

SKRIPSI

**ANALISA KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN
HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG DI PT. PLN
(PERSERO) SUB ULP ATINGGOLA**

OLEH

ZAINUDIN HIKAYA

T21.16.021

*Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Ichsan Gorontalo*



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN
HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG DI PT. PLN
(PERSERO) SUB ULP ATINGGOLA**

OLEH

ZAINUDIN HIKAYA

T2116021

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian guna memperoleh gelar sarjana dan telah
disetujui oleh tim pembimbing pada tanggal yang tertera di bawah ini

Gorontalo 3 Mei 2020

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II



Muammar Zainuddin, ST.,MT

NIDN : 0906018701



Amelya Indah Pratiwi, ST.,MT

NIDN : 0907029701

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG DI PT. PLN (PERSERO) SUB ULP ATINGGOLA

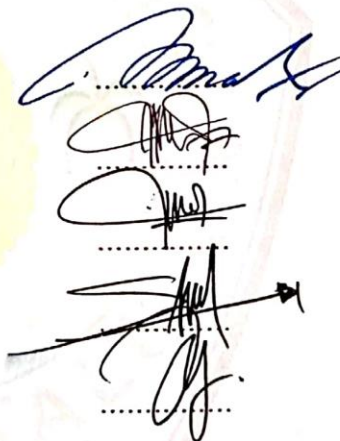
OLEH

ZAINUDIN HIKAYA

T2116021

Di Periksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)
Universitas Ichsan Gorontalo

1. Pembimbing I
Muammar Zainuddin, ST., MT
2. Pembimbing II
Amelya Indah Pratiwi, ST., MT
3. Penguji I (Ketua)
Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT
4. Penguji II (Anggota)
Steven Humena, ST., MT
5. Penguji III (Anggota)
Muhammad Asri, ST., MT



Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Amru Siola, ST., MT
NIDN : 0906018701

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT
NIDN : 0906018504

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zainudin Hikaya

NIM : T2116021

Kelas : Karyawan

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya (Skripsi) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari tim pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Ichsan Gorontalo

Gorontalo, 2 Mei 2020



Zainudin Hikaya
Zainudin Hikaya

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamuallaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah Subahanahuwata'ala, yang telah memberikan nikmat kesehatan dan kehidupan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini dengan sebenar-benarnya. Sholawat dan salam kepada nabi besar Muhammad Salawlahu'alaihiwasalam semoga curahan rahmat yang telah di berikan kepada beliau InsyaAllah sampai kepada kita semua Aamiin. Dalam penulisan proposal ini penulis sangat menyadari masih banyak terdapat kesalahan yang belum bisa diperbaiki. Namun dengan bimbingan dan masukan dari berbagai pihak penulis dapat menyelesaikanya dengan sebaik-baiknya.

Selanjutnya penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu izinkan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Muhammad Ichsan Gaffar, S.E.,M.A.k Selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Universitas Ichsan Gorontalo.
2. Bapak Dr. Abdul Gaffar Latjokke, M.Si, Selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Bapak Amru Siola, ST., MT, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Ichsan Gorontalo.

4. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ichsan Gorontalo.
5. Bapak Muammar Zainuddin, ST., MT, Selaku Pembimbing I.
6. Ibu Amelya Indah Pratiwi, ST., MT, selaku pembimbing II.
7. Seluruh Dosen Fakultas Teknik dan dosen yang berada di ruang lingkup Universitas Gorontalo tanpa terkecuali.
8. Teman-teman angkatan 2016 yang selalu setia bersama dan memberikan semangat satu sama lain.
9. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan mental maupun material kepada penulis sehingga proposal ini dapat terselesaikan.

Semoga kebaikan, bantuan, dan bimbingan dari semua pihak yang terkait dalam penulisan skripsi ini akan dibalas dengan kebaikan-kebaikan oleh Allah Subhanahuata'allah dan menjadi amal jariyah yang tidak ada putus-putusnya.

Gorontalo, 2 Mei 2020

Penulis

ABSTRAK

Kedip tegangan (*Voltage Sag*) merupakan salah satu jenis gangguan yang dapat menurunkan kualitas daya pada sistem distribusi, karena pada umumnya variasi tegangan yang timbul karena adanya kedip tegangan pada sistem distribusi akan mempengaruhi kinerja yang sangat sensitif terhadap adanya perubahan tegangan. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk menganalisa terjadinya kedip tegangan pada penyulang di PT. PLN (Persero) sub ULP Atinggola yang ditimbulkan karena adanya gangguan hubung singkat, hubung singkat untuk gangguan satu fasa dengan tanah di titik lokasi gangguan 100% penyulang LA.01 adalah $209,01 \angle 15,27$ Ampere dan penyulang LA.02 adalah $118,54 \angle 24,82$ Ampere, untuk gangguan fasa dengan fasa titik 100% penyulang LA.01 adalah $192,88 \angle 20,98$ Ampere dan Penyulang LA.02 adalah $661,15 \angle 28,86$ Ampere, untuk gangguan hubung singkat tiga fasa di titik gangguan 100% penyulang LA.01 adalah $763,69 \angle 28,86$ Ampere dan LA.02 adalah $222,74 \angle 20,98$ Ampere. Dalam penelitian ini juga dilakukan simulasi hubung singkat L-G, L-L dan 3 phase pada bus-bus di tiap-tiap penyulang yaitu penyulang LA.01 ada 18 bus yang disimulasi dan penyulang LA.02 ada 12 bus yang disimulasi dengan nilai rata-rata kedip tegangan 0,1 detik pada durasi simulasi 1 detik dengan 5 siklus percobaan.

Kata Kunci : Kedip tegangan (*Voltage Sag*), Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit*), Simulasi hubung singkat.

ABSTRACT

Voltage Sag (Voltage Sag) is one type of interference that can reduce the quality of power in the distribution system, because in general the voltage variations arising from the blink voltage in the distribution system will affect the performance which is very sensitive to voltage changes. The purpose of this thesis is to analyze the occurrence of a blink voltage on the feeder at PT. PLN (Persero) sub ULP Atinggola caused by short circuit, short circuit for single phase disturbance with the ground at the point where the fault is 100% LA.01 feeder is $209.01 \angle 15.27$ Ampere and LA.02 feeder is $118.54 \angle 24.82$ Ampere, for phase disturbances with a 100% point phase LA.01 feeder is $192.88 \angle 20.98$ Amperes and LA.02 feeder is $661.15 \angle 28.86$ Amperes, for three-phase short circuit faults at the point of interruption 100% LA.01 feeder is $763.69 \angle 28.86$ Amperes and LA.02 is $222.74 \angle 20.98$ Amperes. In this study also performed a short circuit simulation of LG, LL and 3 phases on the buses in each feeder, namely feeder LA.01, there are 18 buses that are simulated and feeder LA.02, 12 buses are simulated with an average value of voltage blinks 0.1 seconds at a 1 second simulation with 5 cycles.

