguan yang diketahui. Sangat jelas bahwa sekitar 75% kesalahan sistem tenaga terjadi di jaringan transmisi, menunjukkan betapa pentingnya analisis kesalahan untuk jaringan transmisi.[6].

Berdasarkan waktu terjadi gangguan, gangguan tersebut dapat dibagi menjadi 2 yaitu gangguan sementara atau temporer yang memiliki sifat akan normal kembali dengan sendirinya saat pengaman berfungsi atau trip dan apabila dibiarkan akan merusak komponen dan akan bias berubah menjadi gangguan permanen, sementara itu gangguan kedua ialah gangguan permanen yang mana pada saat gangguan pengaman tetap trip, gangguan ini akan dapat diatasi jika penyebab gangguan telah diatasi yang mana gangguan permanen biasanya diakibatkan oleh kerusakan pada sistem atau komponen saluran.

#### 2.2.8.1 Gangguan Hubung Singkat

Arus besar yang disebut hubung singkat mengalir melalui rangkaian saat terjadi *short circuit*. Dalam situasi di mana generator fasa tunggal tegangan  $V$  dan impedansi internal  $Z_i$

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

Hubungkan ke beban z, arus dalam rangkaian dibatasi oleh impedansi beban z. Namun, dalam situasi di mana terminal beban mengalami *korsleting* karena alasan apa pun, impedansi rangkaian akan dikurangi ke nilai yang sangat rendah. Dalam kasus ini, arus besar mengalir melalui rangkaian karena Zi sangat kecil. Proses ini dikenal sebagai arus hubung singkat. Beberapa jenis situasi abnormal yang terjadi pada sistem dapat menyebabkan korsleting sistem. Ini dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal.[30]:

- a. Efek internal berasal dari kerusakan peralatan atau jalur transmisi, serta kerusakan insulasi pada generator dan trafo akibat penuaan, desain, atau pemasangan yang salah.
- b. Efek eksternal berasal dari lonjakan petir dan kegagalan isolasi, yang menyebabkan peralatan terlalu panas dan kerusakan mekanis.



Gambar 2.20 Short Circuit[30].

$$I_f = \frac{V_f}{Z} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- If : Arus gangguan (Amper)
- Vf : Tegangan (Volt)
- Z: Gangguan

Sebagai akibat dari dampak korsleting, arus dalam sistem akan bertambah ke tingkat yang tidak normal, sementara tegangan dalam sistem akan menurun ke tingkat yang rendah. Ketika terjadi gangguan, dua atau lebih konduktor, yang biasanya berfungsi dengan perbedaan potensial, akan bersentuhan satu sama lain. Jenis masalah yang paling umum pada sistem tenaga tiga fase terbagi menjadi dua kelompok[30]:

- a. Gangguan simetris  
 Gangguan simetris adalah ketahanan yang menghasilkan arus gangguan yang sama dengan perpindahan 120°. Salah satu contoh yang paling sering terjadi adalah ketika ketiga konduktor saluran tiga fasa disatukan secara bersamaan ke dalam kondisi hubung singkat.

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

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

b. Gangguan tidak simetris

Gangguan tidak simetris adalah gangguan yang menyebabkan arus tidak simetris (arus garis tidak sama dengan perpindahan arus). Jenis gangguan ini termasuk gangguan jalur-ke-tanah tunggal, gangguan jalur-ke-jalur, dan gangguan jalur-ke-tanah ganda. *Korsleting* dari satu saluran ke tanah adalah jenis gangguan yang paling umum terjadi pada sistem tenaga.

Perhitungan arus hubung singkat membutuhkan data impedansi jaringan dan besar impedansi sumber menuju titik gangguan. Persamaan 2.2 dapat digunakan untuk mengukur impedansi jaringan[31]:

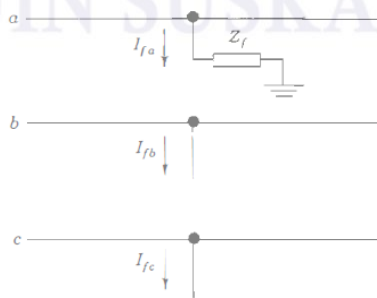
$$Z = R + jX \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- Z : Impedansi (ohm)
- X : Reaktansi (ohm)
- R : Resistansi (ohm)

**2.2.8.2 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah**

Gangguan saluran ke tanah adalah masalah umum yang tidak berdampak signifikan pada sistem. Hingga jumlahnya agak lebih besar dari arus gangguan tiga fasa, arus pada fasa gangguan sering kali sangat mendekati nol. Mekanisme sistem pembumian dan impedansi saluran pengembalian arus gangguan ke tanah adalah yang menentukan jumlah arus gangguan saluran ke tanah[32]



Gambar 2.21 Phase To Earth Fault[32].

$$I_{fa} = I_f, I_{fb} = I_{fc} = 0 \dots\dots\dots (2.4)$$

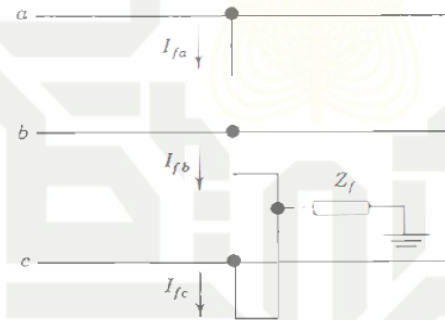
$$I_f = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_F} \dots\dots\dots (2.5)$$

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

Dimana:  
 $I_{fa}$  : Arus pada fasa A (Amper)  
 $I_{fb}$  : Arus pada fasa B (Amper)  
 $I_{fc}$  : Arus pada fasa C (Amper)  
 $V_f$  : Tegangan (Volt)  
 $Z_1$  : Impedansi urutan positif (Ohm)  
 $Z_2$  : Impedansi urutan negative (Ohm)  
 $Z_0$  : Impedansi urutan nol (Ohm)

### 2.2.8.3 Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa Ke Tanah

*line-to-line-to-ground fault* (gangguan 2 fasa ke tanah) merupakan *fault* atau gangguan yang tidak seimbang. Besarnya arus gangguan 2 fasa ke tanah biasanya lebih besar daripada gangguan fasa-fasa, tetapi lebih kecil dari pada gangguan 3 fasa[32]



Gambar 2.22 Line-To-Line-To-Ground Fault[32].

$$I_{fa} = 0, I_{fb} + I_{fc} \dots\dots\dots (2.6)$$

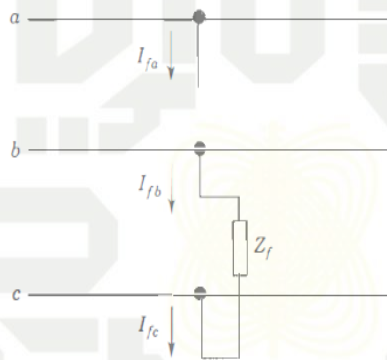
$$I_f = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2(Z_0 + 3Z_f)/(Z_2 + Z_0 + 3Z_f)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :  
 $I_{fa}$  : Arus pada fasa A (Amper)  
 $I_{fb}$  : Arus pada fasa B (Amper)  
 $I_{fc}$  : Arus pada fasa C (Amper)  
 $V_f$  : Tegangan (Volt)  
 $Z_1$  : Impedansi urutan positif (Ohm)  
 $Z_2$  : Impedansi urutan negatif (Ohm)  
 $Z_0$  : Impedansi urutan nol (Ohm)

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

**2.2.84 Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa**

Arus gangguan yang disebabkan oleh gangguan fasa-ke-fasa adalah sekitar 87% dari arus yang disebabkan oleh gangguan pada sistem tiga fasa. Gangguan ini tidak simetris dalam tiga fase, dan arus pada gangguan ini jarang dihitung untuk peringkat peralatan karena tidak memberikan besaran arus gangguan maksimum. Ini karena gangguan ini tidak memberikan besaran arus gangguan maksimum. Ketika impedansi  $Z1 = Z2$ , arus Fasa-ke-fasa dapat ditentukan dengan mengalikan nilai ketiga fasa dengan 0.866. Metode perhitungan untuk komponen simetris yang secara khusus dikhususkan tidak diperlukan untuk kriteria ini.



Gambar 2.23 Phase-To-Phase Fault[32].

$$I_{fa} = 0, I_{fb} = -I_{fc} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$I_f = \frac{V_f}{Z1+Z2+Z_f} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

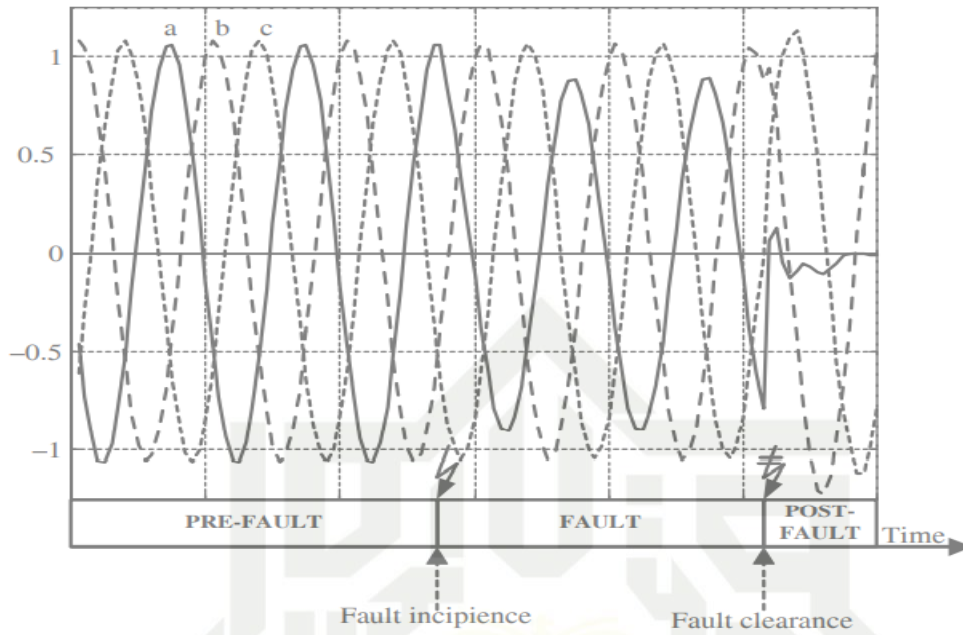
- I<sub>fa</sub> : Arus pada fasa A (Amper)
- I<sub>fb</sub> : Arus pada fasa B (Amper)
- I<sub>fc</sub> : Arus pada fasa C (Amper)
- V<sub>f</sub> : Tegangan (Volt)
- Z<sub>1</sub> : Impedansi urutan positif (Ohm)
- Z<sub>2</sub> : Impedansi urutan Negatif (Ohm)
- Z<sub>f</sub> : Impedansi gangguan (Ohm)

**2.2.85 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa**

Gangguan tiga fase adalah keadaan di mana tiga konduktor dihubungkan secara fisik dengan impedansi nol, tepatnya seolah-olah konduktor disatukan. Ini sama saja dengan mengatakan bahwa konduktor-konduktor tersebut disatukan. Untuk sistem yang seimbang



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



Gambar 2.25 Spesifikasi interval waktu menurut posisi [6]

Sebagian besar, besaran gangguan (tegangan dan arus) digunakan untuk lokasi gangguan. Namun, ada juga banyak pendekatan lokasi gangguan, di mana jumlah pra-gangguan tambahan dimasukkan sebagai sinyal input pencari gangguan. Namun, kadang-kadang, penggunaan pengukuran pra-gangguan diperlakukan sebagai kelemahan dari metode lokasi gangguan. Hal ini terjadi, karena dalam beberapa kasus besaran pra-gangguan tidak dapat dicatat atau tidak ada, seperti misalnya dalam kasus arus selama beberapa interval dari proses penutupan otomatis. Juga, besaran pra-gangguan tidak dapat berbentuk sinusoidal murni, karena munculnya gejala patahan sesaat sebelum terjadinya. dalam beberapa solusi perangkat keras, pengukuran arus pra-gangguan (beban) dicapai dengan akurasi yang lebih rendah daripada arus gangguan yang jauh lebih tinggi. Oleh karena itu, jika memungkinkan, biasanya penggunaan pengukuran pra-gangguan dihindari. Dan penggunaan pencari gangguan biasanya menggunakan sinyal ketika terjadinya gangguan atau setelah pra-gangguan terjadi[6].

## 2.2.10 MATLAB-Simulink R2014a

MATLAB dan Simulink memungkinkan pengguna menganalisis sistem statis kompleks yang akan dimodelkan dengan visualisasi numerik dan komputasi. Selain itu, Simulink memungkinkan simulasi sistem dinamis dan model pengontrol dengan diagram blok. Beberapa simulator seperti MATLAB (Simulink dan pengkodean) sangat penting

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

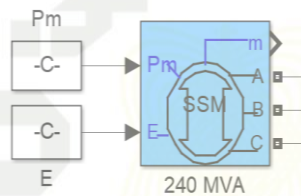
Untuk mengembangkan dan menguji berbagai sirkuit dan pengontrol untuk rekayasa daya, yang mencakup semua cabang di bidang teknik tenaga, untuk memudahkan implementasi berbagai jenis struktur daya dan struktur kontrol dalam aplikasi rekayasa daya.[33].

### 2.2.10.1 Simbol Komponen

Gambar berikut menunjukkan tampilan program MATLAB-Simulink R2014a. MATLAB memiliki simbol untuk komponen sistem tenaga listrik[34]:

#### 1. Simplified Synchronous Machine

Mengimplementasikan mesin sinkron 3 fasa yang disederhanakan. Mesin dimodelkan sebagai tegangan internal di belakang impedansi RL. Gulungan stator dihubungkan secara wye ke titik netral internal.



Gambar 2.26 . Simplified Synchronous Machine [34].

#### 2. Three-Phase Transformer (Two Windings)

Blok ini mengimplementasikan trafo tiga fasa dengan menggunakan tiga trafo satu fasa.



Gambar 2.27 Three-Phase Transformer (Two Windings)[34].

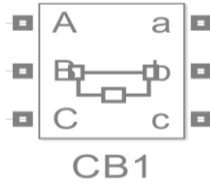
#### 3. Three-Phase Breaker

Blok Pemutus Tiga Fasa menggunakan pemutus sirkuit tiga fasa. Waktu buka dan tutup dapat diatur oleh timer kontrol internal atau sinyal Simulink eksternal (mode kontrol eksternal).Blok Breaker Tiga Fasa terdiri dari tiga blok pemecah yang dihubungkan antara input dan output blok. Blok ini dapat digunakan secara seri dengan elemen yang dialihkan tiga fasa.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 2.28 *Three-Phase Breaker*[34].

4. *Distributed Parameter Line*

Merupakan komponen yang berfungsi sebagai inputan untuk dimana lokasi gangguan yang akan diberikan saat proses simulasi dijalankan dalam Simulink-matlab.



Gambar 2.29 *Distributed Parameter Line*[34].

5. *Three-Phase Series RLC Load*

Merupakan komponen yang berfungsi sebagai inputan untuk parameter beban dalam proses simulasi pada Simulink-matlab.



Gambar 2.30 *Three-Phase Series RLC Load*[34].

6. *Three Phase Fault*

Menerapkan kesalahan (hubung singkat) antara fasa apa pun dan tanah. Ketika mode waktu *switching* eksternal dipilih, sinyal logis Simulink digunakan untuk mengontrol operasi kesalahan.



Gambar 2.31 *Three Phase Fault* [34]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

7. *Three Phase Measurement*

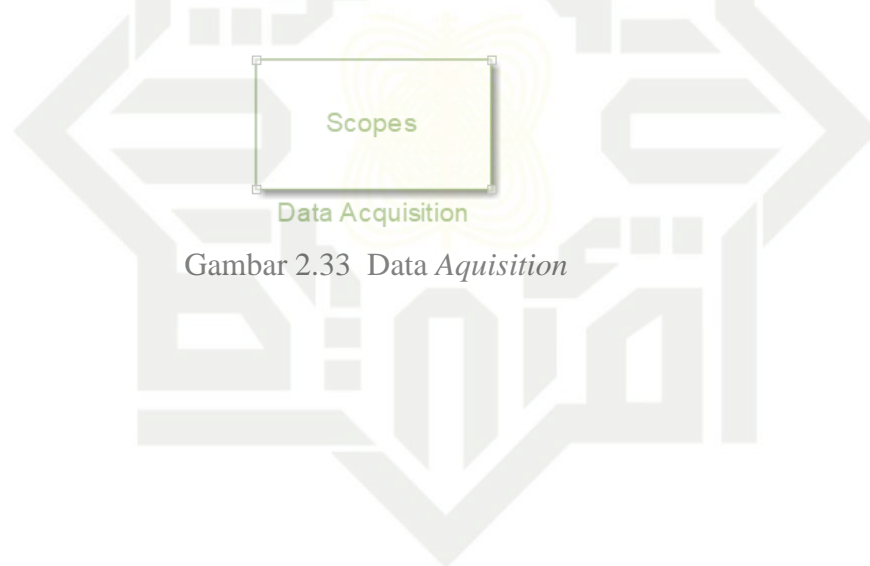
Sebagai Pengukuran tegangan dan arus tiga fasa yang ideal. Blok dapat menampilkan tegangan dan arus dalam nilai per satuan atau dalam volt dan ampere.



Gambar 2.32 *Three Phase Measurement*[34]

8. *Data Acquisition*

Pada gambar 2.33 terlihat data *acquisition* yang berfungsi sebagai output grafik simulasi yang telah dijalankan pada penelitian.



Gambar 2.33 *Data Acquisition*



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

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif yang merupakan suatu metode yang berspesifikasi sistematis, terencana serta terstruktur dengan tepat dan jelas. Sedangkan pendekatan deskriptif ialah metode penelitian yang mendeskripsikan serta memberikan gambaran terhadap objek penelitian menggunakan data atau sampel yang telah dikumpulkan.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Adapun objek Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (PERSERO) P3B Sumatera Gardu Induk Garuda Sakti yang beralamat di Jl. Riau, Air Hitam Kec. Payung Sekaki, Pekanbaru Riau. alasan pemilihan lokasi dikarenakan pada lokasi penelitian yaitu pada GI Garuda Sakti belum ada penentuan lokasi gangguan saat terjadi gangguan sehingga diperlukan penelitian untuk mengatasi permasalahan tersebut, kemudian dari data yang diperoleh ada 3 kali gangguan yang terjadi di GI Garuda Sakti kearah GI Pasir putih.

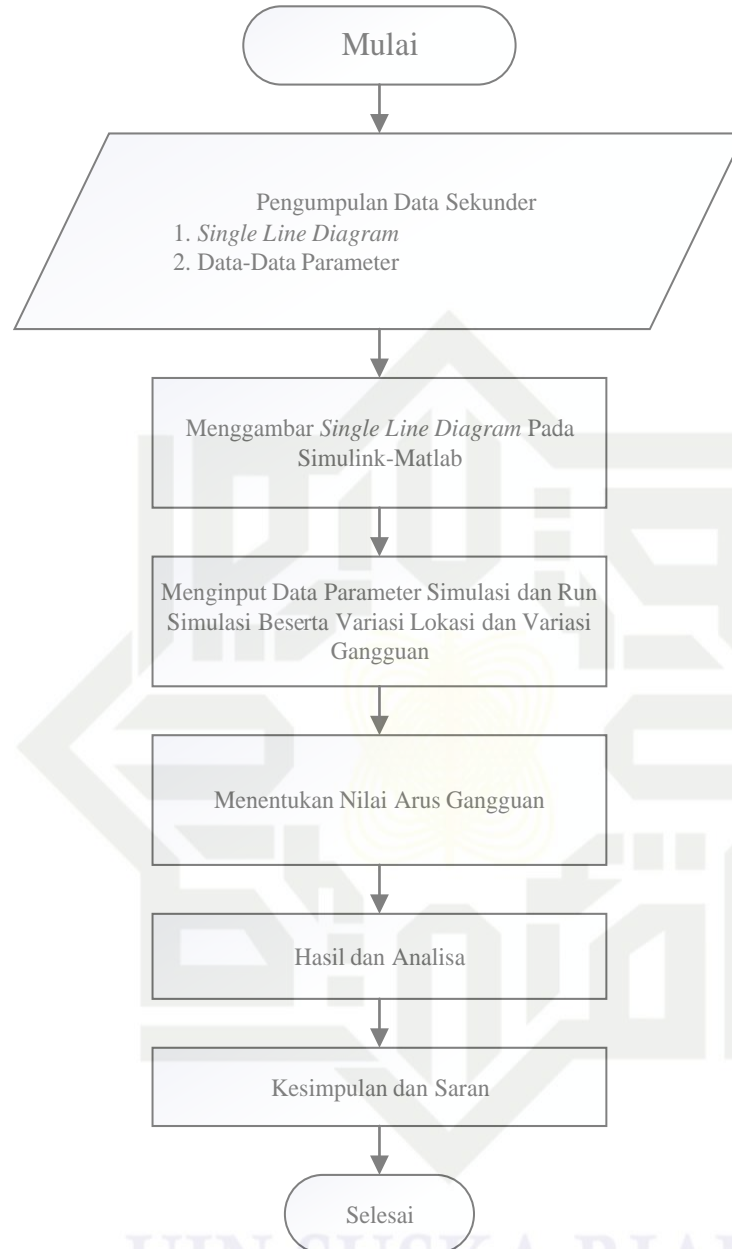
### 3.3 Tahapan Penelitian

Ada beberapa tahapan penelitian yang dilakukan digambarkan pada diagram alur penelitian yang dapat dilihat dibawah ini:

UIN SUSKA RIAU

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian



**4.4 Data Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder milik PT.PLN (PERSERO) Unit Penyaluran Transmisi (UPT) Pekanbaru Gardu Induk Garuda Sakti. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian:

*Single Line Diagram*

*Single line diagram* yang digunakan dalam simulasi ialah single line diagram UPT Pekanbaru yang terhubung dari GI Garuda Sakti ke GI Pasir Putih , GI Balai Pungut, GI Duri, GI Dumai, GI KID, GI Koto Panjang, GI Bagan Batu, GI Kota Pinang, GI Teluk Lembu, GI bangkinang, GI Pasir Pangaraian, GI Pangkalan Kerinci, GI Tenayan, GI Rengat, GI Taluk Kuantan dan GI Perawang.