Keywords: Voltage Sag (Voltage Sag), Short Circuit Interference (Short Circuit), Short Circuit Simulation.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Penelitian terdahulu	4
2.2 Dasar Teori.....	11

2.2.1	Sistem Distribusi Tenaga Listrik	11
2.2.2	Gangguan-Gangguan Pada Sistem Distribusi	13
2.2.3	Gangguan Hubung Singkat	13
2.2.4	Impedansi Pada Saluran Distribusi.....	18
2.2.5	Perhitungan Impedansi.....	18
2.2.6	Kedip Tegangan (<i>voltage sags</i>).....	22
2.2.7	Sebab Terjadinya Kedip Tegangan	23
2.2.8	Perhitungan Tegangan Kedip	24
2.2.9	Akibat Dari Gangguan Kedip Tegangan	28
2.2.10	Batasan Kedip Tegangan pada Sistem Distribusi	28
BAB III METODE PENELITIAN		30
3.1	Kerangka Konsep Penelitian.....	30
3.2	Objek Penelitian/Alat dan Bahan	30
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.4	Metode Penelitian	31
3.5	Tahapan Alur Penelitian.....	31
3.6	<i>Flowchart</i> Alur Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN SIMULASI.....		37
4.1	Hasil Penelitian.....	36

4.2	Menghitung Impedansi Sumber, Reaktansi Trafo, Impedansi Penyulang, dan Impedansi Ekvivalen	40
4.2.1	Menghitung Impedansi Sumber	40
4.2.2	Menghitung Reaktansi Trafo	41
4.2.3	Menghitung Impedansi Penyulang	41
4.2.4	Menghitung Impedansi Ekvivalen.....	45
4.3	Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat.....	48
4.3.1	Menghitung Arus Gangguan Satu Fasa dengan Tanah	48
4.3.2	Menghitung Arus Gangguan Fasa dengan Fasa	50
4.3.3	Menghitung Arus Gangguan Tiga Fasa	51
4.4	Perhitungan Kedip Tegangan.....	52
4.4.1	Menghitung Kedip Tegangan Satu Fasa dengan Tanah	52
4.4.2	Menghitung Kedip Tegangan fasa dengan fasa	55
4.4.3	Menghitung Kedip Tegangan Tiga Fasa.....	60
4.5	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Menggunakan Software ETAP	62
4.5.1	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Penyulang LA.01.....	62
4.5.2	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Penyulang LA.02.....	66
4.6	Kedip Tegangan Pada Gngguan Hubung Singkat	69
4.6.1	Kedip Tegangan pada Penyulang LA.01	69
4.6.2	Kedip Tegangan pada Penyulang LA.02	71

4.6.3	Pemulihan Kedip Tegangan	72
BAB V PENUTUP		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA		74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik	12
Gambar 2.2 Skema Tahap Penyaluran Listrik Sampai Pada Pemakai	12
Gambar 2.3 Gangguan hubung singkat satu fasa dengan tanah	16
Gambar 2.4 Gangguan hubung singkat satu fasa dengan fasa	16
Gambar 2.5 Gangguan hubung singkat dua fasa dengan tanah.....	17
Gambar 2.6 Gangguan hubung singkat tiga fasa.....	17
Gambar 2.7 Impedansi Penghantar.....	19
Gambar 2.8 Gelombang saat terjadinya voltage DIP/SAG dan Swell	22
Gambar 3.1 Impedansi penghantar	33
Gambar 3.2 (<i>Flowchart</i>) Alur Penelitian	36
Gambar 4.1 Single Line Diagram LA.01	39
Gambar 4.2 Single Line Diagram LA.02	39
Gambar 4.3 Gangguan Hubung Singkat Pada Titik Jarak 100%	48
Gambar 4.4 Grafik Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat LA.01 & LA.02	52
Gambar 4.5 Grafik Hasil Perhitungan Kedip Tegangan LA.01 & LA.02	62
Gambar 4.4 Model sistem distribusi penyulang LA.01 dalam kondisi normal setelah di simulasi aliran daya pada ETAP 12.6.0	63
Gambar 4.5 Hubung singkat 1 fasa dengan tanah yang terjadi pada 18 bus penyulang LA.01	64
Gambar 4.6 Hubung singkat fasa dengan fasa yang terjadi pada 18 bus penyulang LA.01	65
Gambar 4.7 Hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada 18 bus penyulang LA.01	66
Gambar 4.8 Model sistem distribusi penyulang LA.02 dalam kondisi normal setelah di simulasi aliran daya pada ETAP 12.6.0	67

Gambar 4.9 Hubung singkat 1 fasa dengan tanah yang terjadi pada 12 bus penyulang LA.02	67
Gambar 4.10 Hubung singkat fasa dengan fasa yang terjadi pada 12 bus penyulang LA.02	68
Gambar 4.11 Hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada 12 bus penyulang LA.02	69
Gambar 4.12 Grafik kedip tegangan pada bus7 durasi 1 detik	71
Gambar 4.13 Grafik kedip tegangan pada bus16 durasi 1 detik	72
Gambar 4.14 Grafik kedip tegangan pada bus19 durasi 1 detik	72
Gambar 4.15 Grafik kedip tegangan pada bus28 durasi 1 detik	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe rentang kualitas daya input dan parameter beban	29
Tabel 4.1 Data penghantar penyulang PLN sub ULP Atinggola	37
Tabel 4.2 Data impedansi penghantar penyulang PLN sub ULP	37
Tabel 4.3 Data gardu distribusi penyulang LA.01	37
Tabel 4.4 Data gardu distribusi penyulang LA.01	38
Tabel 4.5 Data Impedansi Penyulang LA.01	40
Tabel 4.6 Impedansi penyulang LA.01 urutan positif dan urutan negative	41
Tabel 4.7 Impedansi penyulang LA.01 urutan nol	41
Tabel 4.8 Data Impedansi Penyulang LA.02	41
Tabel 4.9 Impedansi penyulang LA.02 urutan positif dan urutan negative	43
Tabel 4.10 Impedansi penyulang LA.02 urutan nol	43
Tabel 4.11 Impedansi ekivalen Z_{1eki} & Z_{2eki} penyulang LA.01	44
Tabel 4.12 Impedansi ekivalen Z_{0eki} penyulang LA.01	44
Tabel 4.13 Impedansi ekivalen Z_{1eki} & Z_{2eki} penyulang LA.02	46
Tabel 4.14 Impedansi ekivalen Z_{0eki} penyulang LA.02	46
Tabel 4.15 Arus gangguan hubung singkat fasa dengan tanah LA.01 & LA.02	48
Tabel 4.16 Arus gangguan hubung singkat fasa dengan fasa LA.01 & LA.02....	49
Tabel 4.17 Arus gangguan hubung singkat tiga fasa LA.01 & LA.02	50
Tabel.4.18 Kedip tegangan antar satu fasa dengan tanah LA.01 & LA.02	53
Tabel.4.19 Kedip tegangan antar fasa dengan fasa LA.01 & LA.02.....	58
Tabel.4.20 Kedip tegangan antar 3 fasa LA.01 & LA.02	59
Tabel 4.21 Hasil gangguan 1 fasa dengan tanah pada 18 bus penyulang LA.01 .	61
Tabel 4.22 Hasil gangguan fasa dengan fasa pada 18 bus penyulang LA.01	62
Tabel 4.23 Hasil gangguan 3 fasa pada 18 bus penyulang LA.01	63
Tabel 4.24 Hasil gangguan 1 fasa dengan tanah pada 18 bus penyulang LA.01 .	65
Tabel 4.25 Hasil gangguan fasa dengan fasa pada 18 bus penyulang LA.01	66

Tabel 4.26 Hasil gangguan 3 fasa pada 12 bus penyulang LA.02	67
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT. PLN adalah suatu perusahaan milik negara yang bergerak dalam bidang kelistrikan, yang bertujuan membantu pemerintah negara dalam memajukan daerah-daerah didalam negara, yakni daerah-daerah yang ada di seluruh pelosok Indonesia, khususnya Gorontalo.

Dalam menyuplai listrik menuju ke beban-beban yang diinginkan maka PT. PLN membutuhkan tegangan dengan kualitas yang baik, ekonomis, dan aman. Sistem distribusi adalah hal yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan. Jumlah gangguan dalam sistem distribusi relative lebih banyak dibandingkan dengan jumlah gangguan pada bagian sistem yang lain, seperti pada saluran transmisi, unit pembangkit dan transformator pada gardu induk.(Sitepu, 2014)

Dalam pengoprasian sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan-gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Biasanya gangguan yang sering terjadi adalah gangguan 1 fasa ke tanah, fasa-fasa dan 3 fasa (yang sifatnya sementara). Gangguan hubung singkat yang sering terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik akan menyebabkan penurunan tegangan dalam waktu yang relatif singkat dan bisa disebut kedip tegangan. Peristiwa ini meskipun berlangsung dalam waktu yang relatif singkat,

dapat memberikan dampak tidak berfungsinya peralatan elektronika yang sensitif dan peka terhadap variasi tegangan (Hendra et al., 2015).

Untuk menentukan dan menghitung besar kedip tegangan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik, terutama pada sistem distribusi PLN sub ULP Atinggola khususnya pada penyulang LA.01 dan LA.02 maka diperlukan data-data dari jaringan distribusi itu sendiri.

Inilah yang melatarbelakangi penulis untuk mengangkat judul “ANALISA KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG DI PT. PLN (PERSERO) SUB ULP ATINGGOLA”, dengan harapan dapat membantu dan memberikan manfaat dalam meningkatkan penguasaan di bidang peningkatan kualitas daya.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang akan di bahas ialah :

1. Berapa nilai arus gangguan hubung singkat fasa dengan tanah, fasa dengan fasa, dan tiga fasa pada penyulang di PLN sub ULP Atinggola ?
2. Berapa besar nilai kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat pada penyulang di PLN sub ULP Atinggola ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui arus gangguan hubung singkat pada penyulang di PLN sub ULP Atinggola .
2. Mengetahui besar kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat pada penyulang di PLN sub ULP Atinggola.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dari penelitian ini agar tidak terlalu meluas pembahasannya yaitu :

1. Menganalisa gangguan hubung singkat fasa dengan tanah, fasa dengan fasa, tiga fasa.
2. Melakukan perhitungan manual untuk mendapatkan arus gangguan dan besar kedip tegangan akibat hubung singkat pada penyulang di PLN sub ULP Atinggola.
3. Melakukan simulasi hubung singkat pada bus-bus penyulang LA.01 dan LA.02 menggunakan software Etap 12.6
4. Data penelitian bersumber dari data dokumenter dan data teknis yang diambil dari PT. PLN persero sub ULP Atinggola

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini supaya dapat menentukan kapasitas proteksi yang harus digunakan seperti *Fuse Link*, *Isolator*, *Circuit Breaker* dan proteksi lainnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian terdahulu

Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (*Geographic Information System*) (Al qoyyimi et al., 2017).

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak GIS *Smallworld* PLN Area Distribusi Jawa Timur yaitu software aplikasi yang menyediakan pengelolaan data geospasial utilitas listrik untuk mendukung perencanaan jaringan, desain, pemeliharaan dan operasi pada PT. PLN Area Distribusi Jawa Timur, dan topologi penyulang tegalsari

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi saluran 20 kV menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan dan kerusakan dari peralatan pemutus beban. Gangguan yang berasal dari luar sistem dapat disebabkan oleh sentuhan pohon atau ranting pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Jenis gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Dari lama gangguan :
 - a. Gangguan permanen (dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, gangguan baru akan hilang setelah kerusakan diperbaiki).

b. Gangguan temporer (gangguan yang tidak akan lama dan dapat normal atau hilang dengan sendirinya yang disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya).

2. Dari jenis gangguan :

- a. Gangguan satu fasa ke tanah
- b. Gangguan dua fasa ke tanah
- c. Gangguan fasa ke fasa
- d. Gangguan tiga fasa ke tanah

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi dan analisis terhadap sistem distribusi pada GIS penyulang Tegalsari. Simulasi terlebih dahulu dilakukan dengan membuat diagram segaris (*Single Line Diagram*) dari peta GIS distribusi listrik sesuai dengan jumlah titik gardu. *Analisis Short Circuit* dijalankan untuk mengetahui nilai arus dan impedansi dari penyulang. Terdapat 4 kasus yang berbeda, yaitu: ? Kasus A menampilkan sebagian hasil dari arus yang di dapatkan dan di validasikan dengan ETAP? Kasus B Perhitungan penentuan estimasi lokasi jarak gangguan untuk tipe gangguan satu fasa ke tanah yang didapatkan hasil dari ETAP dan menampilkan hasil dari perhitungan menggunakan *algoritma direct building* yang digabung dengan metode impedansi, beserta contoh pengujian di GIS.? Kasus C Perhitungan penentuan estimasi lokasi jarak gangguan untuk tipe gangguan tiga fasa beserta contoh pengujian di GIS.