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



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

Data Parameter

Adapun data parameter yang di input kedalam proses simulasi yaitu:

Tabel 3.1 Data parameter

No	Data Spesifikasi
1.	Panjang Saluran 31.30 km
2.	SUTT 150 kV
3.	Transformator GI Garuda Sakti 240 MVA
4.	Transformator GI Pasir Putih 150 MVA
5.	Beban GI Garuda Sakti 150 MW
6.	Beban GI Pasir Putih 50 MW
6.	Kapasitor 50 MVar
7.	Frekuensi 50 Hz

3.5 Alur Simulasi Matlab-Simulink R2014a



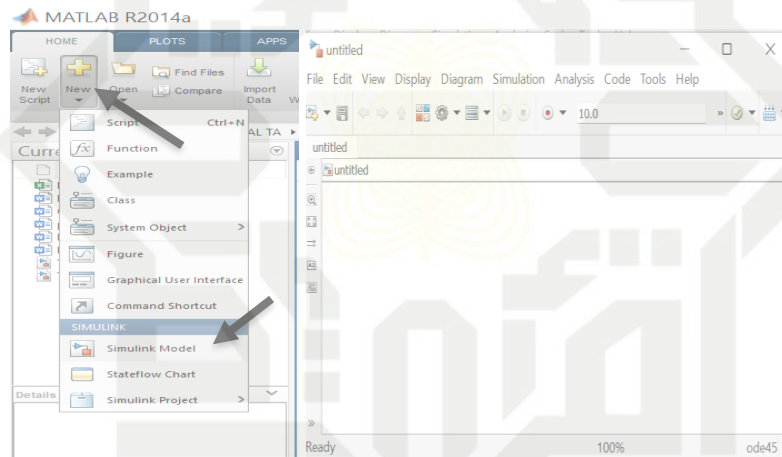
Gambar 3.3 Alur Simulasi

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

- a. Langkah awal ialah menggambarkan *single line diagram* GI Garuda Sakti-Pasir Putih pada Matlab-simulink.
- b. Selanjutnya menginputkan parameter –parameter pada *single line diagram* pada Matlab-simulink.
- c. Simulasi variasi gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, fasa ke fasa dan tiga fasa serta variasi jarak gangguan pada *single line diagram* di Matlab-simulink.
- d. *Output* simulasi akan menghasilkan arus gangguan.
- e. Tabel arus gangguan.

### 3.6 Menggambar Single Line Diagram

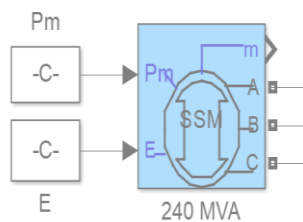
1. Membuka lembar project untuk pemodelan *single line diagram*



Gambar 3.4 Lembar Project Simulink-Matlab

Untuk melakukan langkah awal dalam simulasi ialah membuat pemodelan *single line diagram* pada lembar *project simulink-matlab* untuk selanjut menginputkan masing-masing komponen yang dibutuhkan dalam simulasi yang akan dilakukan.

2. Input *Simplified Synchronus Machine*



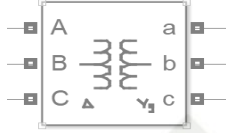
Gambar 3.5 *Simplified Synchronus Machine*



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.

Setelah membuka lembar project, menginputkan *simplified synchronus machine* yang berguna untuk sumber atau pengganti

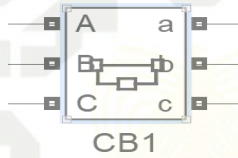
3. Input *Three-Phase Transformer*



Gambar 3.6 *Three-Phase Transformer*

Selanjutnya ialah menginputkan komponen *three-phase transformer*, transformer pada penelitian ini ialah trafo tiga fasa *two windings*.

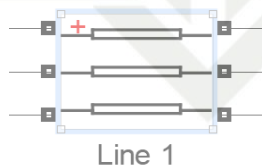
4. Input *Three-Phase Breaker*



Gambar 3.7 *Three-Phase Breaker*

Selanjutnya menginputkan komponen *three-phase breaker* atau *circuit breaker* pada lembar *project*, pada penelitian ini menggunakan 2 *circuit breaker* pada masing-masing gardu induk.

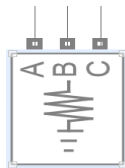
5. Input *Distributed Parameter Line*



Gambar 3.8 *Distributed Parameter Line*

Komponen selanjutnya yang diinput kedalam lembar *project* ialah *Distributed Parameter Line* yang berfungsi sebagai parameter untuk menginputkan jarak atau lokasi saat kita memberikan gangguan ketika simulasi berlangsung.

6. *Three-Phase Load*

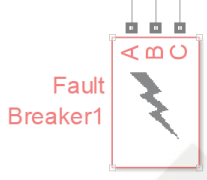


Gambar 3.9 *Three-Phase Load*

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.

Komponen berikut yang diinputkan ialah *Three-Phase Load* atau komponen untuk parameter beban yang digunakan dalam penelitian ini.

**3.6 Three-Phase Fault**



Gambar 3.10 *Three-Phase Fault*

Selanjutnya komponen yang digunakan ialah *Three-Phase Fault* yang berfungsi sebagai parameter untuk menginputkan jenis atau variasi gangguan apa yang diberikan ketika simulasi dilakukan.

**8. Three-Phase Measurement**



Gambar 3.11 *Three-Phase Measurement*

Komponen berikutnya yang diinput kedalam lembar *project* ialah *Three-Phase Measurement* yang berfungsi sebagai bus pada *Simulink-matlab*. Setelah semua komponen telah diinput kedalam lembar *project* langkah selanjutnya ialah menghubungkan setiap komponen sehingga menjadi sebuah *single line diagram*

**9. Data Acquisition**



Gambar 3.12 *Data Acquisition*

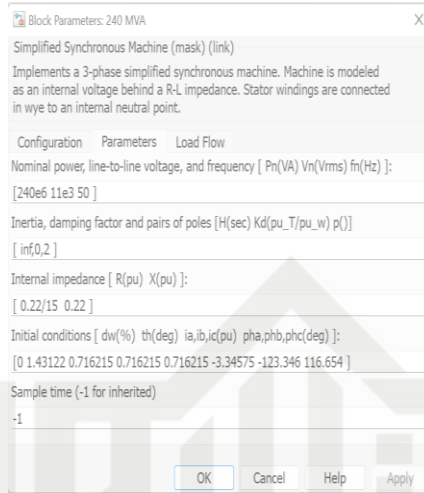
Komponen selanjutnya pada gambar 3.12 ialah sebagai keluaran atau output data berupa grafik arus gangguan yang telah disimulasikan.

**3.7 Input Data Parameter Single Line Diagram**

Langkah Berikut ialah proses penginputan data parameter yang digunakan dalam proses simulasi lokasi dan jenis gangguan pada *Simulink-matlab*.

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

Input data pada *Simplified Synchronous Machine*



Gambar 3.13 Input Data *Simplified Synchronous Machine*

Pada gambar 3.13 ialah proses pertama data yang diinputkan kedalam parameter Simulink-matlab yaitu data parameter *Simplified Synchronous Machine* sebesar 240 MVA.

2. Input Data pada *Three-Phase Transformer*



Gambar 3.14 *Three-Phase Transformer*

Selanjutnya pada gambar 3.14 ialah menginputkan data *three phase transformer* berdasarkan data GI Garuda Sakti. Data trafo yang diinputkan kedalam parameter Simulink matlab yaitu sebesar 240 Mva untuk GI Garuda Sakti dan 150 Mva untuk GI Pasir Putih.

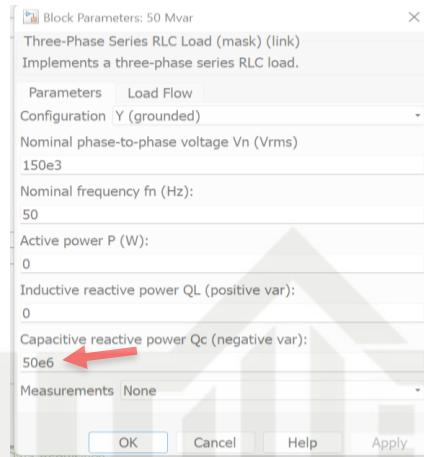
Input Data *Capacitor*

Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

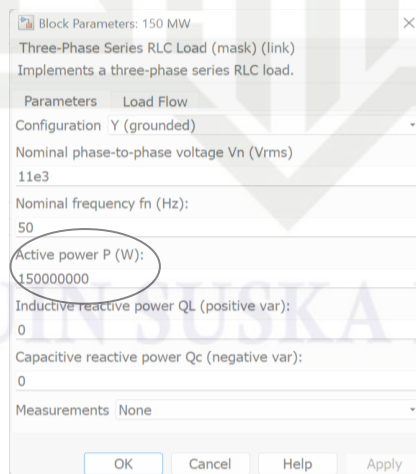
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Gambar 3.15 Capacitor

Pada tahap selanjutnya yaitu menginputkan data *capacitor* berdasarkan data *single line diagram* GI Garuda Sakti sebesar 25 MVar sebanyak 2 buah dengan total 50 MVar pada Simulink-matlab.

4. Input Data Beban



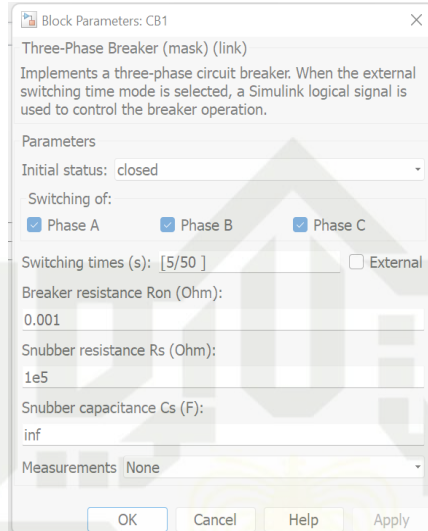
Gambar 3.16 *Three-Phase Load*

Tahapan input selanjutnya terlihat pada gambar 3.16 yaitu proses menginputkan data beban pada parameter Simulink-matlab dengan besaran beban yaitu 150 MW pada GI Garuda Sakti dan 50 MW untuk besaran beban pada GI Pasir Putih.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

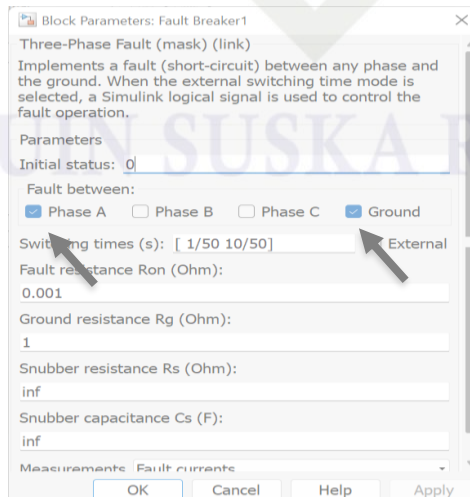
Input Parameter *Circuit Breaker*



Gambar 3.17 *Circuit Breaker*

Pada proses penginputan selanjutnya ialah menginput data parameter pada *circuit breker* yang mana pada parameter ini terdapat input sata *switching times* pada *circuit breaker* yaitu 5/50 dan *initial status* yaitu *closed*.

6. Input Parameter *Fault Breaker*

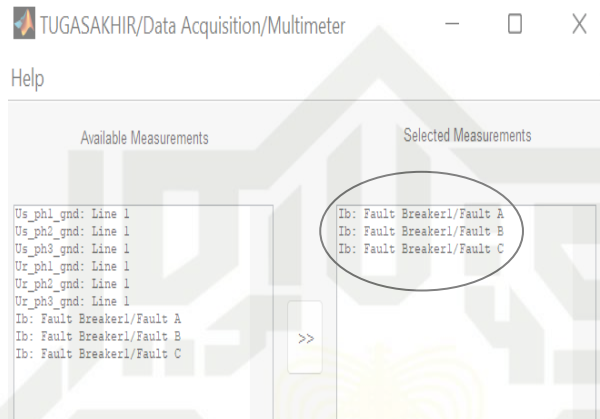


Gambar 3.18 *Fault Breaker*

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

Proses selanjutnya terlihat pada gambar 3.18 yaitu proses penginputan data berupa gangguan apa saja yang akan diinput ke dalam parameter ketika proses simulasi dijalankan. Contoh pada gambar yaitu gangguan satu fasa ketanah.

### 7. Input Parameter Pengukuran

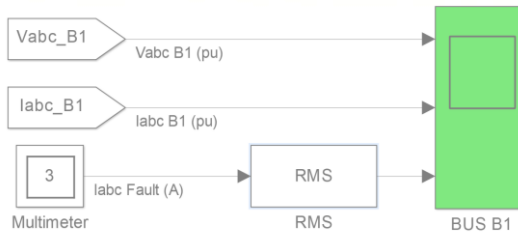


Gambar 3.19 Input Pengukuran

Tahapan selanjutnya ialah menginputkan pengukuran apa saja yang akan dilakukan dalam proses simulasi yang akan mengukur arus apa saja yang nantinya akan menghasilkan nilai arus yang keluar pada data *workspace matlab*, terlihat pada gambar 3.19 pengukuran yang diinputkan ialah pengukuran arus *ib : Fault breaker/Fault A*, *ib : Fault Breaker B*, dan *ib : Fault Breaker/ Fault C*

### 7. Input Parameter Root Mean Square(RMS)

Pada data *acquisition* peneliti menginputkan parameter RMS yang berfungsi untuk menentukan nilai rata-rata atau nilai puncak arus gangguan yang terjadi. Dapat dilihat pada gambar 3.20 berikut:



Gambar 3.20 Parameter RMS

### 3.8 Menentukan Nilai Arus Gangguan

Proses selanjutnya setelah pemodelan *single line diagram* pada lembaran *project* dan proses penginputan masing-masing parameter selesai, langkah yang dilakukan ialah proses simulasi berdasarkan lokasi gangguan dan jenis gangguan yang divariasikan. yang kemudian hasil dari proses simulasi akan disajikan dalam bentuk tabel nilai arus gangguan yang dapat dilihat pada tabel-tabel yang akan disajikan pada hasil dan pembahasan

Dalam penentuan nilai arus gangguan yang telah disimulasikan peneliti mengacu pada tabel 2.1 yaitu pengambilan data arus yang berada di *cycle* ke 3 atau di detik 0.06. Pada tahap simulasi yang dilakukan gangguan yang disimulasikan pada Simulink-matlab bervariasi yaitu gangguan satu fasa ketanah (L-G), fasa ke fasa (L-L), 2 fasa ketanah (F-F-G) dan 3 fasa (L-L-L). serta jarak yang disimulasikan pada simulasi yaitu 31km yang divariasikan dalam beberapa lokasi yaitu 50m, 100m, 150m, 200m, 250m, 300m, 350m, 400m, 450m, 500m, 550m, 600m, 650m, 700m, 750m, 800m, 850m, 900m, 1000m, 2000m, 3000m, 4000m, 5000m, 6000m, 7000m, 8000m, 9000m, 10000m, 12000m, 14000m, 16000m, 18000m, 20000m, 22000m, 24000m, 26000m, 28000m, 30000m.

### 3.9 Hasil dan Analisa

Hasil dari simulasi yang dilakukan ialah berupa data atau nilai arus gangguan yang selanjutnya menganalisa tabel nilai arus gangguan berdasarkan jenis gangguan serta lokasi gangguan yang telah disimulasikan.

### 3.10 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan ialah deskripsi dari seluruh hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Saran ialah suatu usulan atau masukan yang bersifat membangun untuk dijadikan dasar pengembangan penelitian selanjutnya.

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



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:  
 Dari hasil simulasi variasi lokasi gangguan dan jenis gangguan pada Simulink-matlab dapat disimpulkan pada gangguan satu fasa ketanah menghasilkan arus gangguan dengan nilai arus yang paling tinggi sebesar 283.797 A dilokasi 50 meter dan yang terendah sebesar 233.835 A dilokasi 30000 m, sedangkan pada simulasi dengan gangguan 2 fasa menghasilkan arus gangguan pada fasa A dan fasa B dengan nilai arus yang paling tinggi yaitu 2914.385 A yang berlokasi di 50 meter dan nilai arus yang terendah yaitu 1779.361 A dilokasi gangguan 30000 m, kemudian pada gangguan 2 fasa ketanah menghasilkan nilai arus yang paling tinggi yaitu sebesar 1458.802 A yang berlokasi di 50 meter dan arus yang terendah yaitu 889.759 A dilokasi gangguan 30000 m, dan kemudian pada gangguan 3 fasa menghasilkan arus yang paling tinggi yaitu sebesar 3884.310 A yang berlokasi di 50 meter dan nilai arus gangguan yang terendah berada pada lokasi 30000 meter dengan nilai sebesar 2422.788 A. Kemudian arus gangguan yang terjadi dipengaruhi oleh jarak lokasi gangguan, semakin jauh jarak lokasi gangguan dari sumber maka arus yang terjadi semakin rendah begitu juga sebaliknya.

### 5.2 Saran

Diharapkan pada penelitian berikutnya menjadi acuan untuk pembuatan alat *fault locator*.

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



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] and B. P. Nurdin, Andrie D, “Sistem Proteksi Dari Pembangkit Sampai Konsumen,” *Jurnal Teknik*, vol. 3, no. 1, pp. 80–90, 2014
- [2] J. Landang, S. Silimang, and M. Tuegeh, “Optimasi Penempatan Kapasitor Pada Jaringan Transmisi Teling-Tomohon Menggunakan Kecerdasan Buatan,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 8–16, 2015, doi: 10.35793/jtek.4.2.2015.6815.
- [3] F. Hadyan, “Analisis Koordinasi Relai Diferensial dan Relai Ocr-Gfr pada Trafo 7 di Gardu Induk Cigereleng,” Bandung, 2015.
- [4] Dasman, “Studi Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah Pada Sutt 150 Kv ( Aplikasi Gi Pip – Pauh Limo ),” *Jte - Itp Issn*, vol. Volume 5, no. 2, pp. 113–119, 2016.
- [5] S. S. Tofan Aryanto, Sutarno, “Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Di Gardu Induk 150 KV Jepara,” *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, vol. 5, no. 2, 2013, doi: 10.15294/jte.v5i2.3565.
- [6] M. M. Saha, J. Izykowski, and E. Rosolowski, *Fault Location on Power Networks*, vol. 48, no. January 2010. London: Springer, 2010. doi: 10.1007/978-1-84882-886-5.
- [7] C. Ji, “*Impedance-Based Fault Location Methods For Transmission Line Connecting Wind Farm Plants*,” Clemson University, 2012. [Online]. Available: [https://tigerprints.clemson.edu/all\\_theses](https://tigerprints.clemson.edu/all_theses)
- [8] D. Nur, *Memaksimalkan Fungsi Sistem Proteksi untuk Menjaga Keandalan Aset Transmisi*. Malang: PLN UPT Malang, 2019.
- [9] “PT. PLN UPT Pekanbaru GI Garuda Sakti,” 2020.
- [10] R. Syahputra, “Estimasi Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran Transmisi Tenaga Listrik,” *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 17, no. 2, pp. 106–115, 2014.
- [11] N. Hasanah, A. B. Muljono, and I. M. B. Suksmadana, “Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Transmisi 150 Kv Berbasis Transformasi Wavelet,” *Dielektrika*, vol. 5, no. 1, pp. 42–47, 2018.
- [12] M. D. Fikri, “Estimasi Lokasi Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Transmisi 150 kV Menggunakan Transformasi Wavelet,” 2018.
- [13] H. A. dan F. Sibarani, “Sistem Penentuan Lokasi Gangguan Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Gi Garuda Sakti Penyulang Panam Dengan Metode Impedansi,” *FTEKNIK*, vol. 6, pp. 1–9, 2019.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- [14] © Y. S. Agus and E. Ervianto, "Menentukan Lokasi Gangguan Dengan Metode Simple Reactance dan Takagi Pada Saluran Distribusi Bangko PT . Chevron Pacific Indonesia Menggunakan Software ETAP 12 . 6 . 0," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, pp. 1–7, 2016.
- [15] Supari. Muslim, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [16] A. N. Afandi, *Sistem Tenaga Listrik Operasi Sistem & Pengendalian*. Malang, 2005.
- [17] T. S. Hutahuruk, *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1993.
- [18] Syufrijal and M. Readysal, *Jaringan distribusi tenaga listrik*, vol. 1. Kementrian Pendidikan Dasar Menengah, 2014.
- [19] A. Kadir, *Transmisi Tenaga Listrik*, Edisi Revi. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press), 2011.
- [20] Aslimeri. Dkk, *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 2*, vol. 53, no. 9. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [21] Dkk. Aslimeri, *Teknik Transmisi Tegangan listrik jilid 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [22] M. El-Hawary, *Electrical Power System*. New York: Reston Publishing Company, 1983.
- [23] U.A. Bakshi, *Protection and Switchgear*. Technical Publications, 2006.
- [24] R. Majumder, D. Agasti, S. Dolui, and S. Biswas, "Micro-controller Based Over Current Relay Using Hall Effect Current Sensor," *2018 Emerging Trends in Electronic Devices and Computational Techniques (EDCT)*, pp. 1–4, 2018.
- [25] N. Nasrul, "Setting Relai Gangguan Tanah (GFR) Outgoing GH Tanjung Pati Feeder Taram PT. PLN (Persero) Rayon Lima Puluh Kota," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 6, no. 2, pp. 180–188, 2017, doi: 10.21063/jte.2017.3133624.
- [26] R. Hasibuan, Abdurrozzaq Yusmartato, "Penentuan Nilai Arus Pemutusan Pemutus Tenaga Sisi 20 KV pada Gardu Induk 30 MVA Pangururan," *Journal of Electrical Technology*, vol. 1099, no. 3, pp. 53–58, 2018.
- [27] PT. Sutrakabel Intimandiri, "Sutrado Kabel Product Catalogue," 2015.
- [28] PT.PLN(Persero), "Pedoman Saluran Udara Tegangan Tinggi Dan Ekstra Tinggi."
- [29] P. Setiawan, "Analisis Pemasangan Arcing Horn Pada Saluran Transmisi 150 kV Di Gardu Induk Bekasi - Harapan Indah," Jakarta, 2020.