Pengaruh Kedip Tegangan dan Koordinasi Rele Arus Lebih pada Pabrik Semen (Sabara et al., 2012) Pada penelitian ini dilakukan perhitungan

arus hubung singkat menggunakan dua konfigurasi yang mewakili hubung singkat minimum dan maksimum, yaitu :

1. Hubung singkat minimum ; generator G1, G2 beroperasi sementara generator G3 dan G4 off
2. Hubung singkat maksimum ; pada saat semua generator hidup.

Kedip tegangan dapat disebabkan oleh dua hal yaitu; pertama, adanya gangguan hubung singkat pada jaringan tenaga listrik itu sendiri; kedua, adanya perubahan beban secara mendadak seperti : (*switching* beban dan pengasutan motor induksi). Penurunan tegangan pada sistem ini akan peralatan-peralatan yang peka terhadap fluktuasi tegangan. Koordinasi pengaman sangat diperlukan untuk mengatasi gangguan tersebut, sehingga gangguan tersebut bisa dilokalisasi dari sistem yang sedang beroperasi. Tegangan harus konstan supaya kualitas daya di pabrik tetap baik. Tetapi pada kenyataannya tegangan tidak selalu konstan, di mana suatu saat tegangan akan naik dan tegangan turun.

1. Penyimpangan tegangan dalam waktu lama (*Long Duration Voltage Vanations*). Penyimpangan tegangan dalam waktu yang lama adalah penyimpangan tegangan yang terjadi dalam waktu lebih dari satu menit. Ada 3 hal yang menyebabkan terjadinya penyimpangan tegangan dalam waktu yang lama, yaitu:
 - a. Tegangan lebih (*Overvoltage*)
 - b. Drop tegangan (*Voltage drop*)
 - c. Pemutusan secara terus menerus (*sustained interruption*)

2. Penyimpangan tegangan dalam waktu singkat (*Short Duration Voltage Vanations*). Meliputi :
 - a. Pemutusan (*interruption*)
 - b. Kedip Tegangan (*Voltage sags*)
 - c. Tegagan swell (*voltage swell*)

Sistem distribusi mempunyai peranan yaitu untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik ke masing-masing beban atau konsumen dengan mengubah tegangan listrik yang didistribusikan menjadi tegangan yang dikehendaki, karena kedudukan sistem distribusi merupakan bagian yang paling akhir dari keseluruhan sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi mendistribusikan langsung tenaga listrik pada beban atau konsumen yang membutuhkan. Dalam pendistribusian tenaga listrik kekonsumen, tegangan listrik yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan (Hadi,1994:56). Untuk konsumen 7issal7e biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV atau 6,3 kV sedangkan untuk konsumen tegangan rendah 0,4 kV yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan pabrik perkantoran dan rumah tangga (Zuhal, 1991:74).

Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu (Suprianto, 2018). Tegangan Jatuh atau *drop voltage* adalah besar penurunan atau kehilangan nilai tegangan listrik pada suatu penghantar dari nilai tegangan normalnya, atau bisa juga disebut bahwa tegangan jatuh adalah selisih antara besar tegangan pangkal (Sumber) dengan besar tegangan ujung (beban) dari suatu instalasi listrik (Lily, 2015:5).

Besarnya kerugian tegangan atau tegangan jatuh (*drop voltage*) yang terjadi pada suatu jaringan listrik, dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Panjang Kabel Penghantar

Semakin panjang kabel penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

2. Besar Arus

Semakin besar arus listrik yang mengalir pada penghantar, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

3. Tahanan Jenis (*Rho*)

Semakin besar tahanan jenis dari bahan penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

4. Luas Penampang Penghantar

Semakin besar ukuran luas penampang penghantar yang digunakan, maka semakin kecil kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

Pelaksanaan penelitian dilakukan untuk mengetahui tegangan jatuh pada jaringan distribusi 20 kV di PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu menggunakan simulasi aliran daya dengan bantuan perangkat lunak ETAP dan data saluran yang digunakan dalam analisa tegangan jatuh pada jaringan distribusi 20 kV adalah di PT. PLN Area Ranto Prapat Rayon Aek Kota Batu, data yang dicari berupa jenis penghantar, diameter kabel saluran dan panjang saluran pada setiap segmen penyulang (Santoso et al., 2017). Hasil simulasi tegangan jatuh diperoleh melalui analisa load flow dengan metode Newton Raphson menggunakan software ETAP. Perbandingan dan validasi untuk satu bus dipilih

untuk merepresentasikan hasil keseluruhan tegangan jatuh pada sistem. Bus yang dipilih adalah bus 2, dan beberapa parameter pada bus 2 pada saat LWBP diketahui dari data dan hasil simulasi aliran daya

Analisa gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Jaringan 20 kV di PT. PLN (Persero) Sebatik Menggunakan Software Etap 12.6.0 (Samin, 2019) Penelitian ini dilakukan untuk menentukan arus hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah, dan tingkat tegangan busbar selama gangguan pada PT. PLN Sebatik untuk menentukan setelan relai arus lebih dan relai hubung tanah, agar dapat menjadi bahan pertimbangan bagi PT.PLN Sebatik untuk memperbaiki kinerja sistem proteksi agar dapat menjaga kontinuitas pelayanan daya kepada konsumen. Dalam penelitian ini lokasi yang diambil yaitu di PT. PLN (Persero) Sebatik Cabang Berau Kabupaten Nunukan. Penulis juga mengumpulkan data dari PT.PLN sebatik berupa data generator, data Transformator, data Kawat Penghantar, data Beban dan data Bus. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Diagram segaris (*single line diagram*) PT.PLN Sebatik, Data Busbar, Data pembangkit Data transformator, Data saluran penghantar, Data beban puncak PT.PLN Sebatik.

Dalam pengolahan data dilakukan beberapa tahap yaitu pengambilan data, membuat diagram segaris, memasukkan parameter kelistrikan kedalam tampilan perangkat *editor ETAP Power Station 12.6.0*, memasukkan simulasi aliran daya, melakukan simulasi arus hubung singkat satu fasa ketanah pada *software ETAP Power Station 12.6.0* dan menganalisis hasil simulasi arus hubung singkat satu fase pada *software ETAP Power Station 12.6.0* pada bus yang di tentukan.