- 30] © V. K. Mehta, Rohit , Mehta, *Pricples of Power System, Third*. India: Chand (S.) & Co Ltd, 2005.
- 31] A. Bhatia, “*Electrical Fundamentals - Reactance and Impedance,*” vol. 239, 2012.
- 32] W. D. , J. Stevenson, “*Power System Analysis,*” New York , 1994.
- 33] A. Baloi, *MATLAB - Professional Applications in Power System*. United Kingdom: IntechOpen, 2018. doi: 10.5772/intechopen.68720.
- 34] “Matlab R2014a.” Mattworks.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU

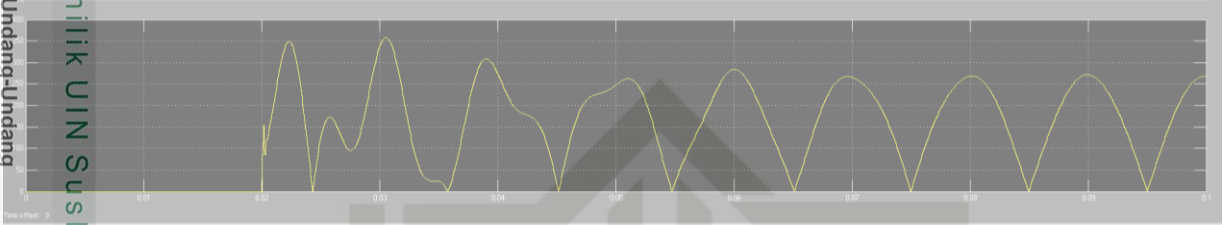
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



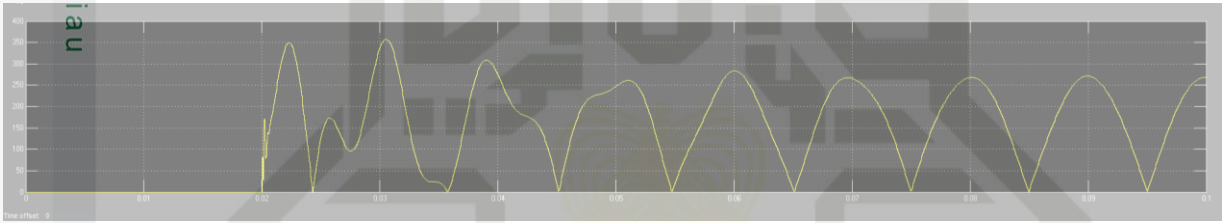
## LAMPIRAN

### A. Grafik Output Simulasi Simulink-Matlab Tipe Gangguan Satu Fasa Ketanah

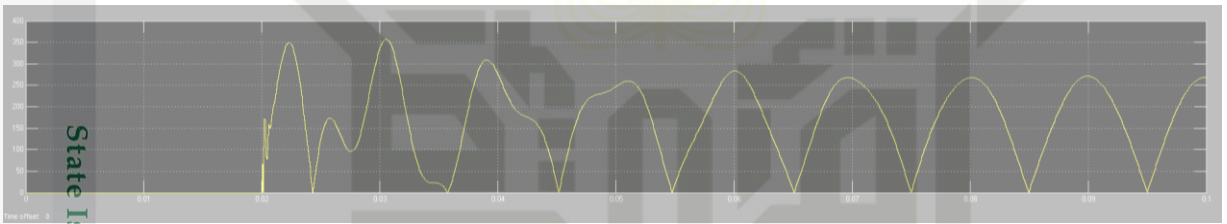
Lokasi 50 Meter



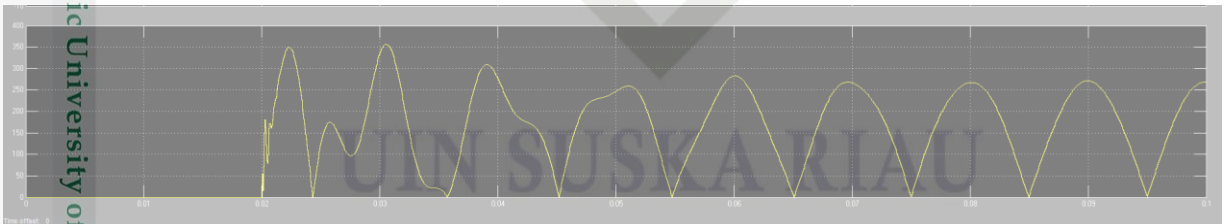
Lokasi 100 Meter



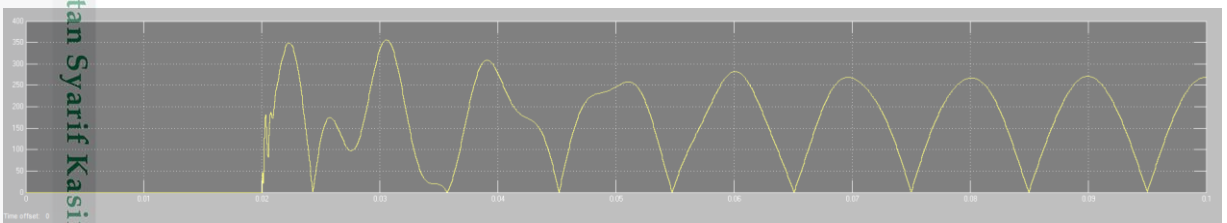
Lokasi 150 Meter



Lokasi 200 Meter



Lokasi 250 Meter



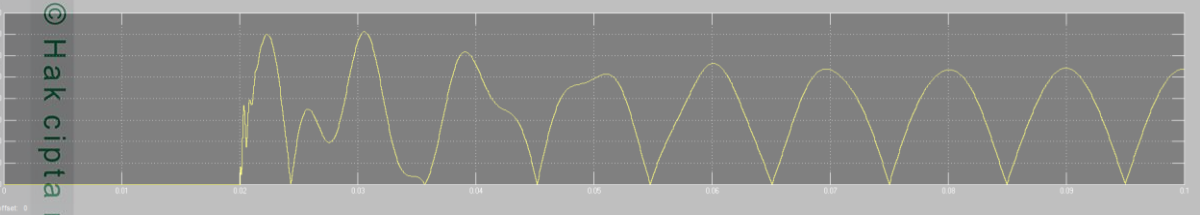
Lokasi 300 Meter

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

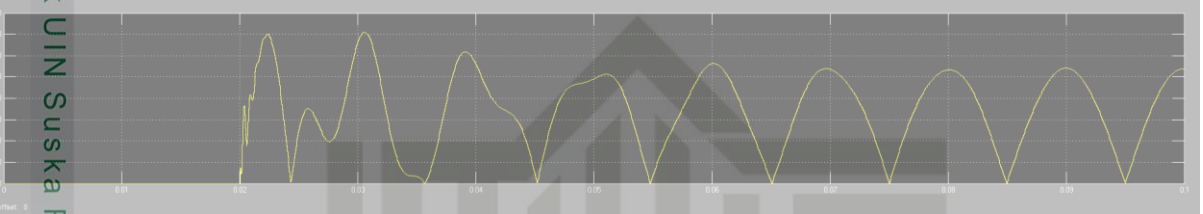


© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

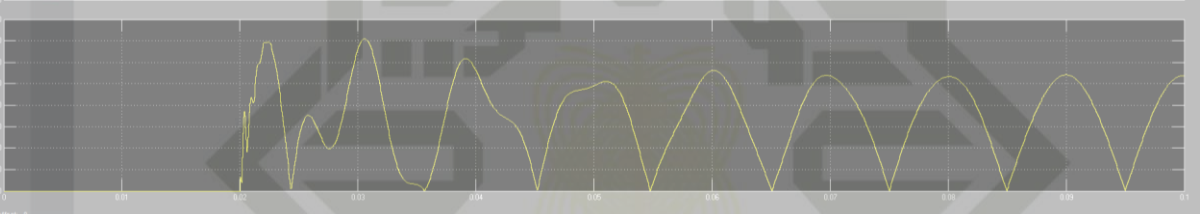
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



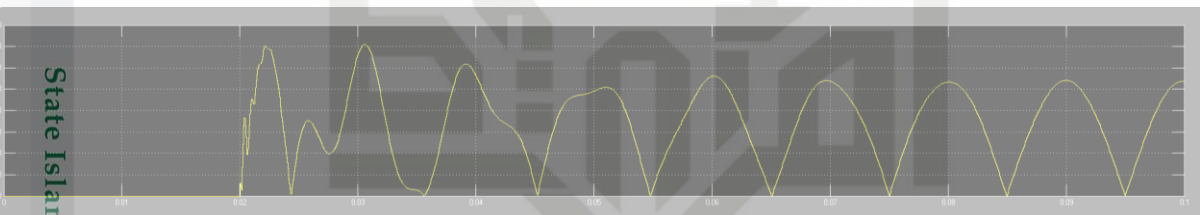
Lokasi 350 Meter



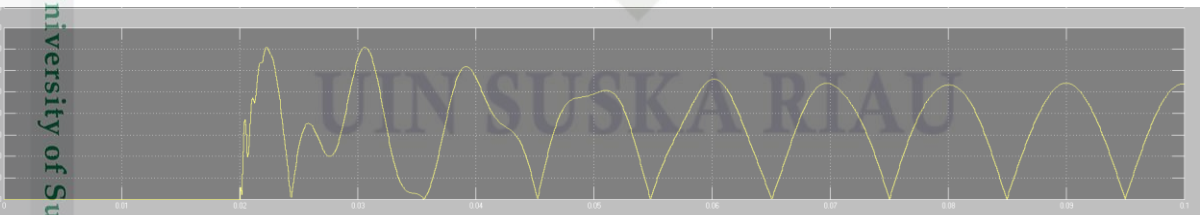
Lokasi 400 Meter



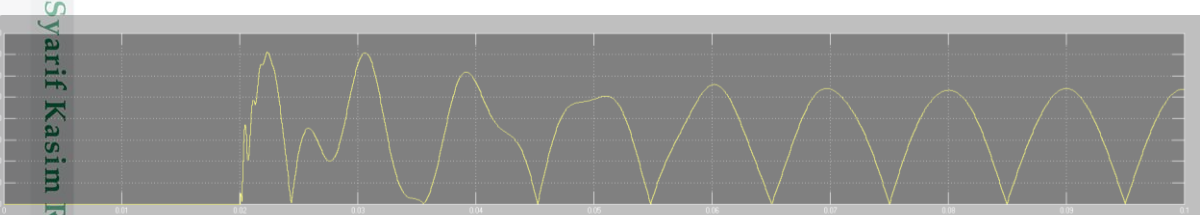
Lokasi 450 Meter



Lokasi 500 Meter



Lokasi 550 Meter



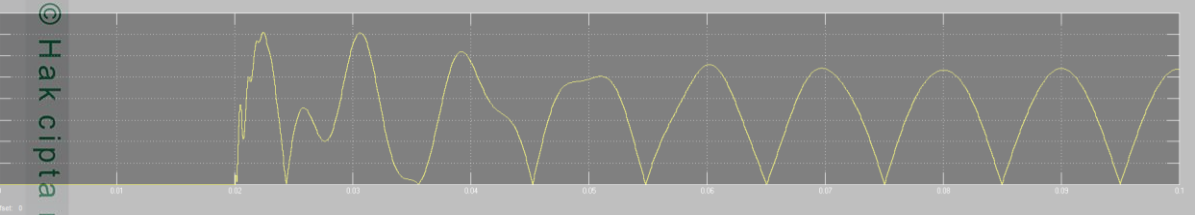
Lokasi 600 Meter

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

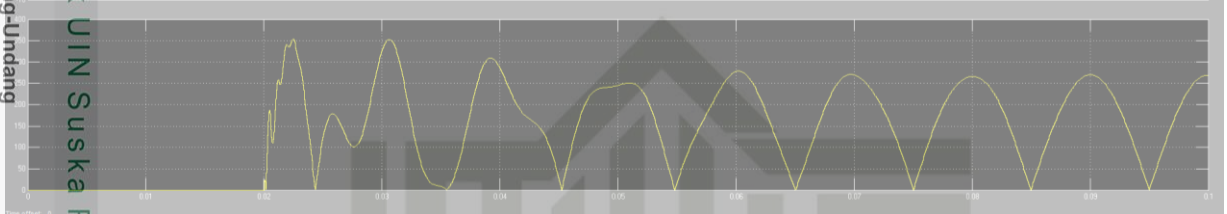


© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

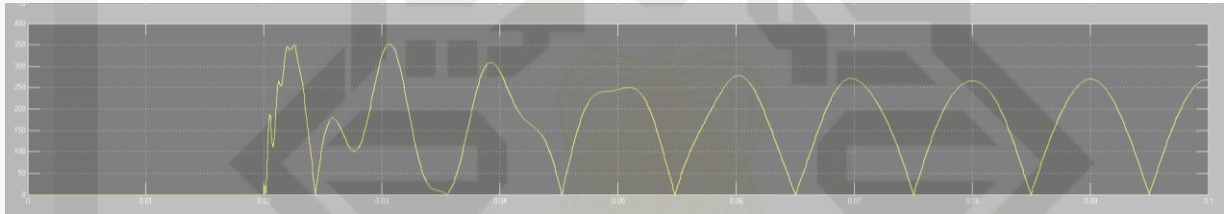
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



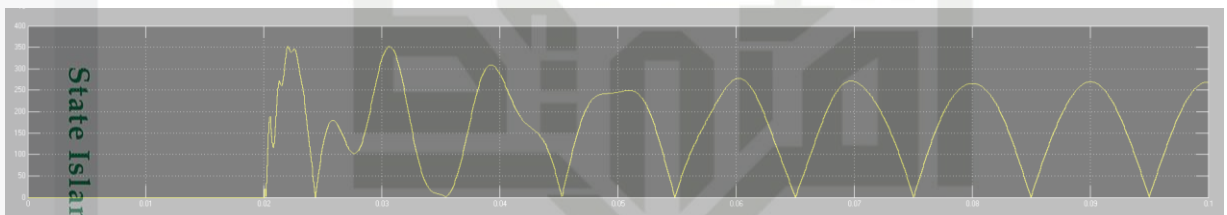
Lokasi 650 Meter



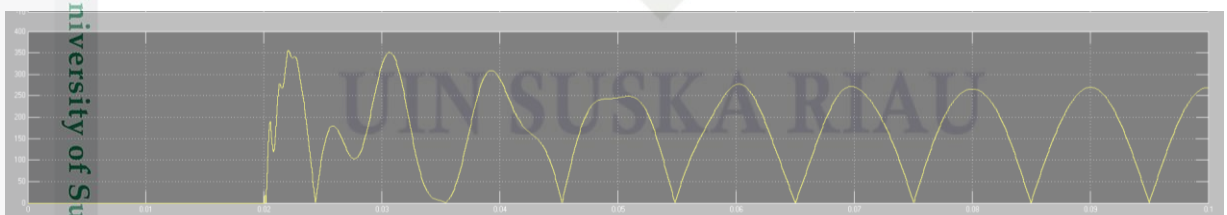
Lokasi 700 Meter



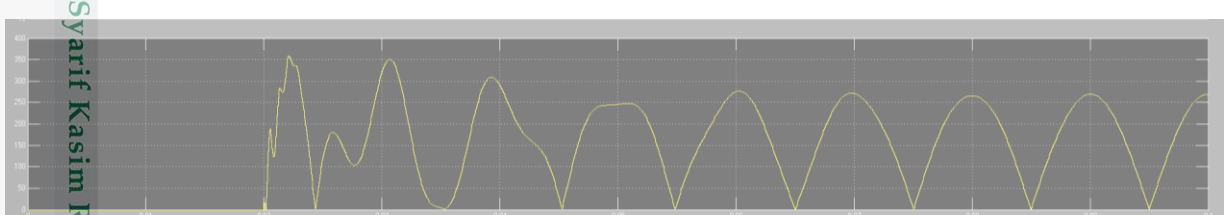
Lokasi 750 Meter



Lokasi 800 Meter



Lokasi 850 Meter



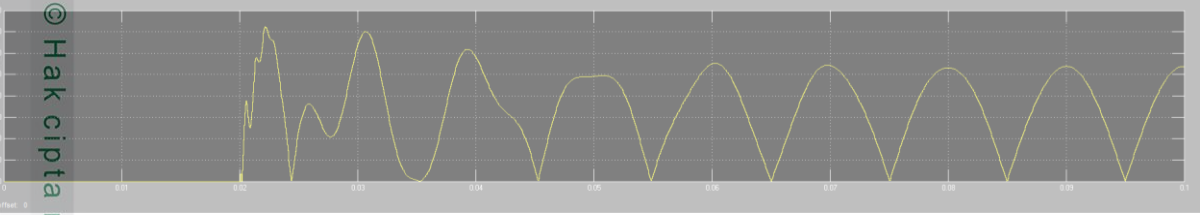
Lokasi 900 Meter

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

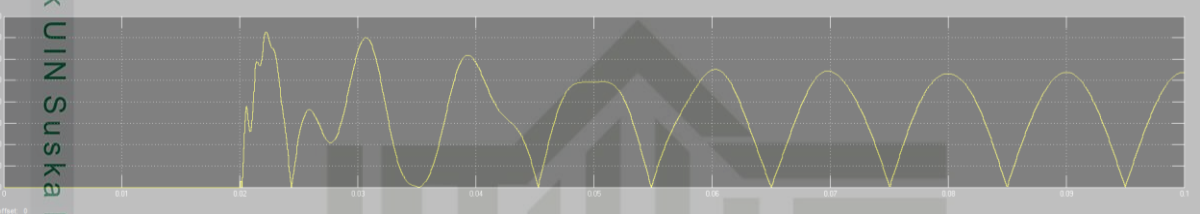


© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

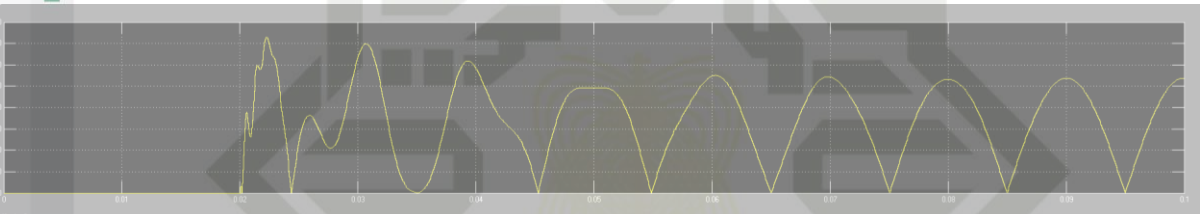
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



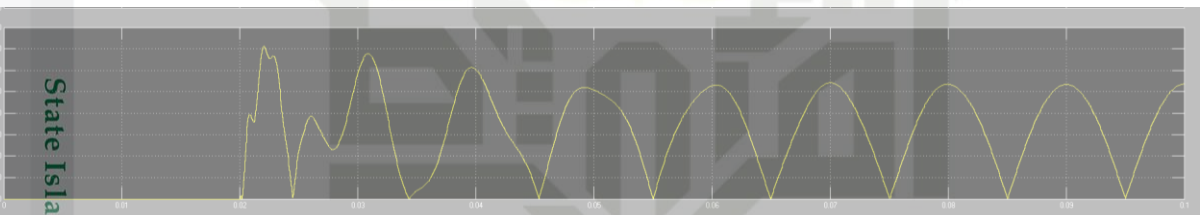
Lokasi 950 Meter



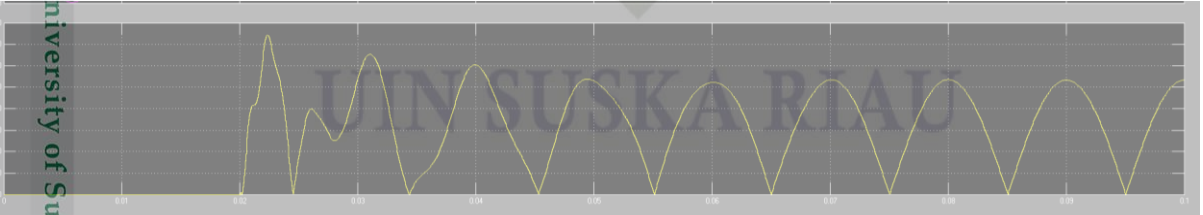
Lokasi 1000 Meter



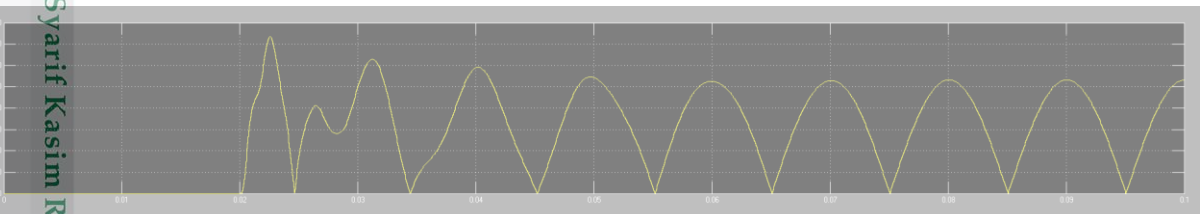
Lokasi 2000 Meter



Lokasi 3000 Meter



Lokasi 4000 Meter



Lokasi 5000 Meter

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

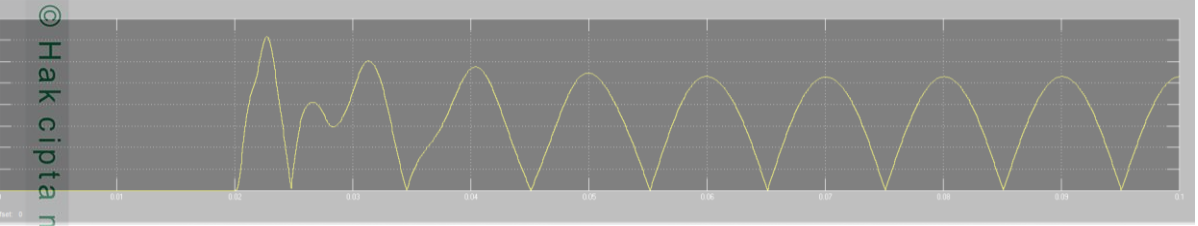


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

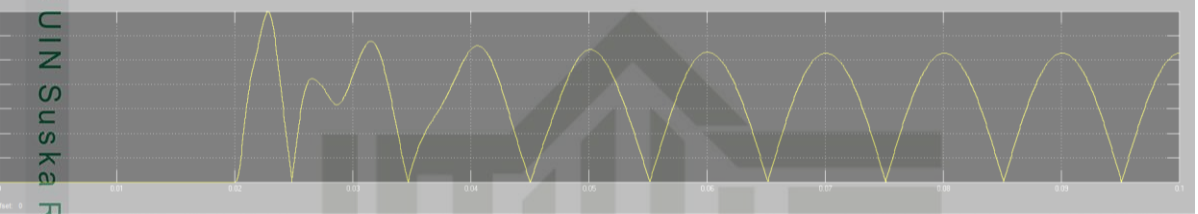
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

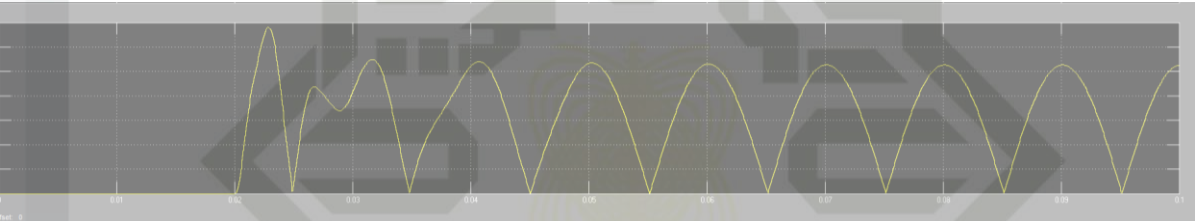
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