Analisis Gangguan Hubung Singkat Simetris dan Asimetris Untuk Menentukan Kapasitas Pengaman Yang Terpasang Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Mambal (Pramadita et al., 2019) PT. PLN (Persero) Rayon Mengwi khususnya pada Penyulang Mambal mempunyai total 74 gardu distribusi dan pada Penyulang mambal melakukan pergantian kabel dari AAAC 70 mm² dengan yang baru yaitu AAAC 150 mm² untuk mengantisipasi peningkatan beban pada jaringan distribusi penyulang Mambal, dengan setting relay arus lebih penyulang Mambal dan recloser Ds. Sedang yang tetap mengacu pada setting terdahulu sebelum pergantian kabel yaitu pada relay arus lebih pada penyulang Mambal dengan kurva Standard Inverse TMS (Time Multiple Setting) sebesar 0,025 dan recloser Ds. Sedang TMS sebesar 1.

Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data Saluran jaringan Distribusi 20 kV, dan Data Impedansi GI pada Penyulang Mambal.
2. membuat single line diagram, melakukan pengecekan dengan simulasi load flow, melakukan simulasi short circuit analysis pada penyulang Mambal dengan Perangkat Lunak.
3. Analisis besar gangguan hubung singkat dengan metode komponen simetris pada penyulang.
4. Cara perbaikan atau meminimalisir gangguan hubung singkat dengan menentukan nilai dari kapasitas pengaman yang terpasang pada Penyulang Mambal.

2.2 Dasar Teori

Pada sistem tenaga listrik, jaringan distribusi merupakan suatu bagian penyaluran tenaga listrik dari gardu induk sampai pada konsumen tenaga listrik. Dalam sistem distribusi ada gangguan-gangguan yang sering dijadikan bahan penelitian untuk di kembangkan lagi agar mendapatkan pengetahuan yang lebih meluas sehingga dapat di jadikan bahan pembelajaran bagi banyak kalangan.

2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

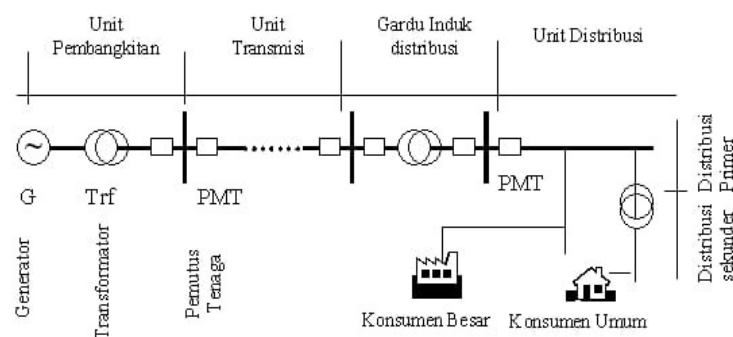
(Badaruddin & Kiswanto, 2015) Sistem distribusi tenaga listrik merupakan sistem terakhir dari bagian sistem tenaga listrik, karena sistem distribusi tenaga listrik berguna sebagai penyalur tenaga listrik dari sumber daya yang besar di turunkan ke sumber daya yang kecil sehingga bisa sampai dan di gunakan oleh konsumen pemakai energi listrik.

Sistem distribusi di Indonesia terdiri dari beberapa bagian yakni sebagai berikut :

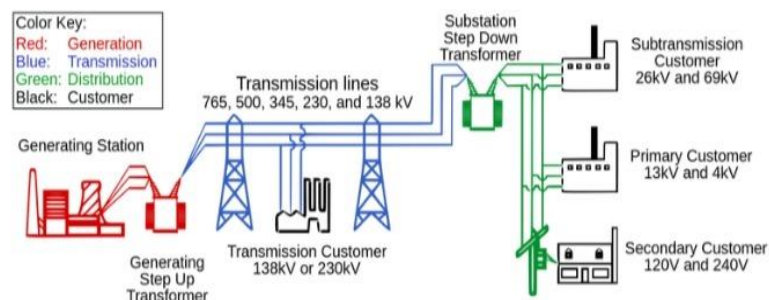
1. Gardu Induk Distribusi, berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan tinggi 150 kV yang di kirim oleh saluran transmisi kemudian diturunkan menjadi tegangan 20 kV oleh gardu induk distribusi
2. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), adalah saluran udara tegangan menengah yang bertegangan 20 kV
3. Gardu Distribusi, berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan yang di terima 20 kV menjadi 220/380 V

4. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR), adalah saluran udara tegangan rendah yang bertegangan 220/380 V, tegangan inilah yang di pakai masuk pada rumah-rumah kita.

Dari beberapa poin-poin yang di sebutkan di atas, jadi distribusi sistem tenaga listrik berfungsi sebagai pembagi dan penyaluran tenaga listrik ke konsumen karena merupakan suatu sistem akhir dari sistem tenaga listrik yang berhubungan secara langsung dengan pusat beban karena catu daya pada pusat-pusat terhubung langsung melalui jaringan distribusi (Pelawi & Yusmartato, 2018)



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik



Gambar 2.2 Skema Tahap Penyaluran Listrik Sampai Pada Pemakai

2.2.2 Gangguan-Gangguan Pada Sistem Distribusi

(Al qoyyimi et al., 2017) Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi saluran 20 kV menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan dan kerusakan dari peralatan pemutus beban. Gangguan yang berasal dari luar sistem dapat disebabkan oleh sentuhan pohon atau ranting pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Jenis gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Dari lama gangguan :
 - a. Gangguan permanen (dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, gangguan baru akan hilang setelah kerusakan diperbaiki).
 - b. Gangguan temporer (gangguan yang tidak akan lama dan dapat normal atau hilang dengan sendirinya yang disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya).
2. Dari jenis gangguan :
 - a. Gangguan satu fasa ke tanah
 - b. Gangguan dua fasa ke tanah
 - c. Gangguan fasa ke fasa
 - d. Gangguan tiga fasa ke tanah

2.2.3 Gangguan Hubung Singkat

(Saputra, 2016) Gangguan hubung singkat terjadi akibat internal dan eksternal. Faktor internal dari gangguan adalah rusaknya peralatan listrik.

Sedangkan eksternal adalah cuaca buruk, badai, hujan, bencana, runtuhnya pohon, petir, dan lain-lain. Selain internal dan eksternal gangguan terdiri dari gangguan temporer atau permanent. Gangguan temporer biasanya diamankan dengan CB (Circuit Breaker) atau pengaman lainnya, Sedangkan gangguan permanent adalah gangguan yang menyebabkan kerusakan permanent pada sistem. Seperti kegagalan isolator, kerusakan penghantar, dan kerusakan pada peralatan. Pada gangguan permanen sering terjadi pada saluran bawah tanah.