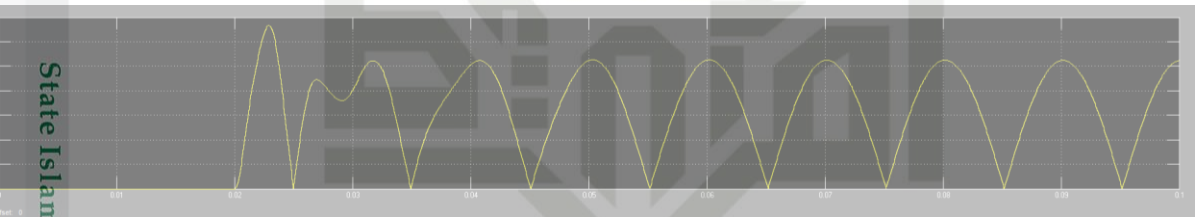
Lokasi 6000 Meter



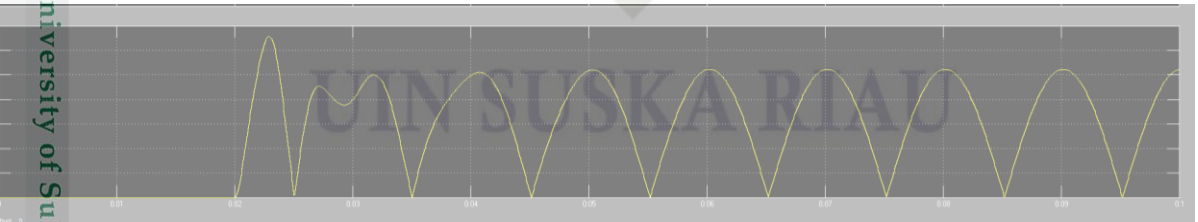
Lokasi 7000 Meter



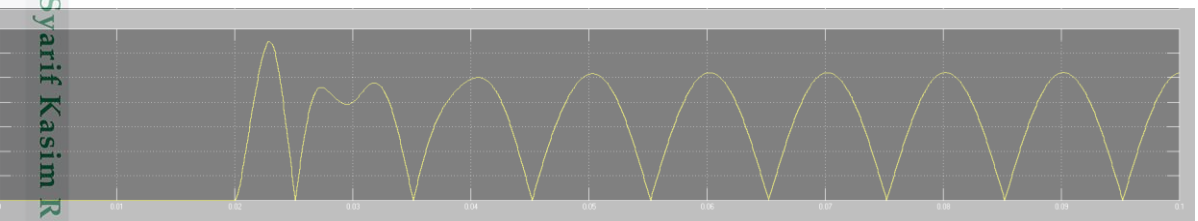
Lokasi 8000 Meter



Lokasi 9000 Meter



Lokasi 10000 Meter



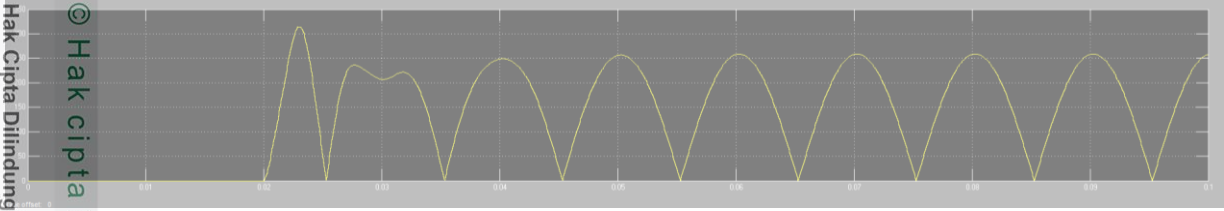
Lokasi 12000 Meter



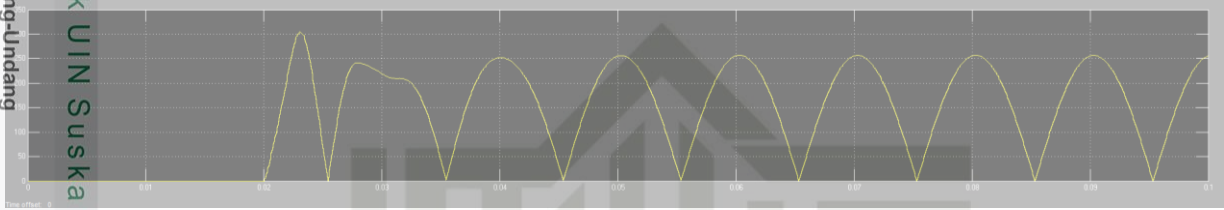


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

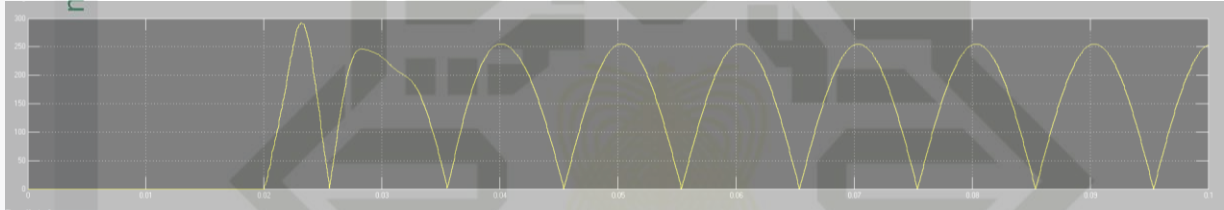
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



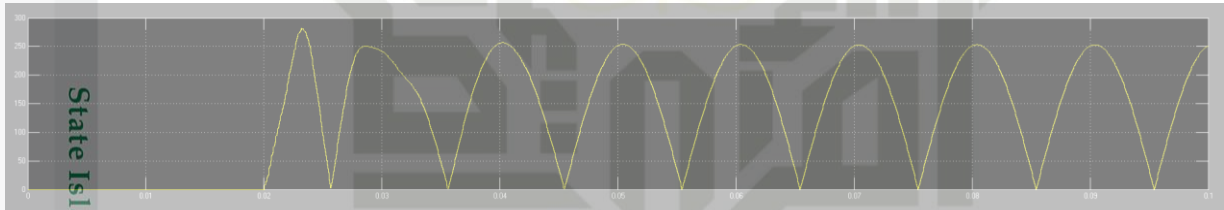
Lokasi 14000 Meter



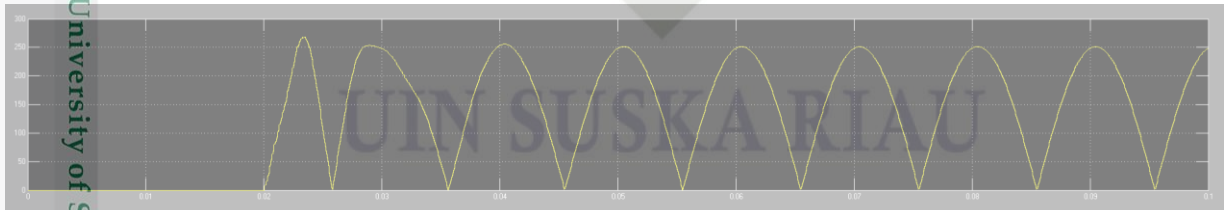
Lokasi 16000 Meter



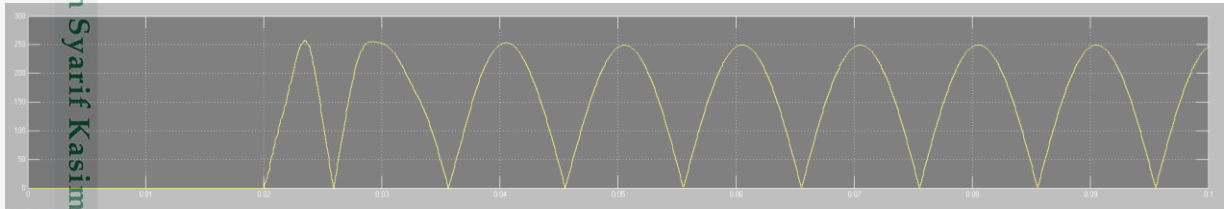
Lokasi 18000 Meter



Lokasi 20000 Meter



Lokasi 22000 Meter



Lokasi 24000 Meter

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

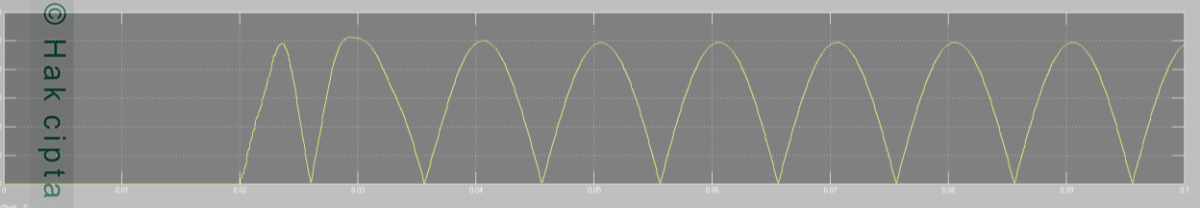
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



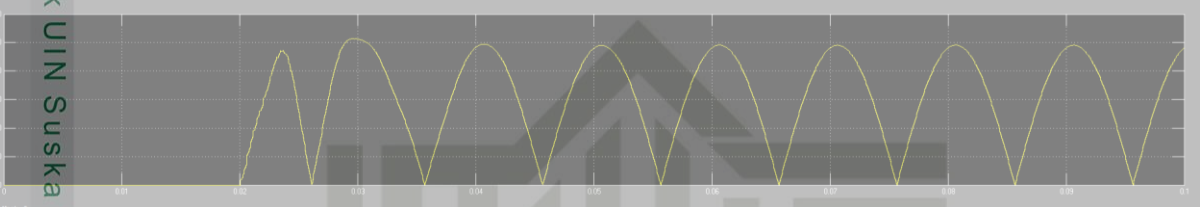
© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

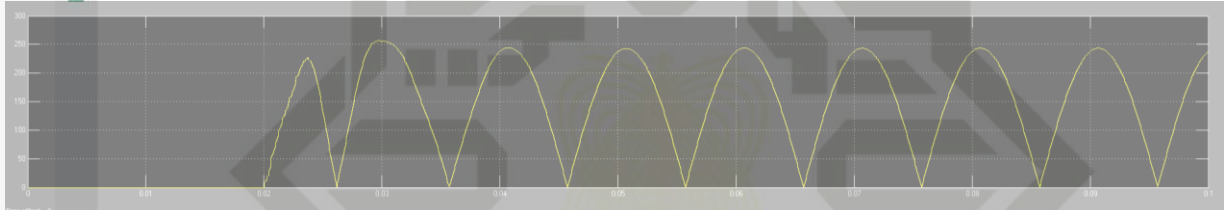
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



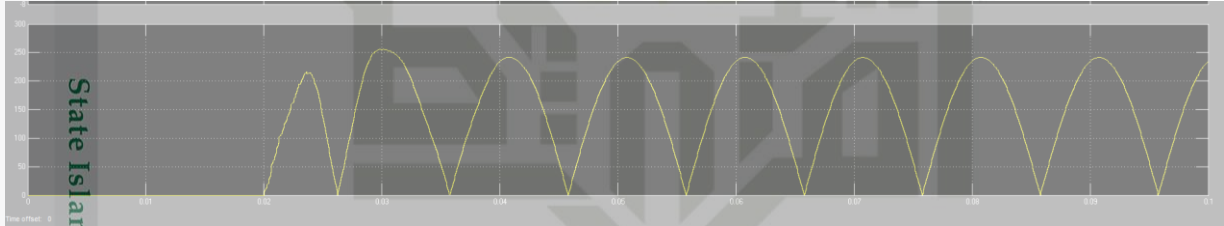
Lokasi 26000 Meter



Lokasi 28000 Meter

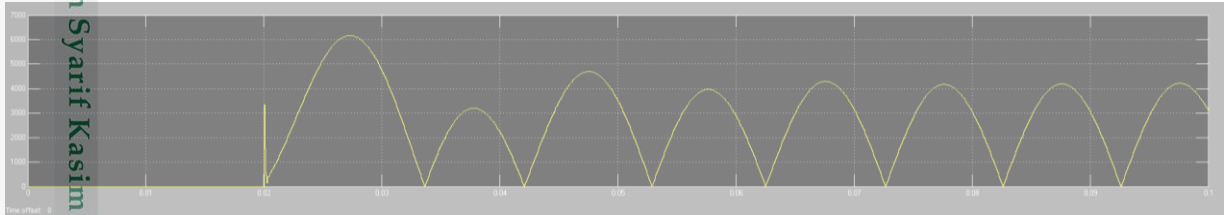


Lokasi 30000 Meter



### Tipe Gangguan 2 Fasa

Lokasi 50 Meter



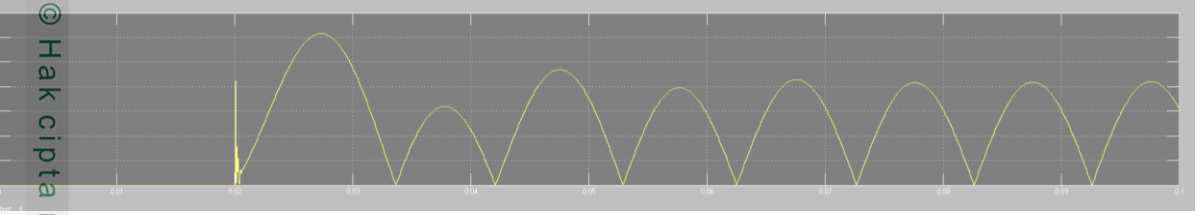
Lokasi 100 Meter

UIN SUSKA RIAU

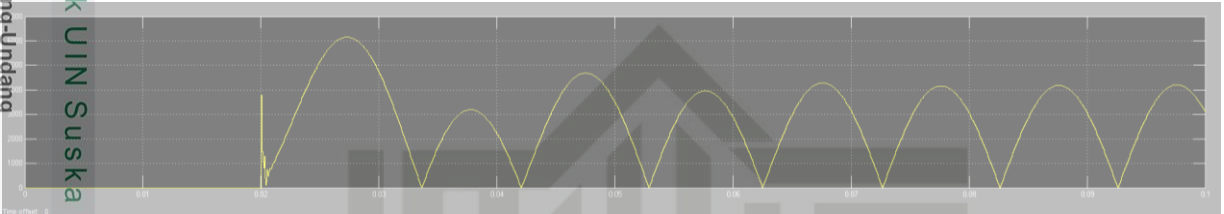


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

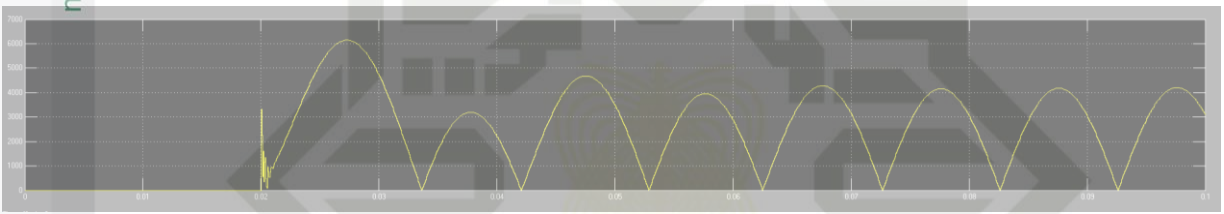
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



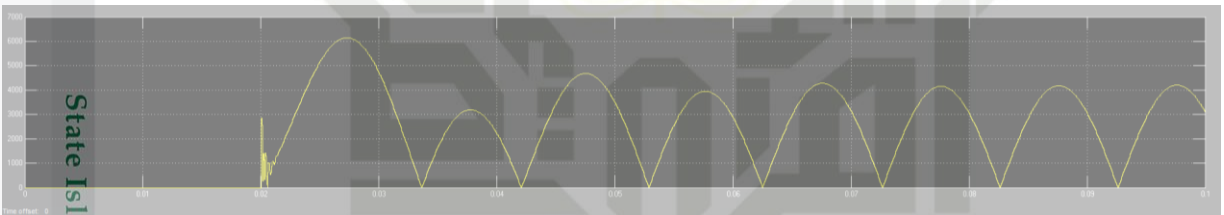
Lokasi 150 Meter



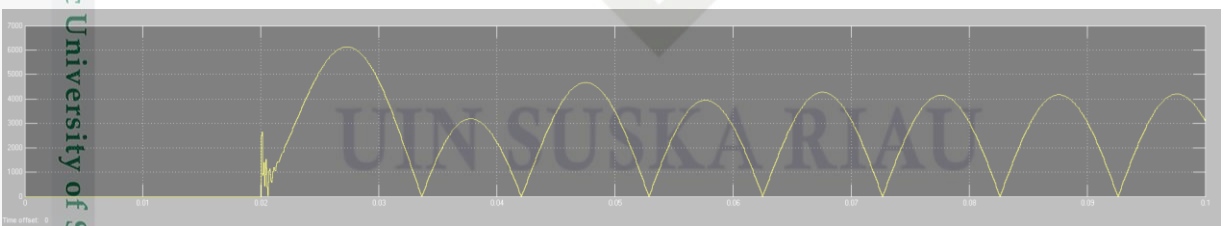
Lokasi 200 Meter



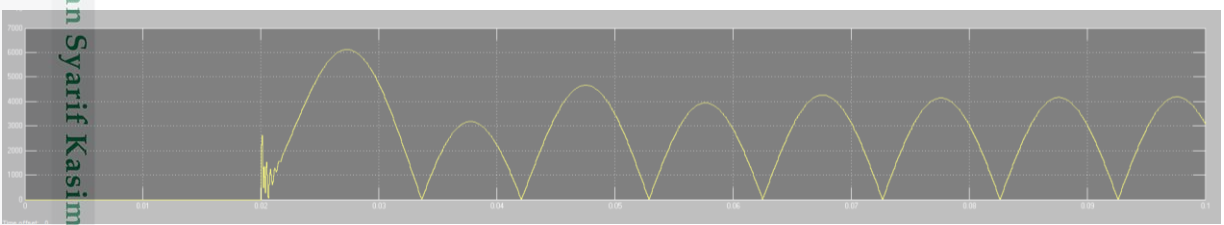
Lokasi 250 Meter



Lokasi 300 Meter



Lokasi 350 Meter



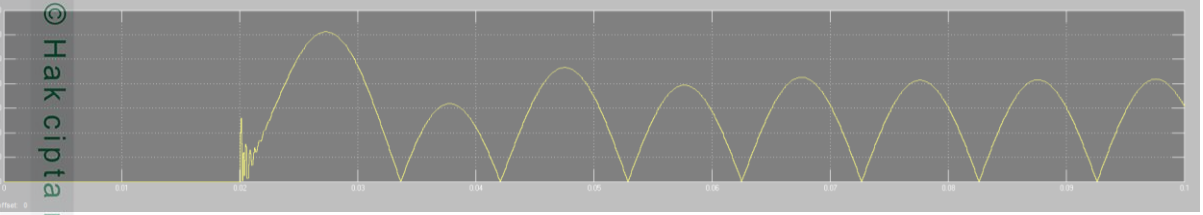
Lokasi 400 Meter

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

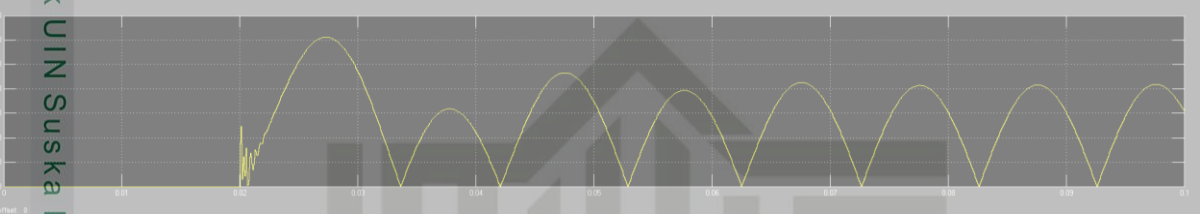


© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

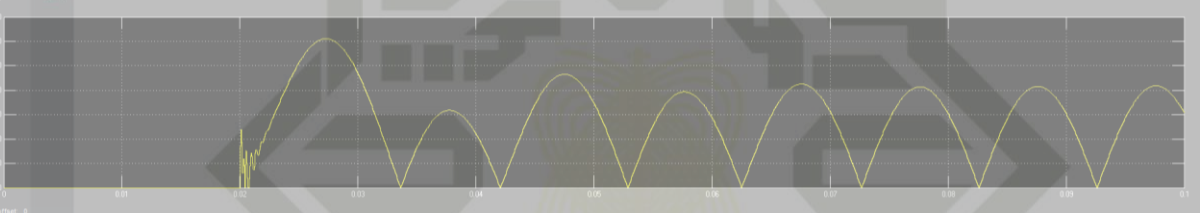
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



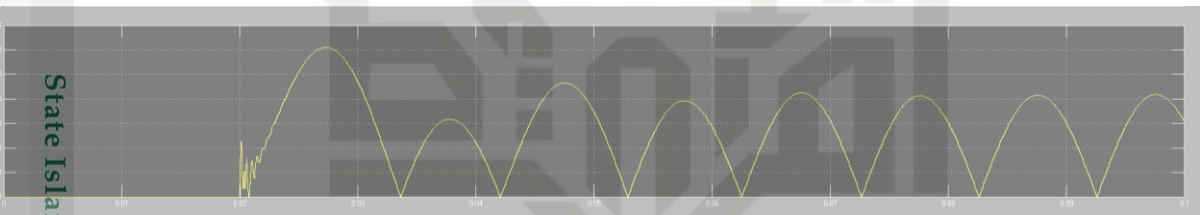
Lokasi 450 Meter



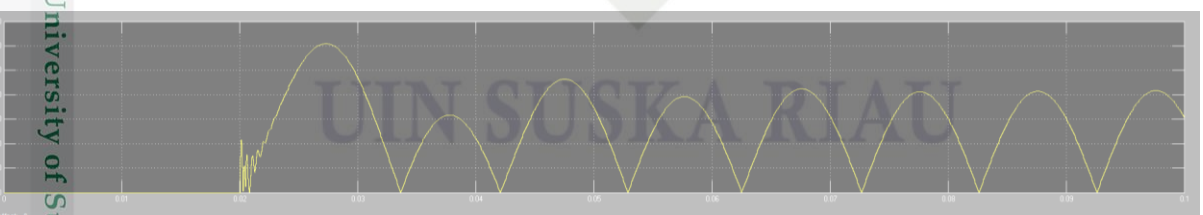
Lokasi 500 Meter



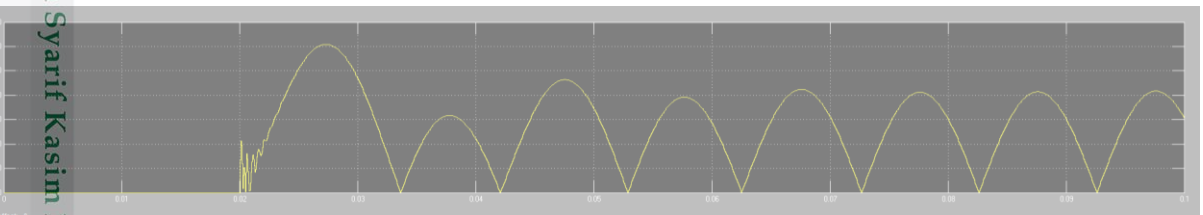
Lokasi 550 Meter



Lokasi 600 Meter



Lokasi 650 Meter



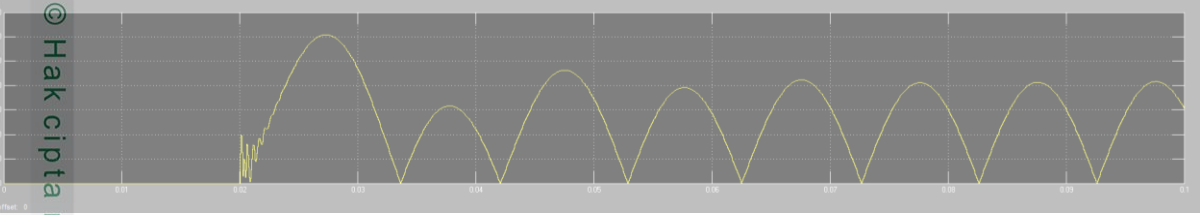
Lokasi 700 Meter

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

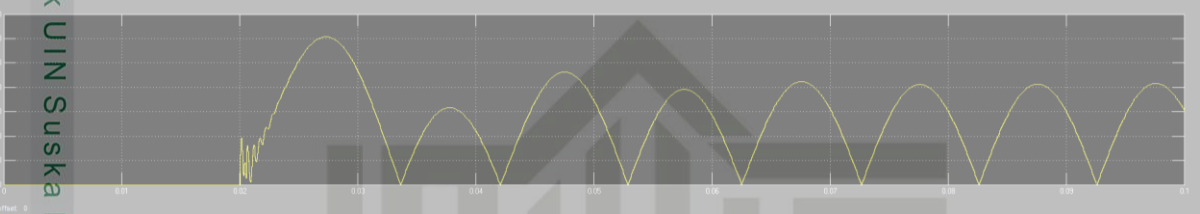


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

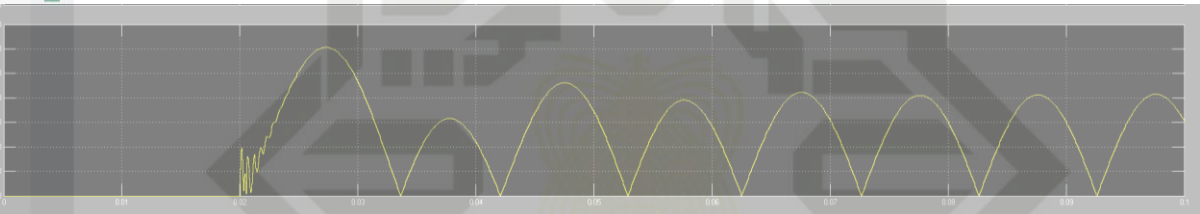
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



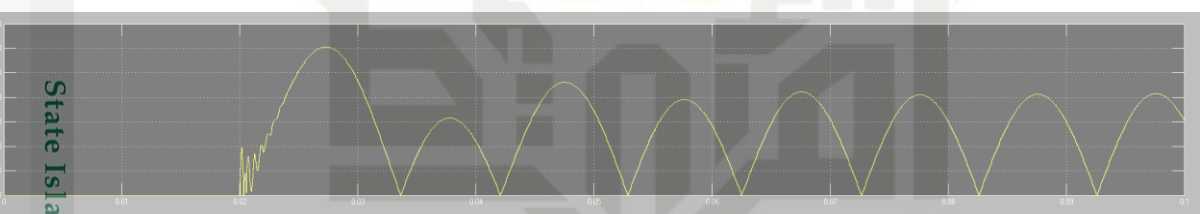
Lokasi 750 Meter



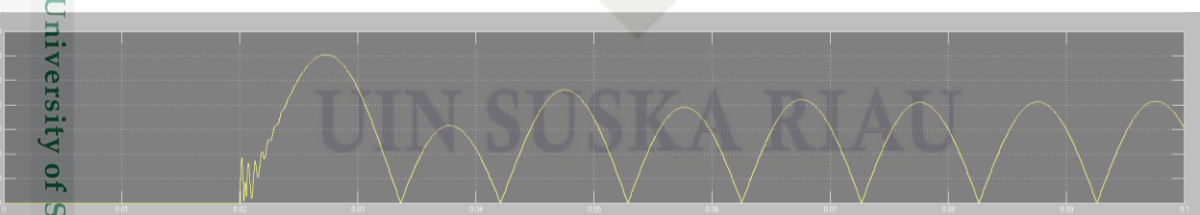
Lokasi 800 Meter



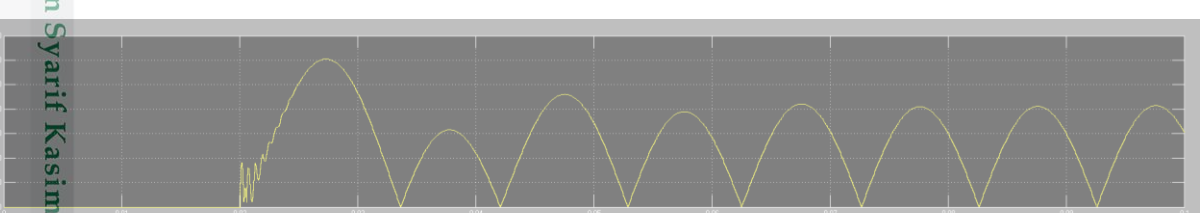
Lokasi 850 Meter



Lokasi 900 Meter



Lokasi 950 Meter

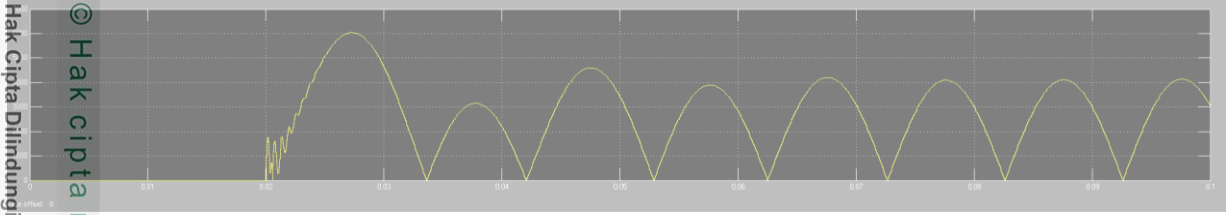


Lokasi 1000 Meter

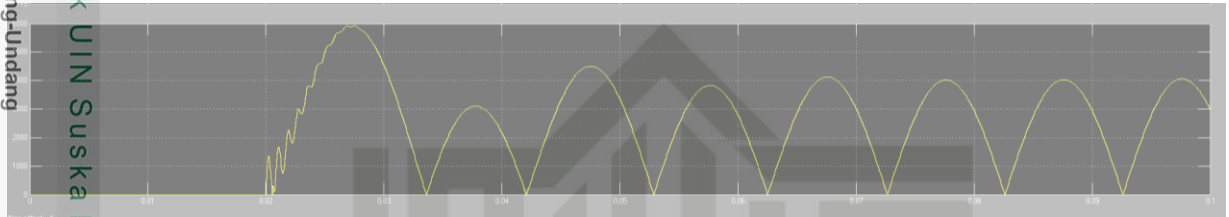
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



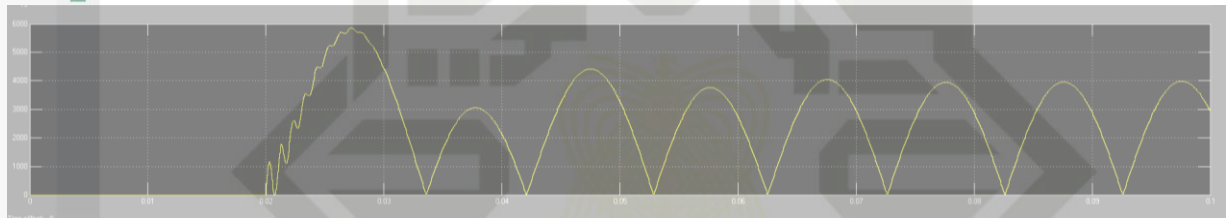
Hak cipta milik UIN Suska Riau



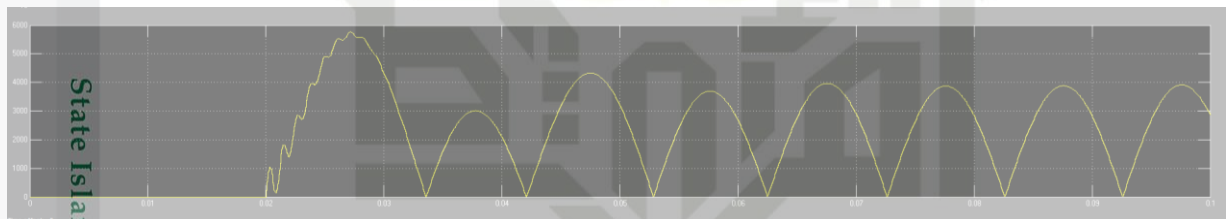
Lokasi 2000 Meter



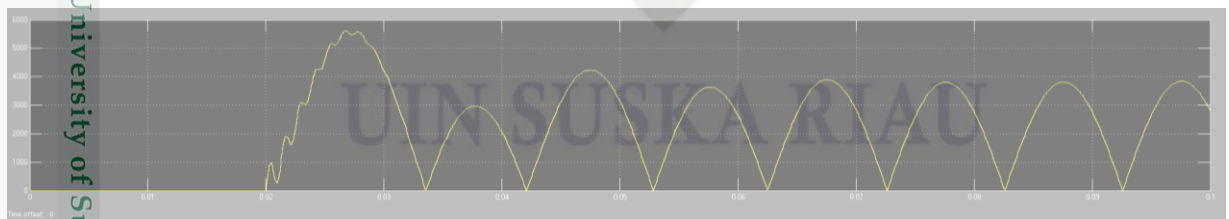
Lokasi 3000 Meter



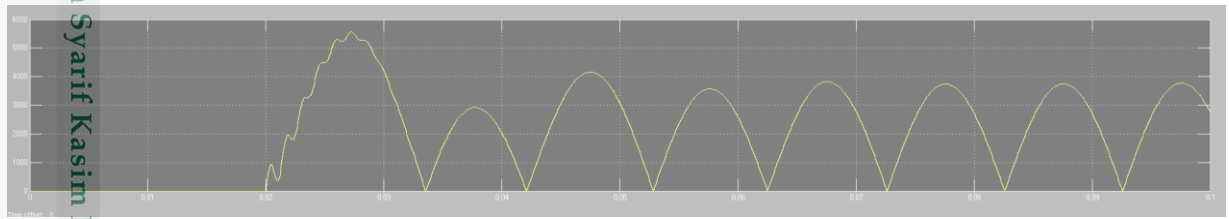
Lokasi 4000 Meter



Lokasi 5000 Meter



Lokasi 6000 Meter



Lokasi 7000 Meter

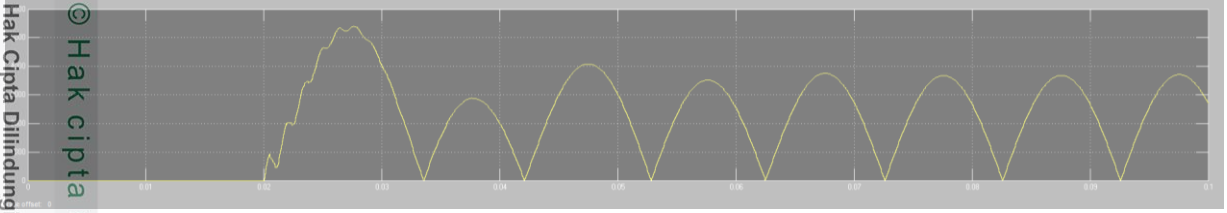
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

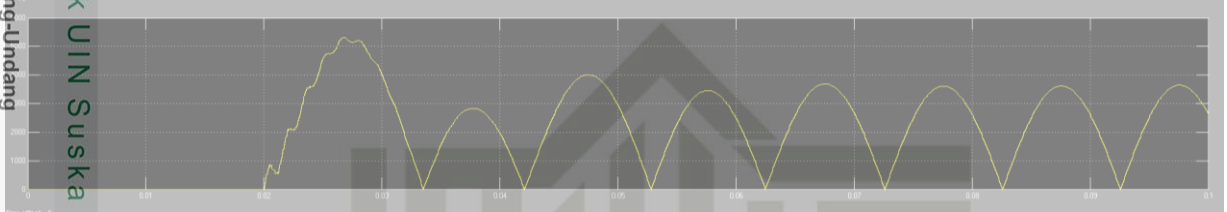


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

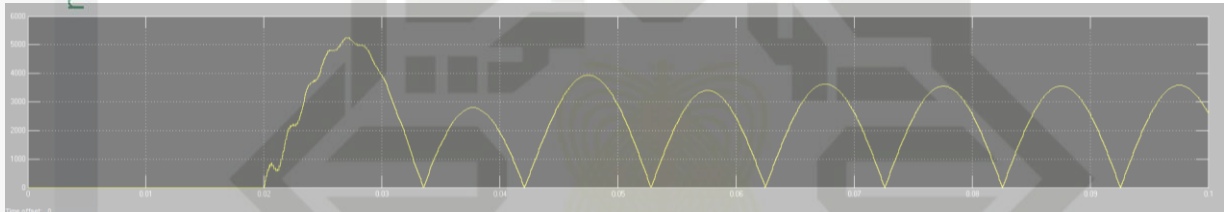
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



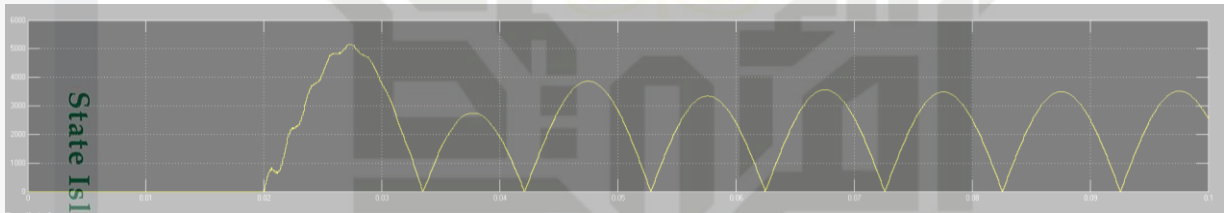
Lokasi 8000 Meter



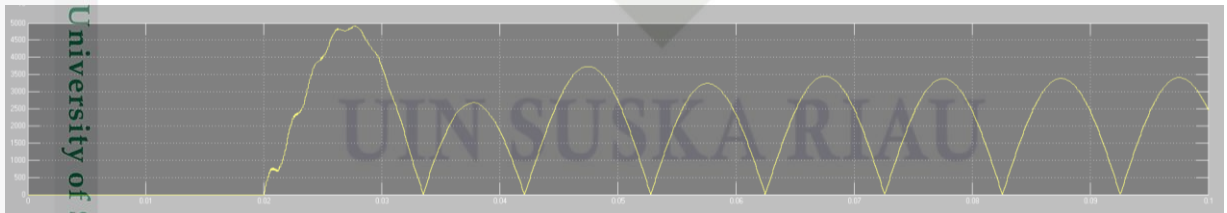
Lokasi 9000 Meter



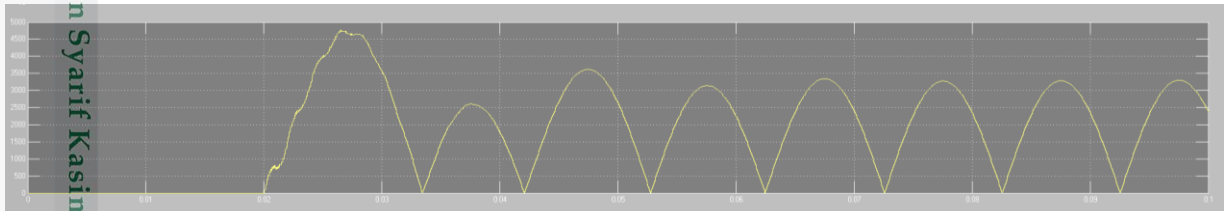
Lokasi 10000 Meter



Lokasi 12000 Meter



Lokasi 14000 Meter



Lokasi 16000 Meter

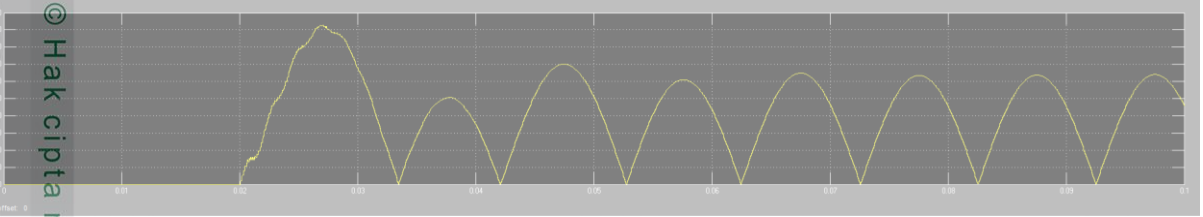
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

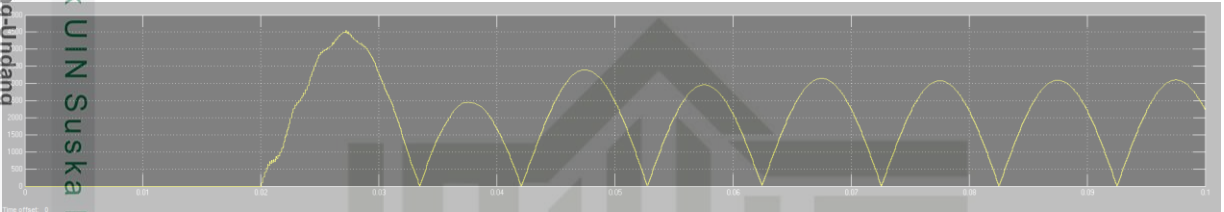


Hak cipta milik UIN Suska Riau

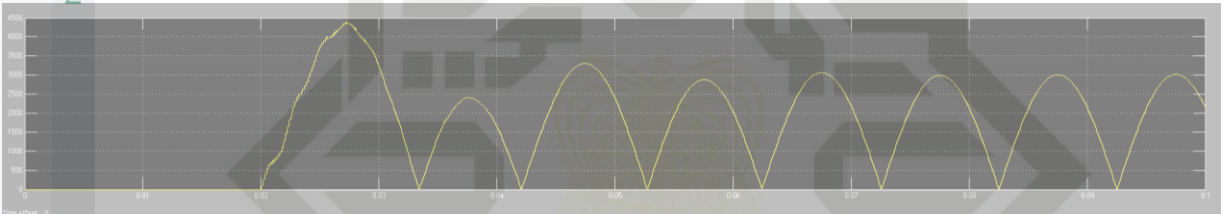
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



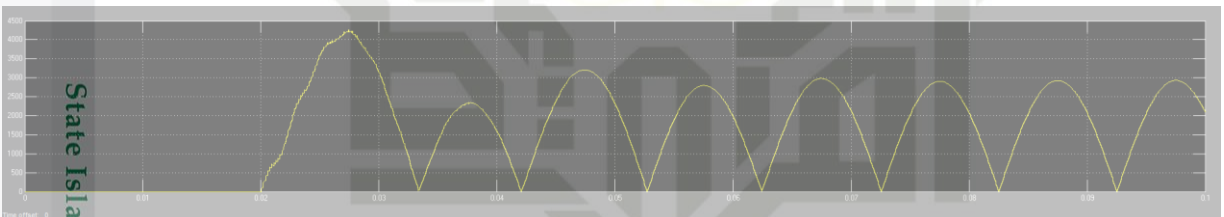
Lokasi 18000 Meter



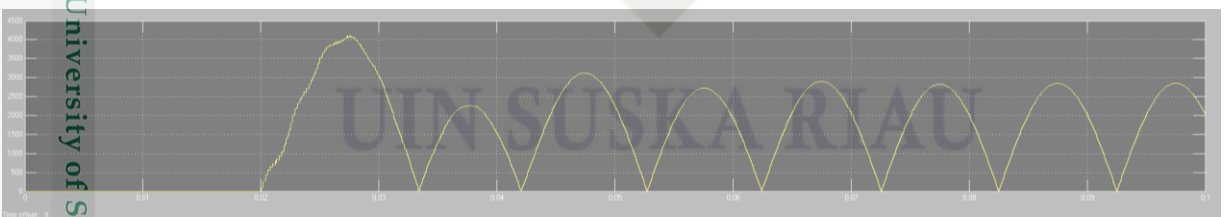
Lokasi 20000 Meter



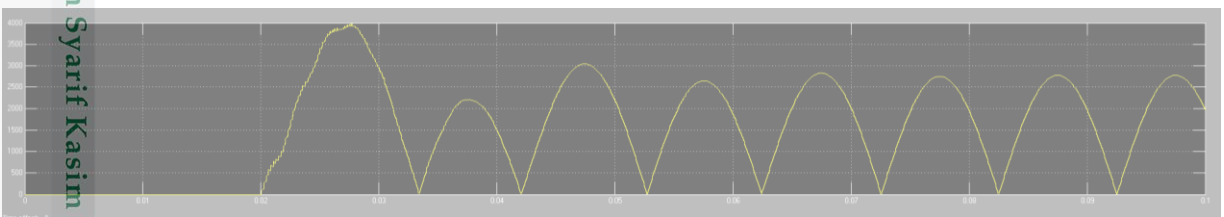
Lokasi 22000 Meter



Lokasi 24000 Meter



Lokasi 26000 Meter



Lokasi 28000 Meter

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

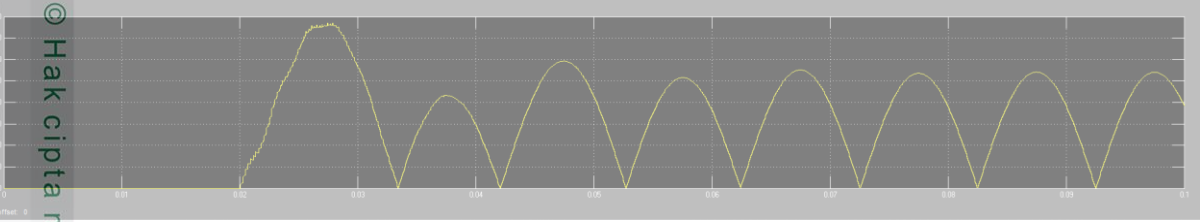
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