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik. Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan aliran arus menjadi besar, besarnya arus listrik yang mengalir dapat merusak peralatan listrik jika tidak dilengkapi dengan sistem proteksi yang tepat. Besar kecil aliran arus hubung singkat dipengaruhi oleh letak terjadinya gangguan. Jika gangguan semakin dekat dengan sumber, maka arus gangguan akan semakin besar begitu sebaliknya (Hendra et al., 2015). Perluasan sistem tenaga listrik perlu dianalisa kembali untuk mengetahui rating peralatan pemutus tegangan, misalnya Circuit Breaker (CB). Supaya Circuit Breaker (CB) dapat mengamankan dari gangguan sistem tenaga listrik. Gangguan hubung singkat terdiri dari gangguan simetris dan hubung singkat tidak simetris. Perhitungan arus gangguan hubung singkat simetris dan tidak simetris dapat dilakukan dengan alat bantu perhitungan, yaitu digital dengan bantuan software Matlab (Sukma & Hermanto, 2017).

(Sabara et al., 2012) Untuk perhitungan praktis dalam menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat pada sistem distribusi 20 kV dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Arus gangguan hubung singkat Fasa ke tanah :

$$I = \frac{V}{Z} \dots\dots\dots 2.1$$

2. Arus gangguan hubung singkat 3 fasa :

$$I_{hs3f} = \frac{V_n}{Z_1} \dots\dots\dots 2.2$$

3. Arus gangguan hubung singkat fasa-fasa

$$I_{hs3f} = \frac{\sqrt{3}V_n}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots 2.3$$

Z_1 dan Z_2 keduanya merupakan impedansi urutan positif dan negatif yang besaran nilainya sama, jadi didapatkan :

$$I_{hs2f} = \frac{\sqrt{3}V_n}{2 Z_1} \dots\dots\dots 2.4$$

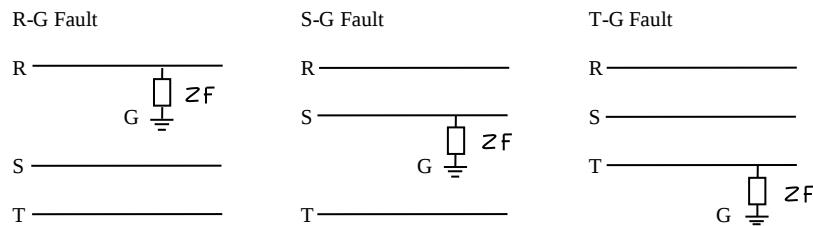
Dimana ; V_N merupakan tegangan fasa ke netral.

Gangguan hubung singkat terbagi atas beberapa jenis gangguan sebagai berikut :

1. Gangguan Satu Fasa dengan Tanah

(Al qoyyimi et al., 2017) Gangguan satu fasa dengan tanah (*single line to ground*) merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi karena adanya kontak langsung fasa dengan tanah. Gangguan hubung singkat satu fasa dengan tanah tergolong pada hubung singkat tidak simetri (asimetri). Gangguan satu fasa dengan tanah merupakan gangguan yang sering sekali terjadi pada distribusi tenaga listrik, karena dari gangguan ini terdapat 70% di bandingkan dengan Persentasi gangguan lain, karena gangguan ini bersifat temporer dan tidak ada

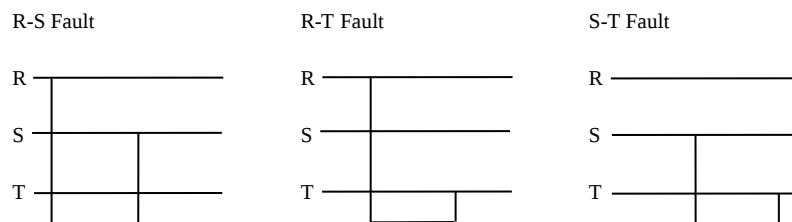
kerusakan permanen pada titik gangguan. Berikut gambar gangguan hubung singkat fasa dengan tanah.



Gambar 2.3 Gangguan hubung singkat satu fasa dengan tanah

2. Gangguan Fasa dengan Fasa

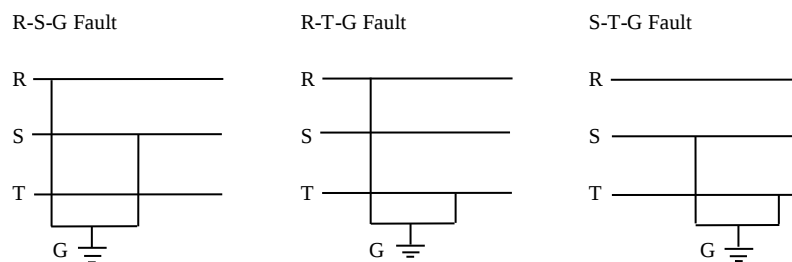
(Al qoyyimi et al., 2017) Gangguan fasa dengan fasa (*line to line*) merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi karena adanya kontak langsung fasa dengan fasa lainnya, sehingga terjadi kelebihan arus atau arus lebih (*over current*). Gangguan hubung singkat fasa dengan fasa tergolong pada hubung singkat tidak simetri atau (asimetri). Gangguan ini terjadi karena adanya kontak langsung antara 1 fasa dengan fasa lainnya yang bisa disebabkan oleh ranting pohon yang ditiup angin. Persentase dari gangguan fasa dengan fasa ini sebanyak 15%. Berikut gambar hubung singkat fasa dengan fasa.



Gambar 2.4 Gangguan hubung singkat fasa dengan fasa

3. Gangguan Dua Fasa dengan Tanah

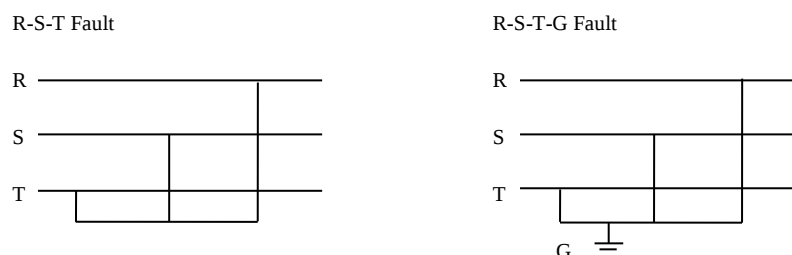
Gangguan hubung singkat dua fasa dengan tanah (*line to line to ground*) merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi ketika dua fasa penghantar terhubung ke tanah, gangguan ini termasuk gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Persentasi terjadi gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah adalah 10%.



Gambar 2.5 Gangguan hubung singkat dua fasa dengan tanah

4. Gangguan Tiga Fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa (*LLL*) merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi karena bersentuhannya ketiga penghantar fasa, penyebab dari gangguan ini dikarenakan tumbangya pohon yang kemudian menimpa kabel jaringan, sehingga memutus kabel fasa secara bersamaan. Gangguan ini termasuk gangguan hubung singkat simetri. Prosentase untuk terjadi gangguan hubung singkat ini adalah 5%.