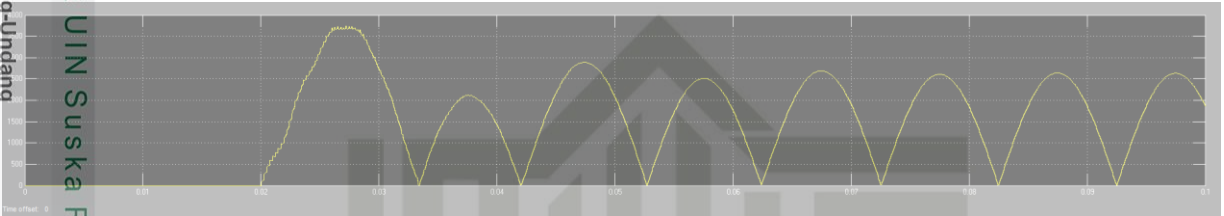


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

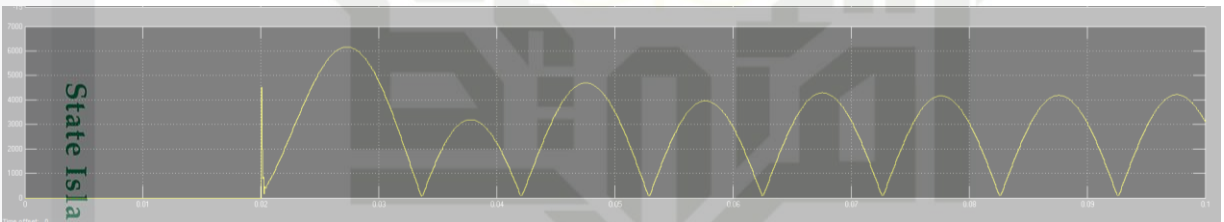


Lokasi 30000 Meter

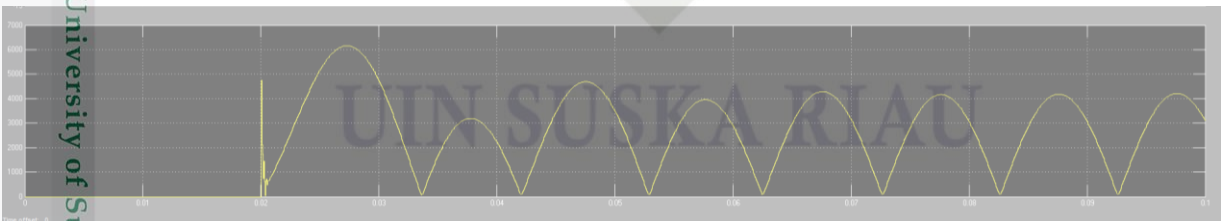


### Tipe Gangguan 2 Fasa Ke Tanah

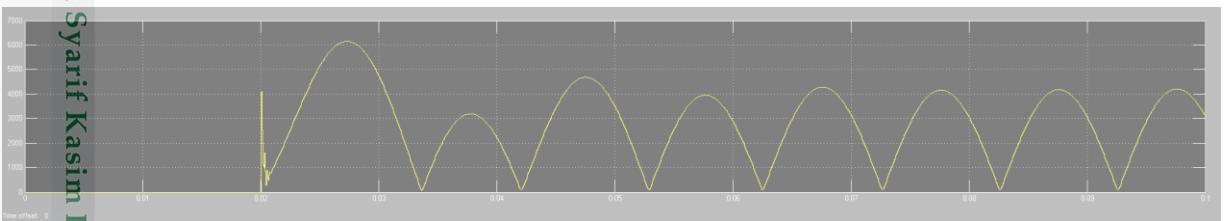
Lokasi 50 Meter



Lokasi 100 Meter



Lokasi 150 Meter



Lokasi 200 Meter

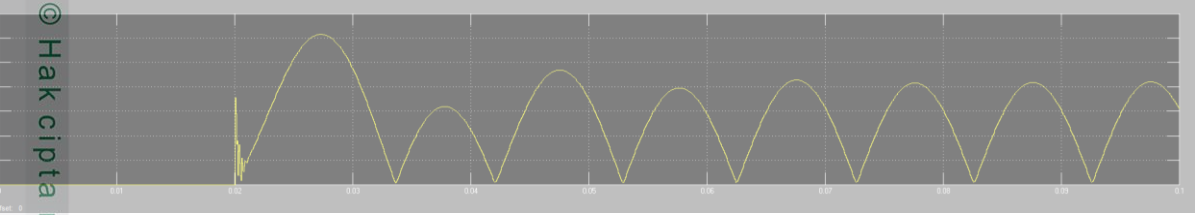
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

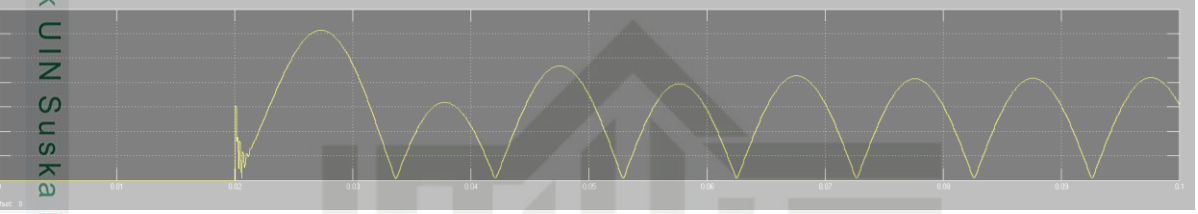


© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

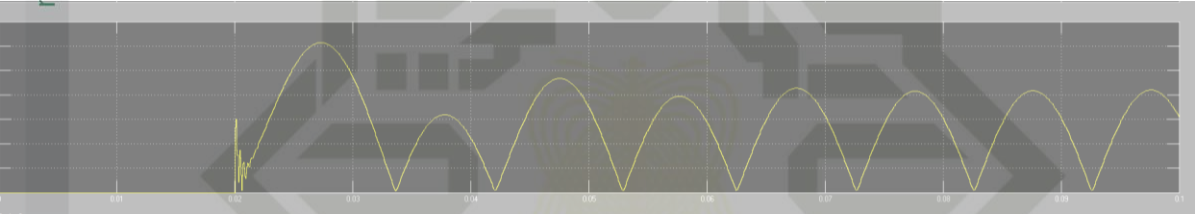
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



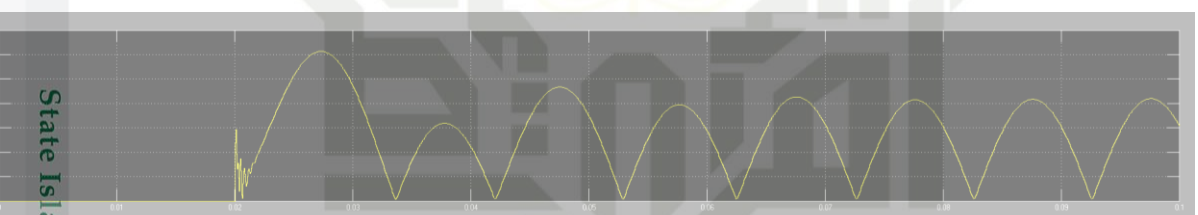
Lokasi 250 Meter



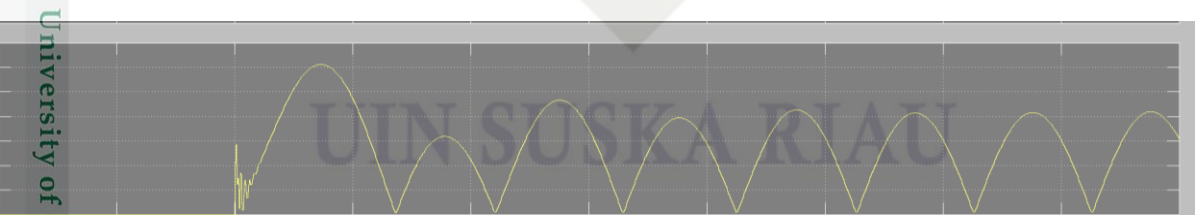
Lokasi 300 Meter



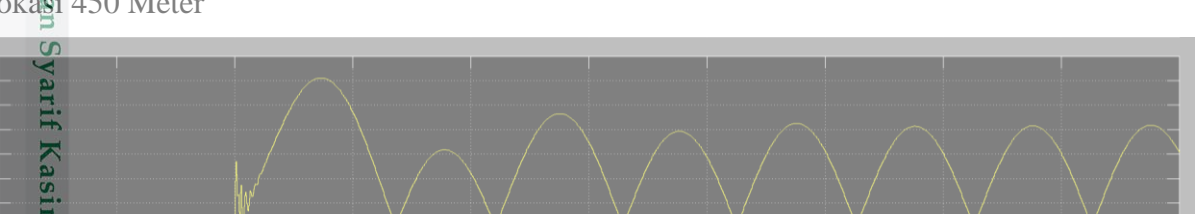
Lokasi 350 Meter



Lokasi 400 Meter



Lokasi 450 Meter



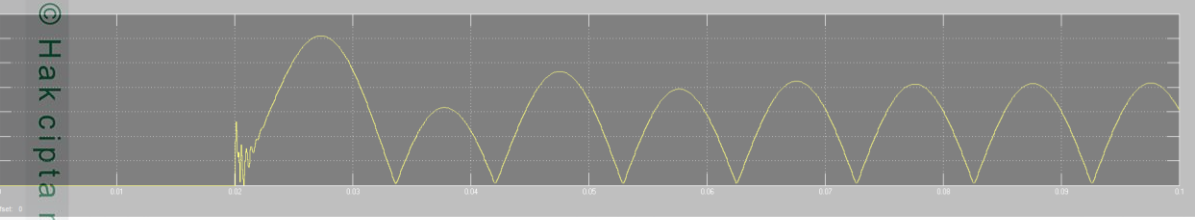
Lokasi 500 Meter

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

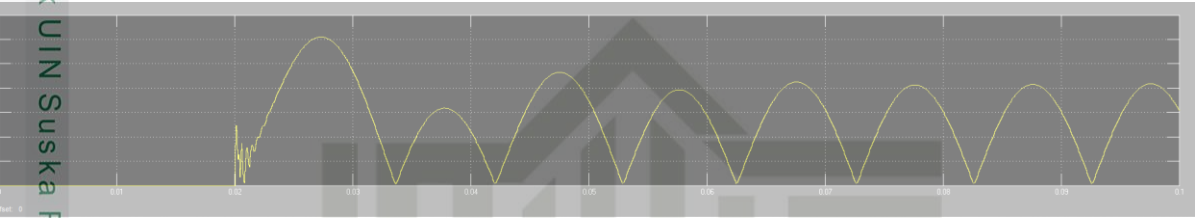


Hak cipta milik UIN Suska Riau

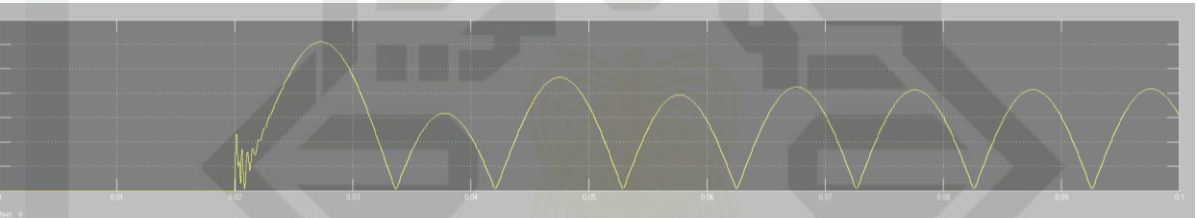
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



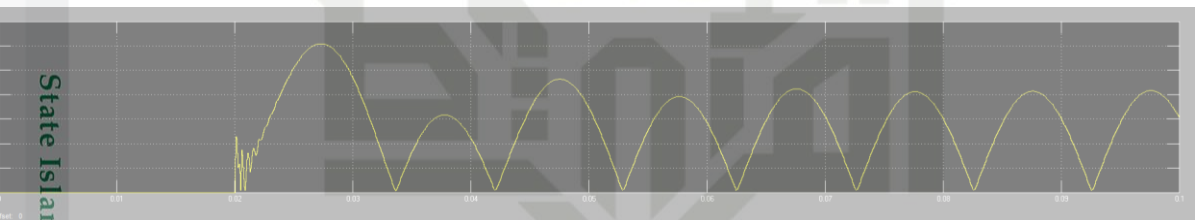
Lokasi 550 Meter



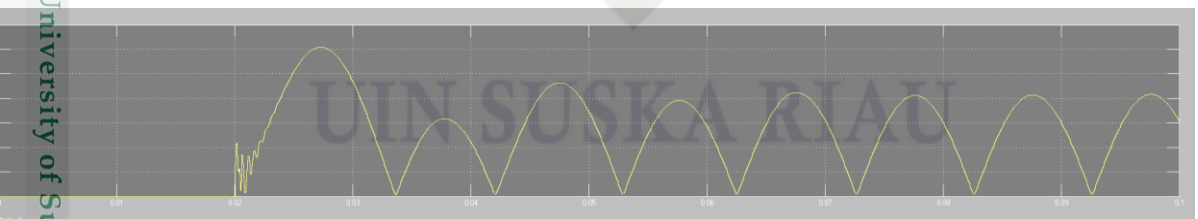
Lokasi 600 Meter



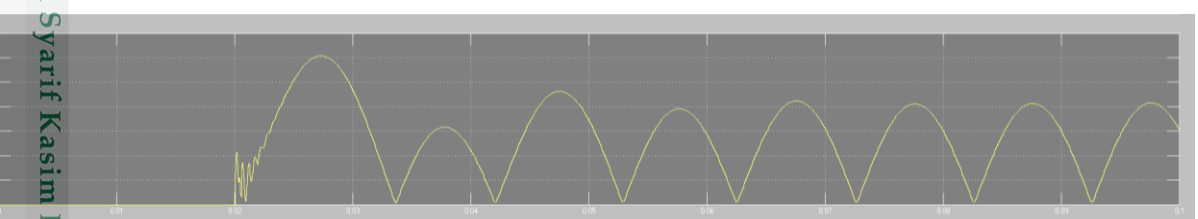
Lokasi 650 Meter



Lokasi 700 Meter



Lokasi 750 Meter



Lokasi 800 Meter

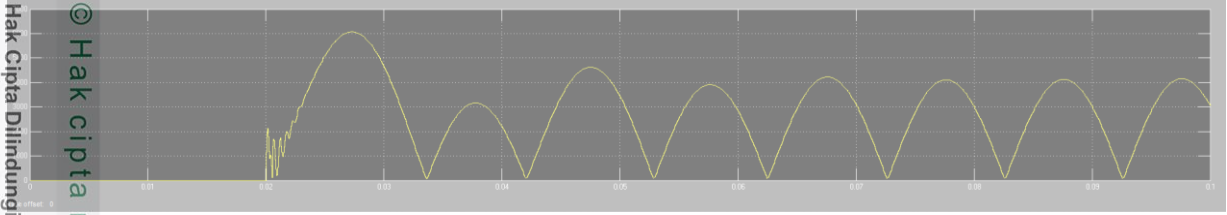
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

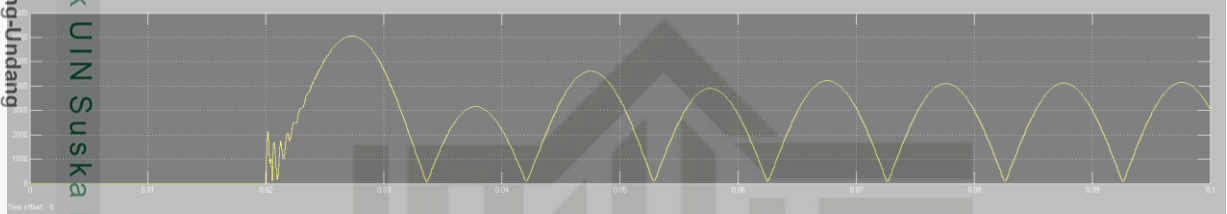
UIN SUSKA RIAU



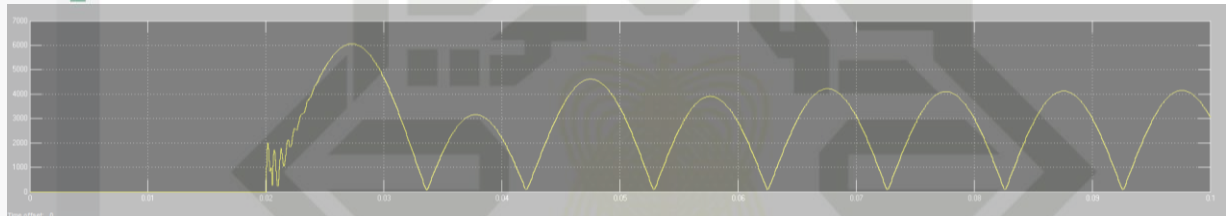
Hak cipta milik UIN Suska Riau



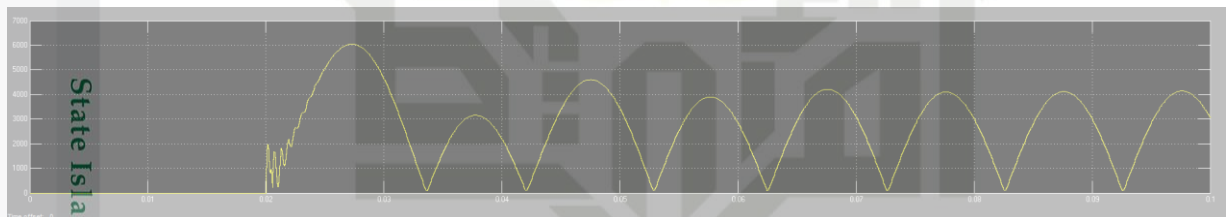
Lokasi 850 Meter



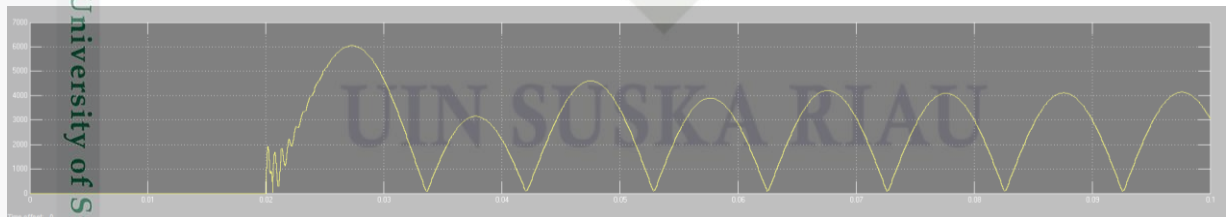
Lokasi 900 Meter



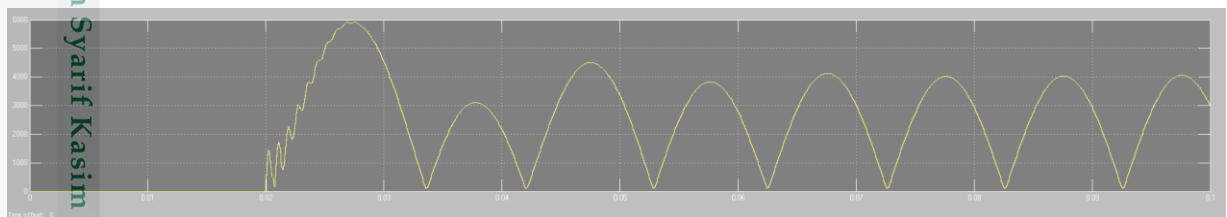
Lokasi 950 Meter



Lokasi 1000 Meter



Lokasi 2000 Meter



Lokasi 3000 Meter

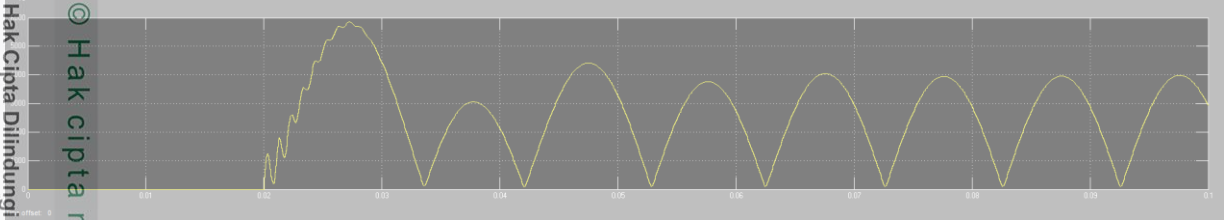
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



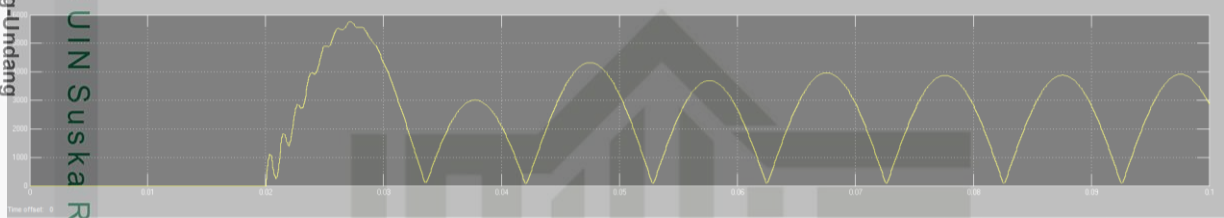
© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

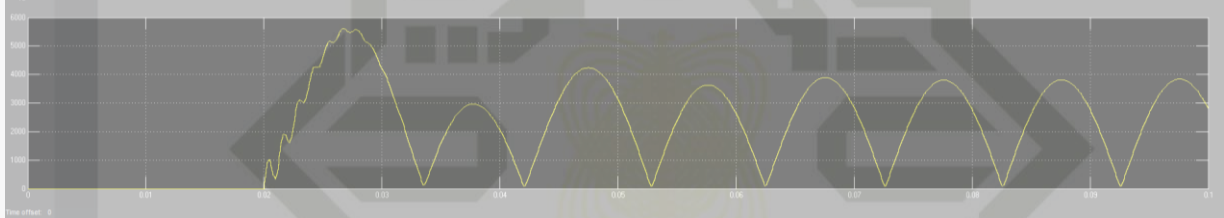
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



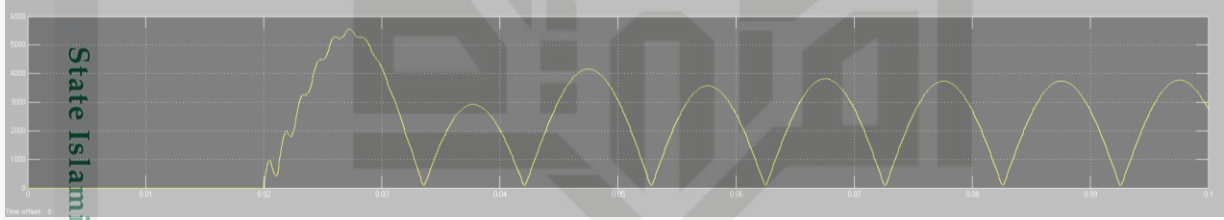
Lokasi 4000 Meter



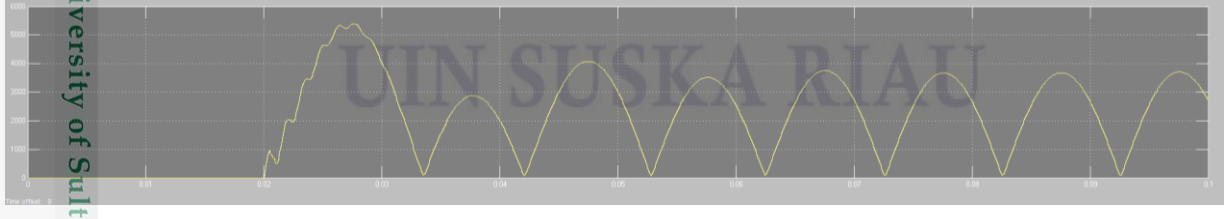
Lokasi 5000 Meter



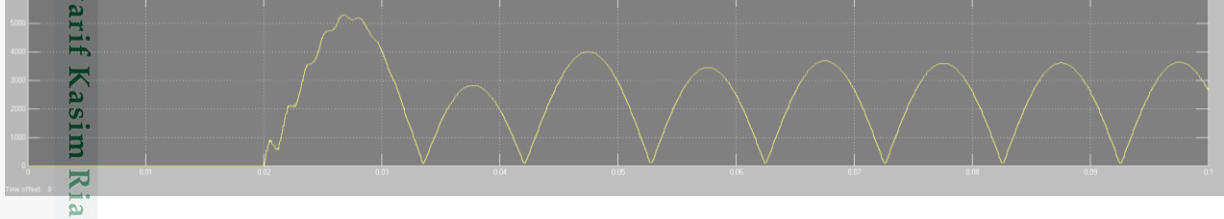
Lokasi 6000 Meter



Lokasi 7000 Meter



Lokasi 8000 Meter

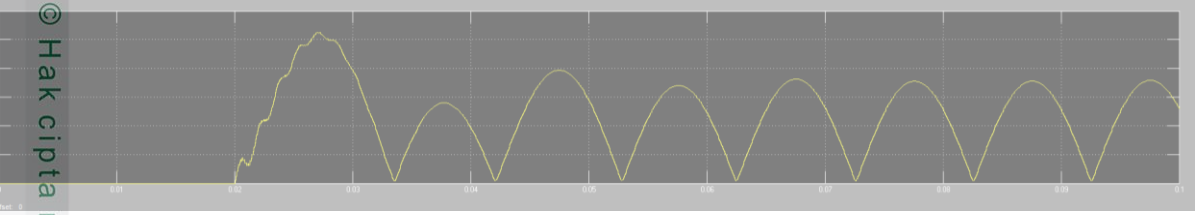


Lokasi 9000 Meter

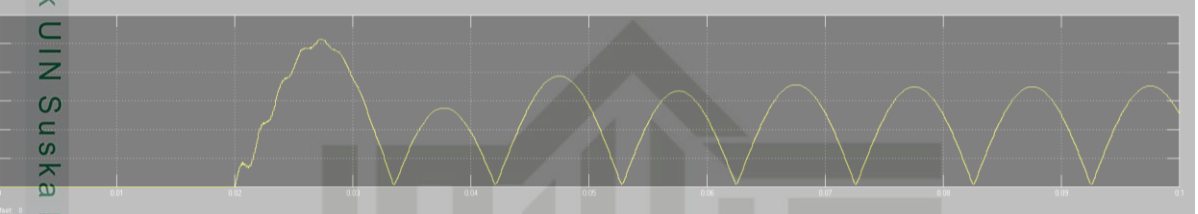


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

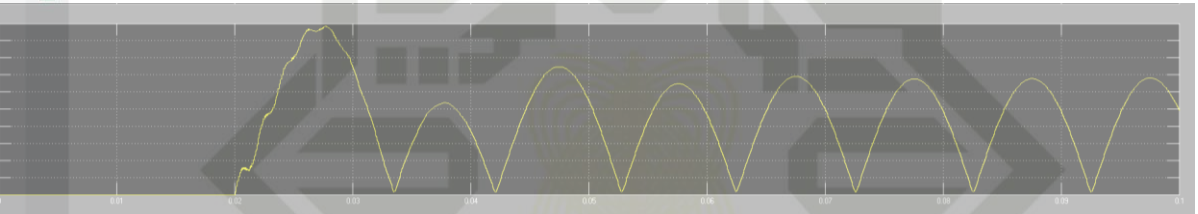
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



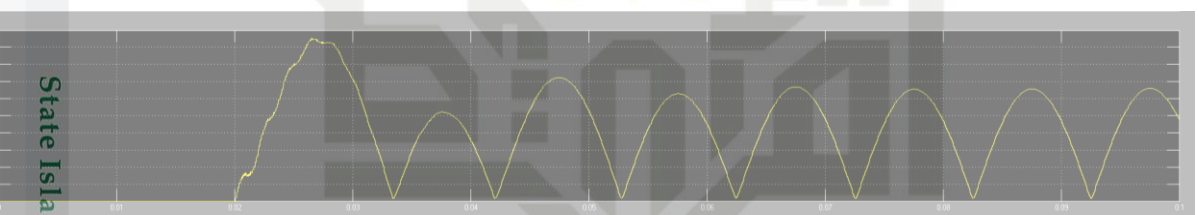
Lokasi 10000 Meter



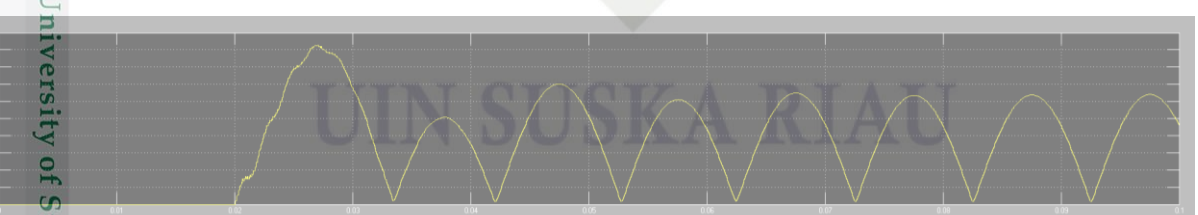
Lokasi 12000 Meter



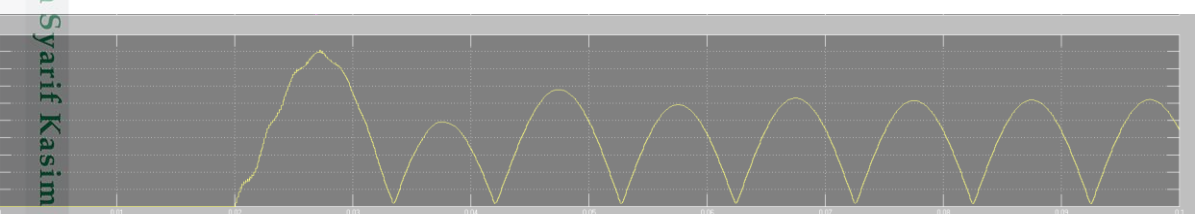
Lokasi 14000 Meter



Lokasi 16000 Meter



Lokasi 18000 Meter



Lokasi 20000 Meter

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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

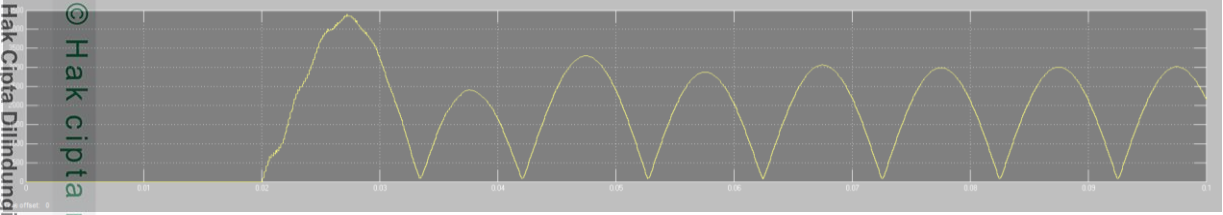
UIN SUSKA RIAU



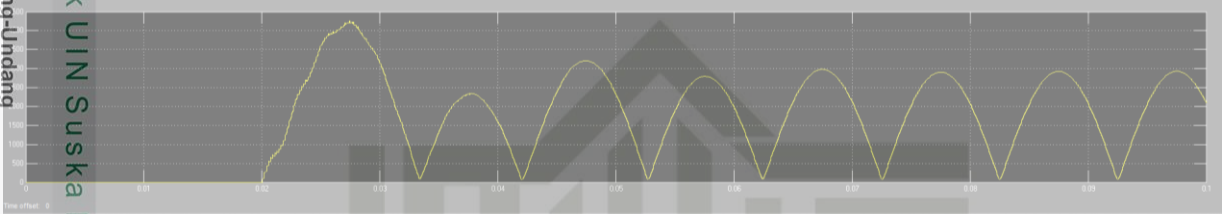
© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

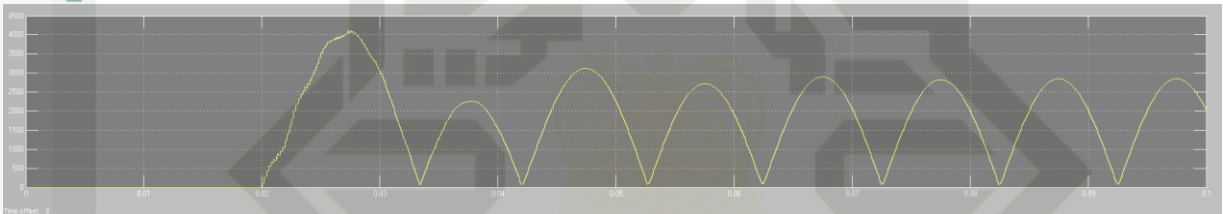
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



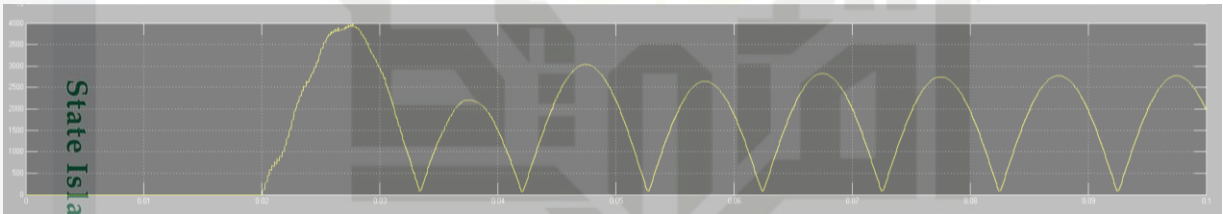
Lokasi 22000 Meter



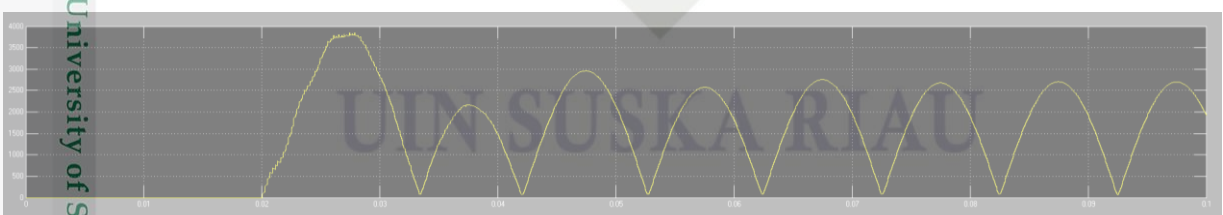
Lokasi 24000 Meter



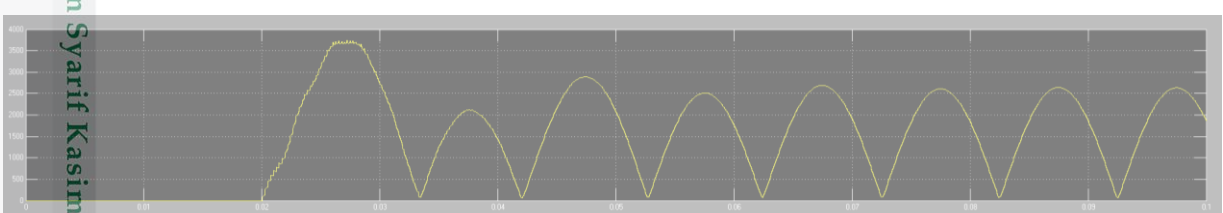
Lokasi 26000 Meter



Lokasi 28000 Meter



Lokasi 30000 Meter



### Tipe Gangguan 3 Fasa

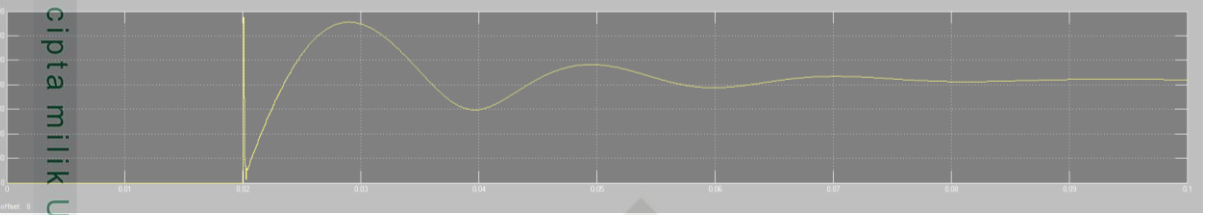


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

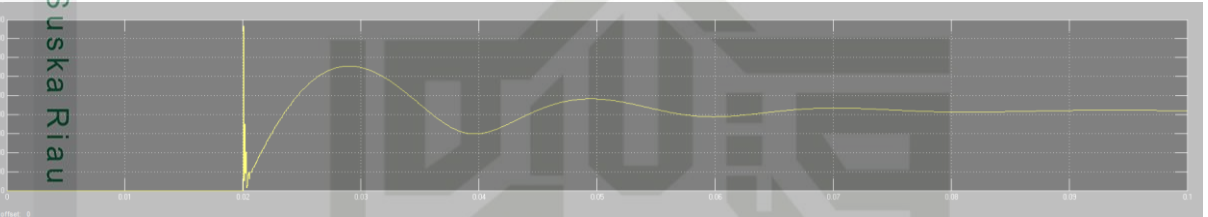
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

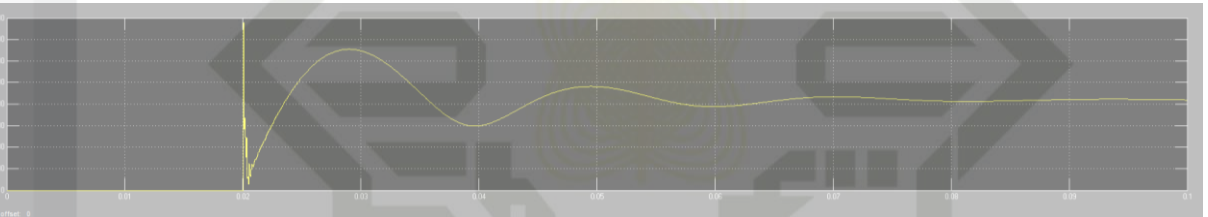
Lokasi 50 Meter



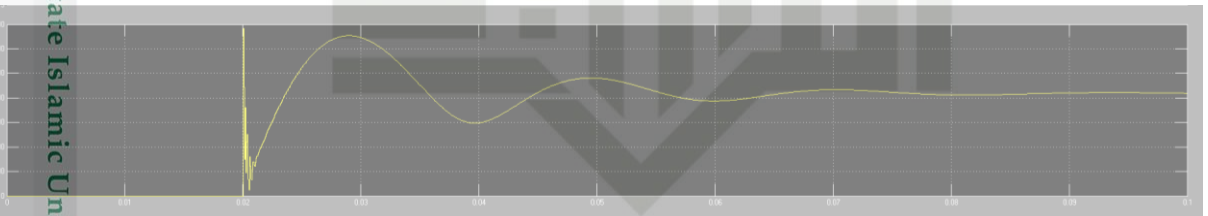
Lokasi 100 Meter



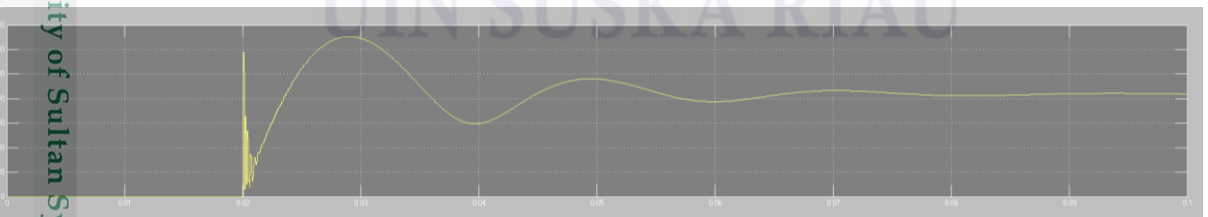
Lokasi 150 Meter



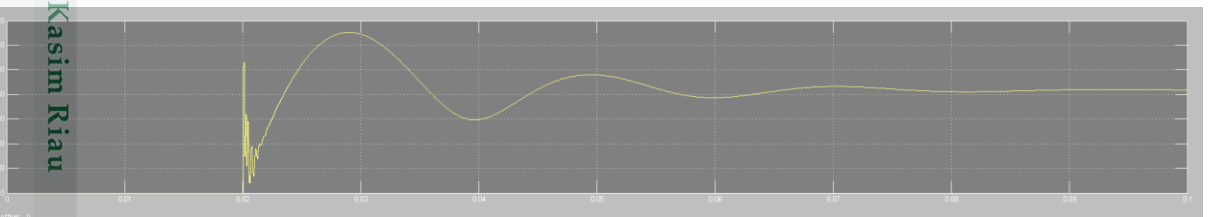
Lokasi 200 Meter



Lokasi 250 Meter



Lokasi 300 Meter



Lokasi 350 Meter

UIN SUSKA RIAU

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

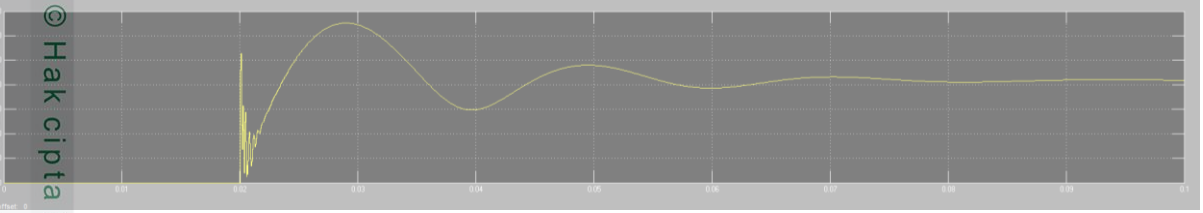




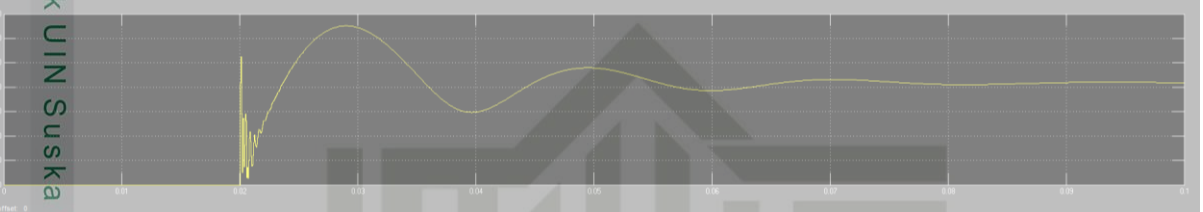
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

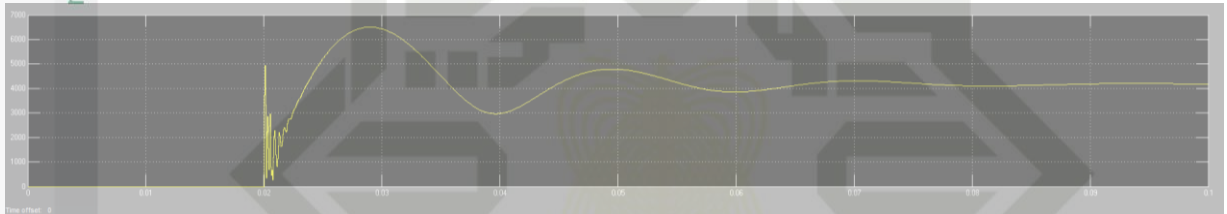
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



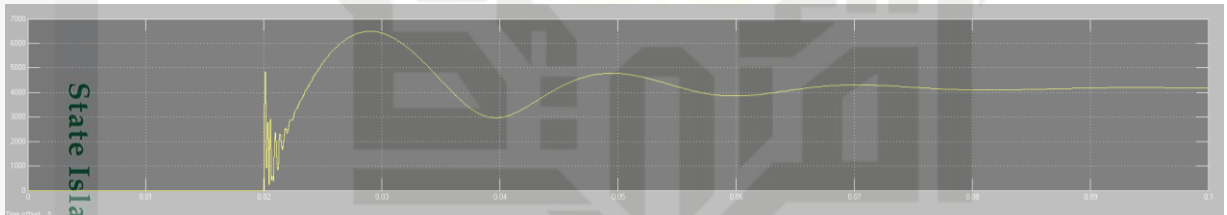
Lokasi 400 Meter



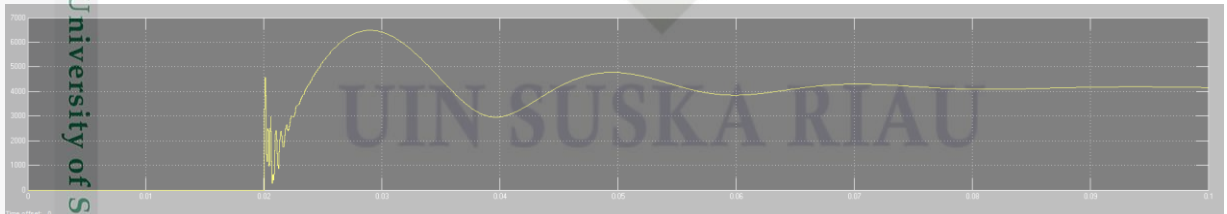
Lokasi 450 Meter



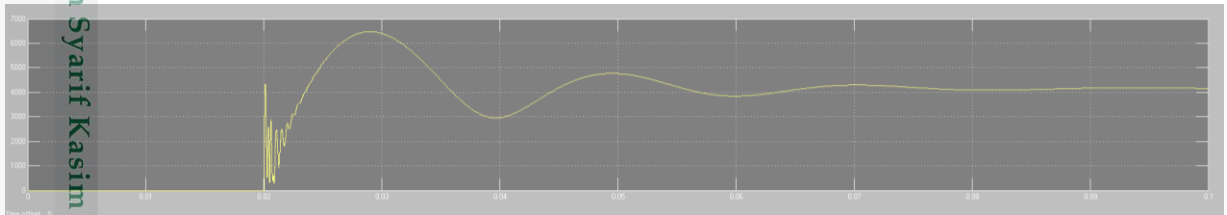
Lokasi 500 Meter



Lokasi 550 Meter



Lokasi 600 Meter

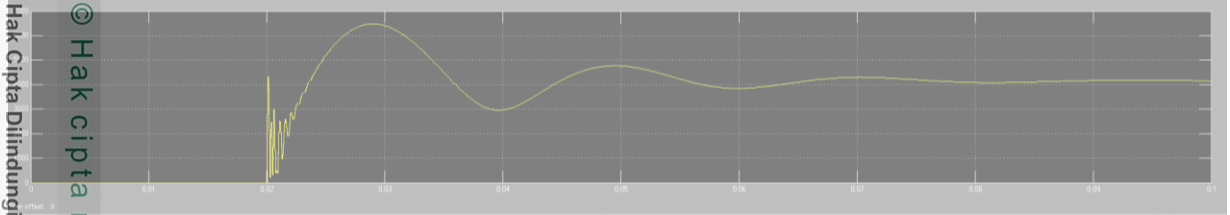


Lokasi 650 Meter

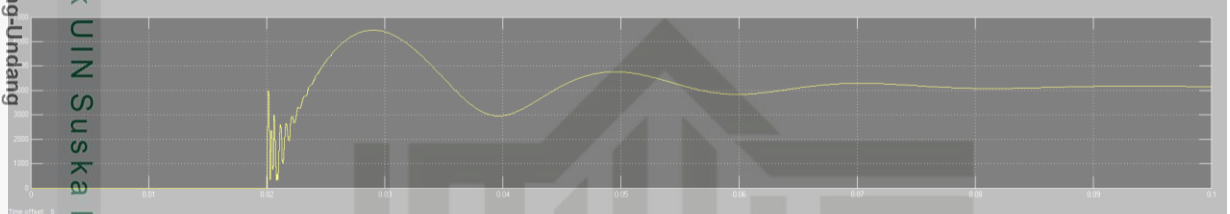
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