Gambar 2.6 Gangguan hubung singkat tiga fasa

2.2.4 Impedansi Pada Saluran Distribusi

Impedansi (Z) terdiri dari resistansi (R) dan reaktansi (X). Impedansi merupakan parameter terpenting pada suatu jaringan transmisi maupun distribusi. Impedansi pada jaringan transmisi/distribusi perlu diketahui untuk melakukan suatu analisa sistem, baik untuk analisa hubung singkat, aliran daya dan proteksi, kestabilan sistem maupun sistem. Nilai resistansi dapat ditentukan oleh jenis dan ukuran kawat penghantar, sedangkan nilai reaktansi (induktif dan kapasitif) ditentukan oleh suatu jarak antara saluran dan banyaknya serat kawat penghantar. Untuk sistem yang bertegangan menengah dan rendah, reaktansi kapasitif dapat dibiarkan, karena nilai reaktansi kapasitif negatif lebih kecil dibandingkan dengan reaktansi induktif.

$$Z = R + jX \dots\dots\dots 2.5$$

Z = impedansi (Ohm)

R = resistansi (Ohm)

jX = reaktansi (Ohm)

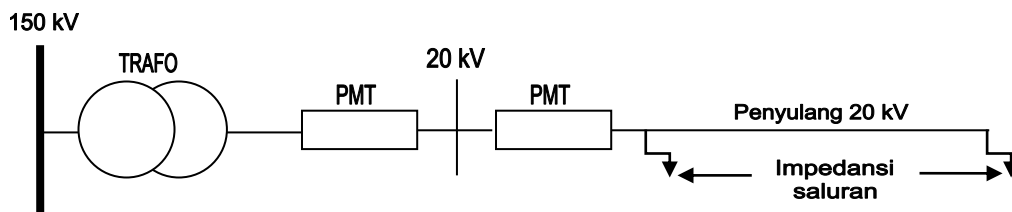
2.2.5 Perhitungan Impedansi

Dalam menghitung Impedansi ini ada tiga macam yakni :

1. (Z_1) Impedansi urutan positif, impedansi urutan ini hanya dirasa oleh arus urutan positif.
2. (Z_2) Impedansi urutan negatif, impedansi urutan ini hanya dirasa oleh arus urutan negatif.

3. (Z_0) Impedansi urutan nol, impedansi urutan ini hanya dirasa oleh arus urutan nol.

Sebelum menghitung nilai impedansi yang terdapat pada penghantar di Jaringan, kita harus memiliki data impedansi ohm per kilometer, nilai impedansi ohm per kilometer ini didapat dari data yang ada di lapangan dan dikalikan dengan jarak penghantar. Seperti pada gambar berikut dari GI A ke GI B dan PMT /pemutus.



Gambar 2.7 Impedansi Penghantar

1. Impedansi Sumber

Sebelum menghitung Impedansi sumber pada sisi 20 kV terlebih dahulu harus menghitung sumber di bus 70/150 kV menggunakan rumus :

$$Z_s = \frac{kV^2}{MVA_{hs}} \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

Z_s = Impedansi sumber (ohm)

kV^2 = Tegangan sisi primer trafo daya (kV)

MVA_{hs} = Data hubung singkat di bus 70/150 kV (MVA)

Arus gangguan hubung singkat di sisi 20 kV diperoleh dengan cara mengkonversikan impedansi sumber sisi bus 70/150 kV ke sisi 20 kV, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Z_s(\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{20^2}{\text{MVA}} \times Z_s(\text{sisi } 70/150 \text{ kV}) \dots\dots\dots 2.7$$

2. Impedansi penyulang

Untuk menghitung impedansi penyulang, perhitungannya tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung.

$$Z = (R + jX)\Omega/\text{Km} \dots\dots\dots 2.8$$

Untuk menghitung impedansi penyulang pada titik gangguan yang terjadi pada lokasi gangguan % panjang penyulang digunakan rumus :

$$Z_n = n \times L \times Z/\text{km} \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana :

Z_n = Impedansi penyulang sejauh % panjang penyulang (ohm)

n = Lokasi gangguan dalam % panjang penyulang

L = Panjang penyulang (Km)

$Z_{1/\text{km}}$ = Impedansi penyulang tiap km

Pada sistem tenaga, terdapat tiga elemen impedansi yang diketahui yaitu impedansi urutan positif, urutan negatif dan urutan nol. (Sitepu, 2014)

3. Impedansi Ekuivalen Jaringan

Perhitungan yang akan dilakukan ialah menghitung besar nilai impedansi ekuivalen positif, negatif dan nol dari titik gangguan sampai kesumber.

Karena dari sumber menuju ke titik gangguan terbentuk dan tersambung secara seri maka perhitungan Z_{1eki} dan Z_{2eki} dapat langsung dengan cara menjumlahkan impedansi tersebut, sedangkan untuk perhitungan Z_{0eki} dimulai dari titik gangguan sampai ke trafo tenaga yang netralnya ditanahkan. Untuk menghitung impedansi Z_{0eki} harus diketahui banyak belitan trafonya . Berikut persamaan yang digunakan :

Dimana :

$$Z_S + Z_T + Z_L$$

$$Z_{1eki} = Z_{2eki} = Z_{S1} + Z_{T1} + Z_{1penyulang} \dots\dots\dots 2.10$$

Z_{1eki} = impedansi ekivalen jaringan urutan positif (ohm)

Z_{2eki} = impedansi ekivalen jaringan urutan negatif (ohm)

Z_{S1} = impedansi sumber sisi 20 kV (ohm)

Z_{T1} = impedansi trafo tenaga urutan positif dan negatif (ohm)

Z_1 = impedansi urutan positif dan negatif (ohm)

Sedangkan untuk menghitung impedansi ekivalen urutan nol digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Z_{0penyulang} = \% \text{ panjang} \times Z_{0total}$$

$$Z_{0eki} = Z_{t0} + 3 R_N + Z_{0penyulang} \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana :

Z_{0eki} = impedansi ekivalen jaringan nol (ohm)

Z_{t0} = impedansi trafo tenaga urutan nol (ohm)