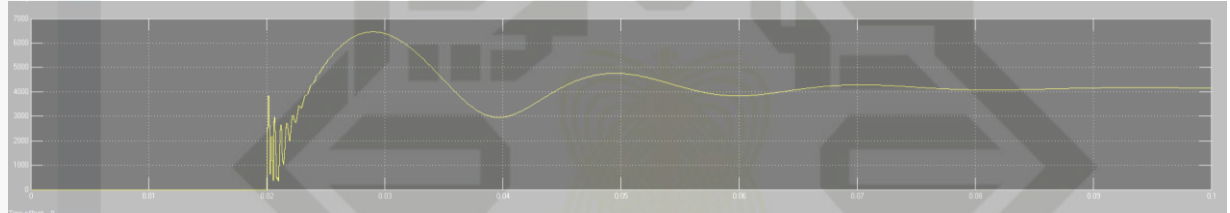
© Hak cipta milik UIN Suska Riau



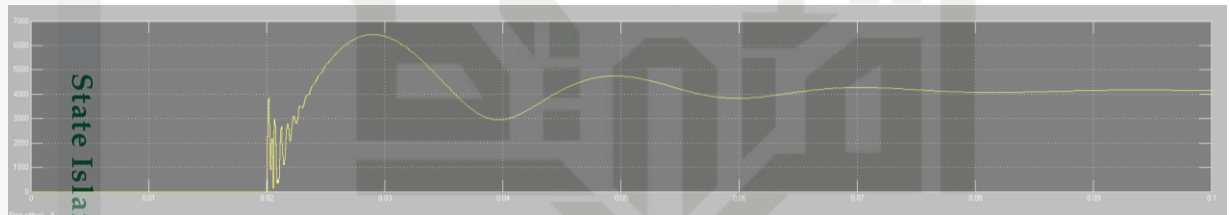
Lokasi 700 Meter



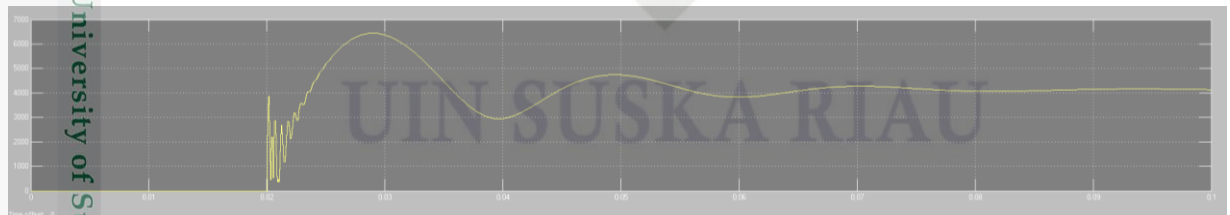
Lokasi 750 Meter



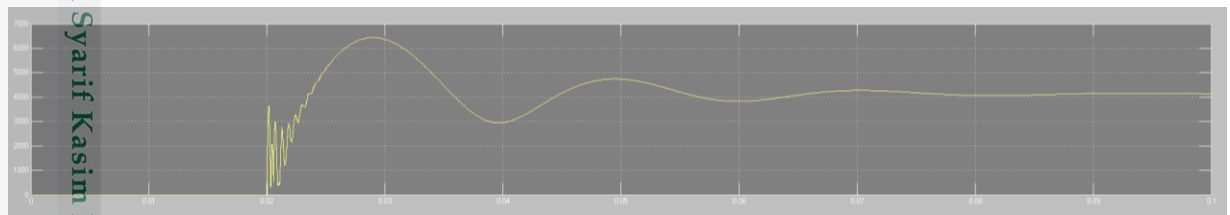
Lokasi 800 Meter



Lokasi 850 Meter



Lokasi 900 Meter



Lokasi 950 Meter

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

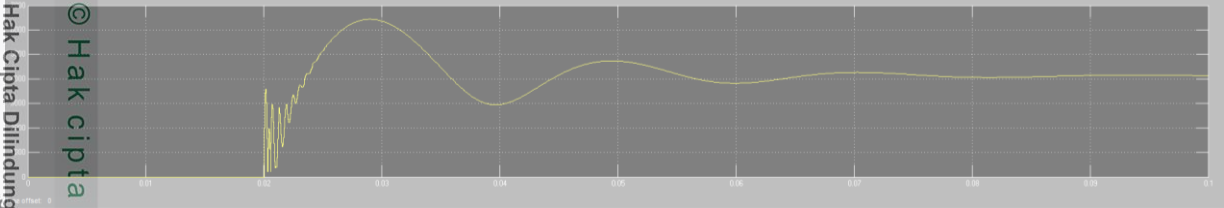
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



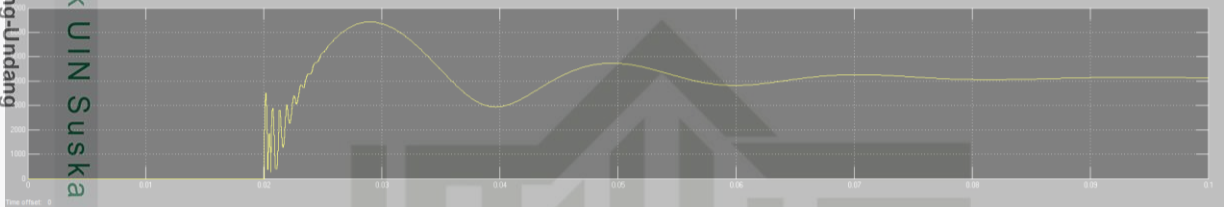
Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

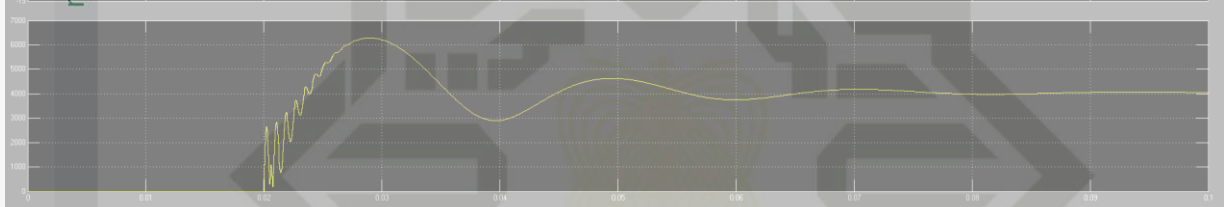
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



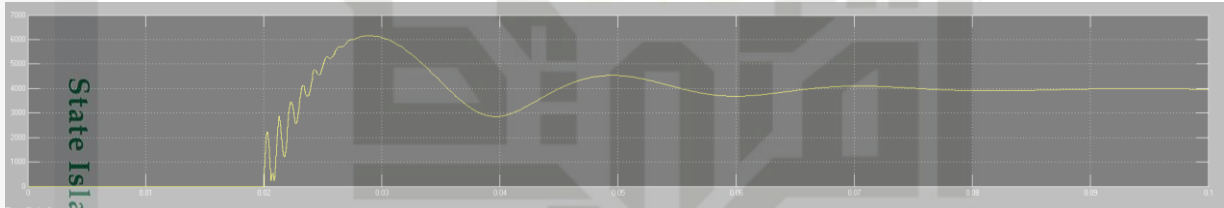
Lokasi 1000 Meter



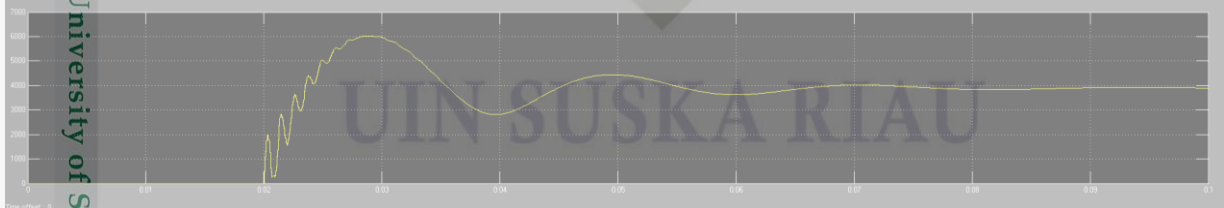
Lokasi 2000 Meter



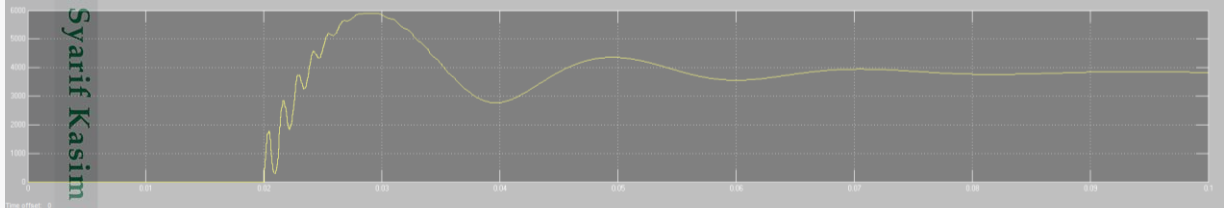
Lokasi 3000 Meter



Lokasi 4000 Meter



Lokasi 5000 Meter



Lokasi 6000 Meter

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

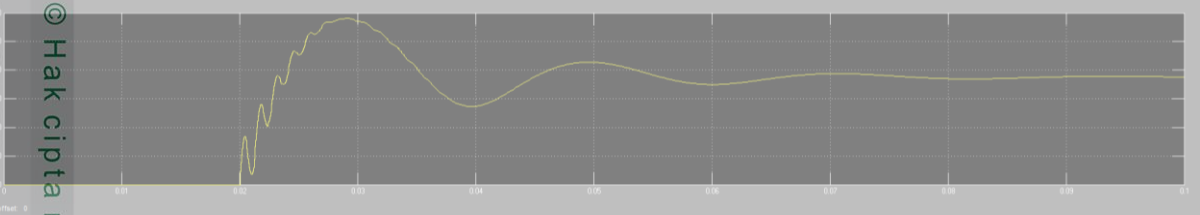
UIN SUSKA RIAU



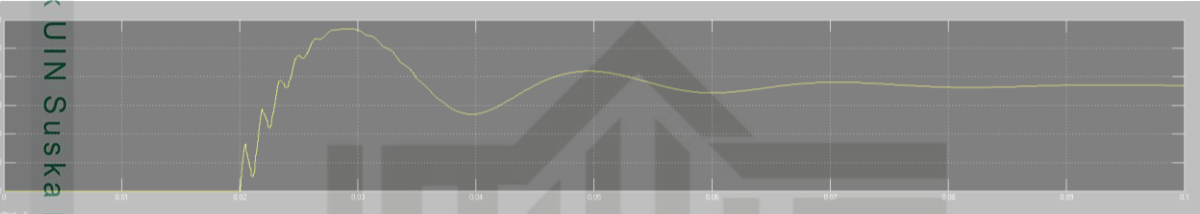
© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

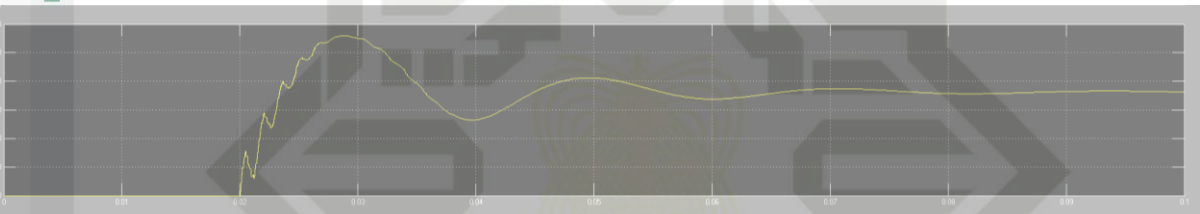
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



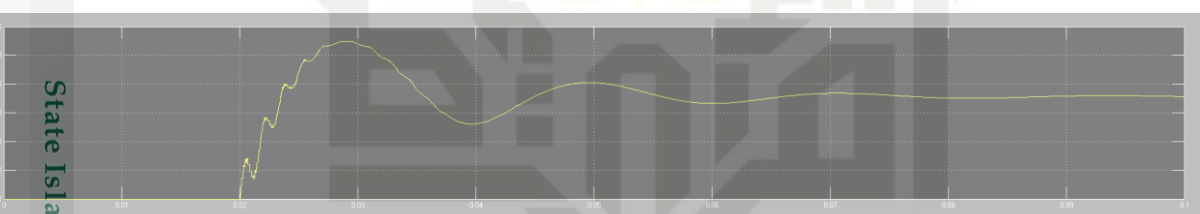
Lokasi 7000 Meter



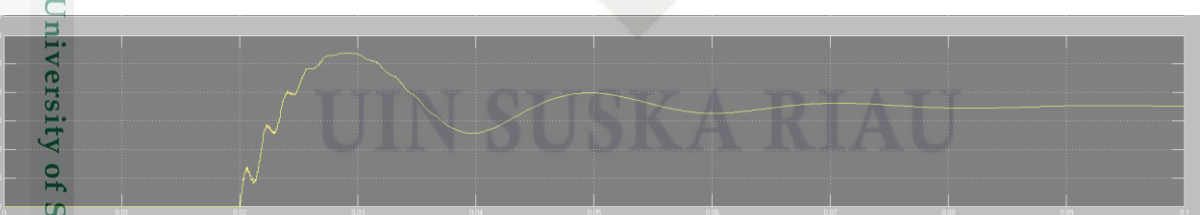
Lokasi 8000 Meter



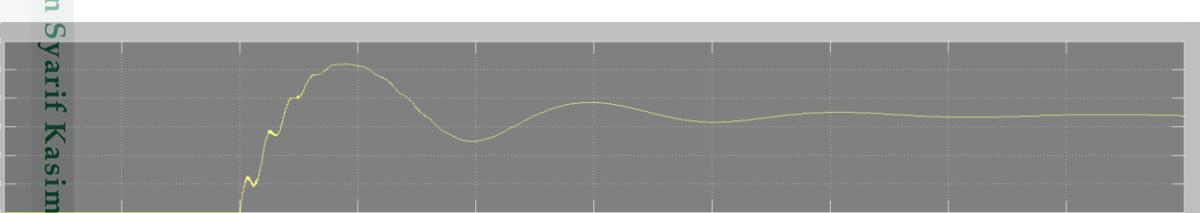
Lokasi 9000 Meter



Lokasi 10000 Meter



Lokasi 12000 Meter

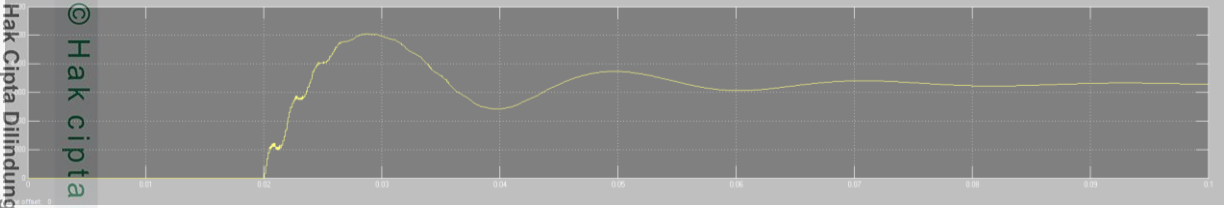


Lokasi 14000 Meter

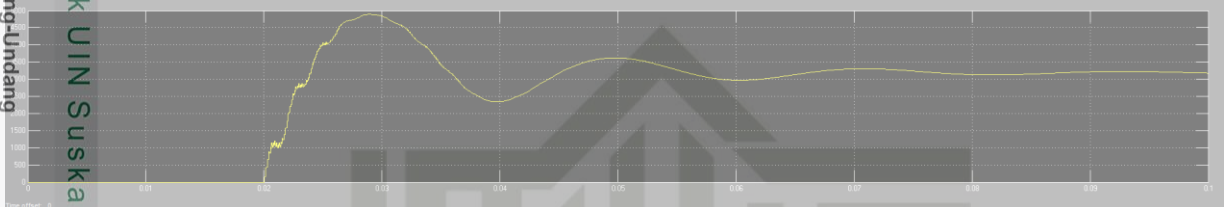


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

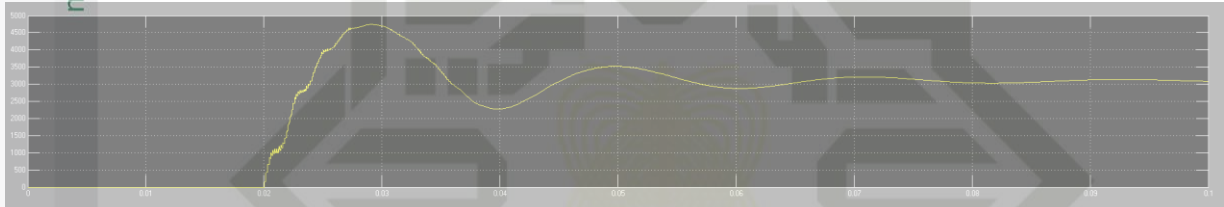
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



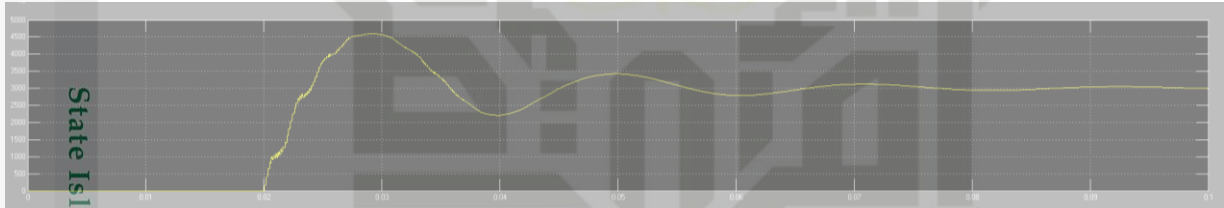
Lokasi 16000 Meter



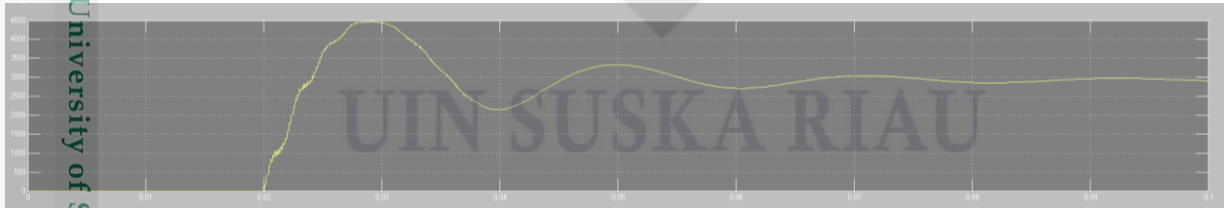
Lokasi 18000 Meter



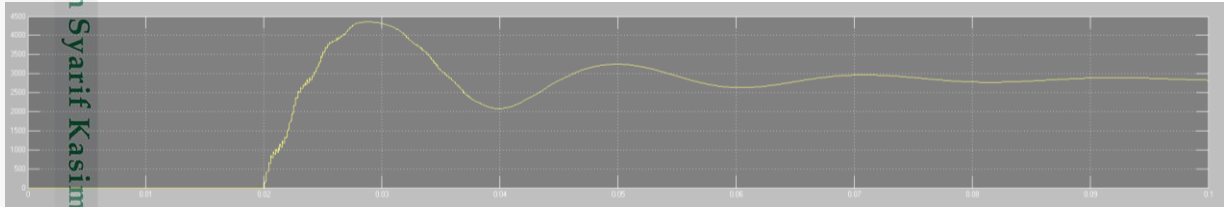
Lokasi 20000 Meter



Lokasi 22000 Meter

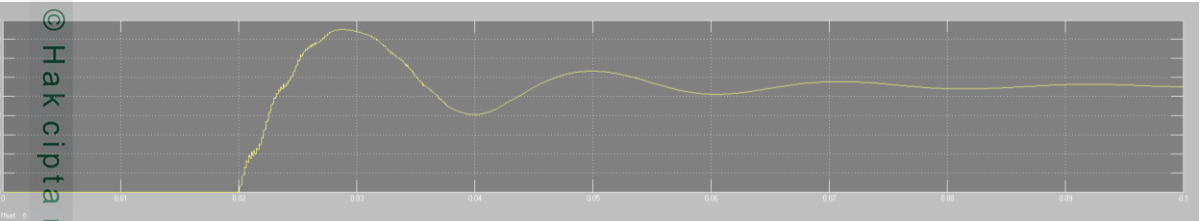


Lokasi 24000 Meter

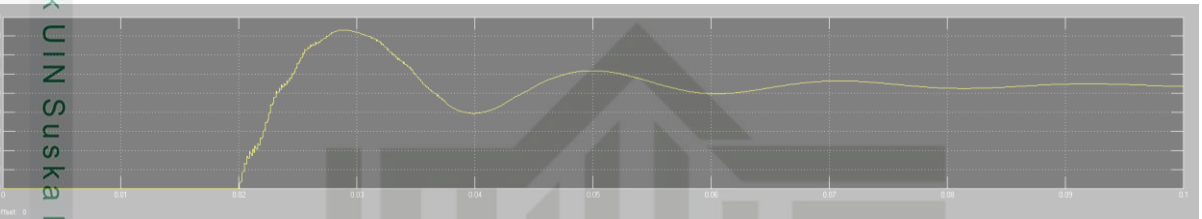


Lokasi 26000 Meter

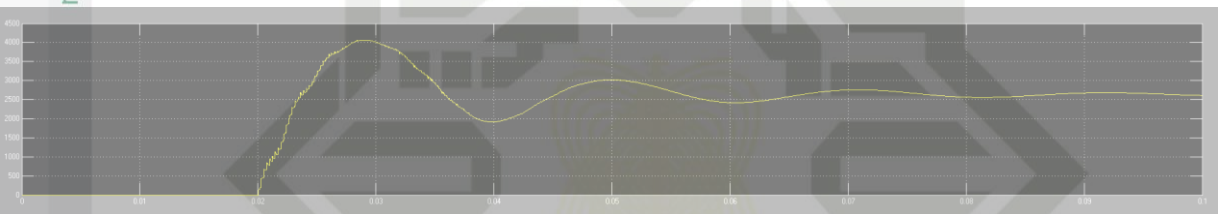
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Lokasi 28000 Meter



Lokasi 30000 Meter



State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik 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.