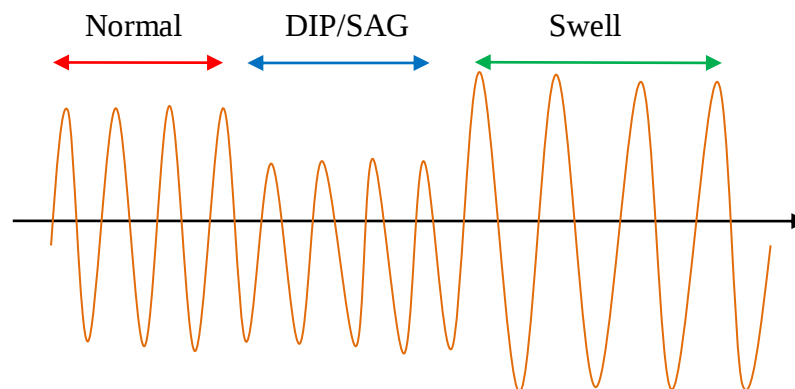
R_N = Tahanan tanah trafo tenaga (ohm)

Z_0 = impedansi urutan nol (ohm)

2.2.6 Kedip Tegangan (*voltage sags*)

(Sabara et al., 2012) Kedip tegangan merupakan penurunan besaran tegangan efektif (rms) atau arus pada suatu frekuensi daya dengan lama durasi waktu kisaran 0,5 dengan variasi tegangan, dan pada kelangsungan operasional peralatan. Durasi tegangan kedip digolongkan menjadi 3 kategori, yaitu : *instantaneous*, *momentary* dan *temporary* dimana ini sama seperti dengan 3 kategori *interruption* (pemutusan) dan *swells* (kenaikan tegangan). Dalam durasi ini dibagi sesuai dengan waktu beroperasinya alat proteksi karena sebagaimana durasi yang sudah dibagi. Secara umum tegangan kedip terjadi karena adanya kegagalan sistem daya yang terjadi pada lokasi yang jauh, pada feeder paralel, juga pada starting motor dengan kapasitas besar. Kegagalan pada sistem daya yang sering terjadi yaitu gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Berikut bentuk ilustrasi terjadinya voltage DIP/SAG dan Swell dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut ini :



Gambar 2.8 Gelombang saat terjadinya voltage DIP/SAG dan Swell

2.2.7 Sebab Terjadinya Kedip Tegangan

(Sitepu, 2014) Kedip Tegangan tidak sama dengan tegangan jatuh (*under voltage*). Lama Durasi *under voltage* kisaran lebih dari 1 menit dan *under voltage* dapat dikontrol dengan menggunakan peralatan regulasi tegangan (*voltage regulator*). Berikut penyebab tegangan kedip, diantaranya:

1. Starting motor yang berdaya besar

Start awal pada motor yang berdaya besar akan timbul *voltage sag*. Ini terjadi karena motor mempunyai pengaruh yang begitu merugikan ketika akan memulai start awal, karena akan timbul arus dengan beban penuh yang sangat besar nilainya. Ketika arus yang sangat besar ini mengalir melalui impedansi sistem akan menimbulkan dip tegangan yang dapat menyebabkan kedip pada lampu, tidak berfungsinya kontaktor, dan mengganggu alat-alat listrik yang sensitif terhadap variasi tegangan.

2. Pembebanan yang besar pada sistem

Ketika sistem diberi beban yang sangat besar, akan terjadi pengaliran arus yang melebihi arus yang mengalir pada saat sistem diberi beban normal, ini dikarenakan suplai dan pemasangan kabel hanya diperuntukkan untuk mengalirkan arus pada kondisi normal, maka ketika arus yang sangat besar itu mengalir akan mengakibatkan terjadinya tegangan jatuh antara titik sumber dengan titik pembebanan.

Besarnya nilai dari jatuh tegangan yang diakibatkan oleh *voltage sag* tergantung pada besar nilai impedansi dari titik pakai bersama (PCC = *Point Common Coupling*) dan nilai dari impedansi saluran. *Voltage sag* yang

disebabkan oleh arus starting durasi waktunya lebih lama dan lebih dalam dibandingkan dengan *voltage sag* yang disebabkan oleh gangguan pada sistem.

3. Gangguan hubung singkat pada sistem distribusi

Umumnya rata-rata kedip tegangan yang terjadi karena gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang terjadi disuatu titik pada sistem sebanyak 70 %, karena gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ini dapat menyebabkan terjadinya kedip tegangan pada penyulang yang lain dari gardu induk yang sama.

Pada umumnya gangguan tersebut terjadi akibat sambaran petir, cabang pohon yang menyentuh saluran SUTM, dan kontak dari hewan seperti burung, ular, dan lain-lain. Dan untuk kedip tegangan yang terjadi karena gangguan hubung singkat antara dua fasa ini disebabkan oleh ranting atau cabang pohon yang bersentuhan secara langsung dengan saluran SUTM, cuaca yang kurang baik seperti badai, dan bentuk hewan pada saluran SUTM. Sedangkan untuk kedip tegangan yang terjadi karena gangguan hubung singkat tiga fasa terjadi dikarenakan adanya peristiwa switching atau tripping dari circuit breaker (PMT) tiga fasa, peristiwa ini akan menyebabkan terjadinya tegangan kedip pada penyulang yang lainnya dari gardu induk yang sama. Pada perubahan beban besar secara mendadak atau pengasutan motor (motor starting) ini juga dapat menyebabkan tegangan kedip.

2.2.8 Perhitungan Tegangan Kedip

Tegangan Kedip pada gangguan 3 fasa :

$$\Delta V = V3. I. Z_{\text{penyulang}} \dots \dots \dots 2.10$$

Keterangan :

ΔV = Tegangan gardu induk (Volt)

I = Arus Gangguan tiga fasa (Ampere)

Kedip tegangan pada gangguan fasa-fasa :

1. Tegangan urutan pada gangguan fasa dengan tanah

a. Tegangan Urutan Positif

$$V_{1\text{riel}} = V_{\text{bus}^+} - I_{f2\phi} \times Z_{\text{penyulang}} \cos(\alpha)$$

$$V_{1\text{imj}} = 0 - I_{f2\phi} \times Z_{\text{penyulang}} \sin(\alpha)$$

$$V_1 = \sqrt{(V_{1\text{riel}})^2 + (V_{1\text{imj}})^2} \angle \arctan(V_{1\text{imj}} / V_{1\text{riel}}) \dots \dots \dots 2.11$$

Keterangan :

V_1 = Tegangan urutan positif riel dan imajiner

V_{bus^+} = Tegangan pada bus urutan positif = 20 kV

$I_{f2\phi}$ = Arus hubung singkat dua fasa

$Z_{\text{penyulang}}$ = Impedansi penyulang sesuai gangguan yang dipilih (Ω)

α = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

b. Tegangan urutan negatif

$$V_{2\text{riel}} = V_{\text{bus}^-} - I_{f2\phi} \times Z_{\text{penyulang}} \cos(\alpha)$$

$$V_{2\text{imj}} = V_{\text{bus}^-} - I_{f2\phi} \times Z_{\text{penyulang}} \sin(\alpha)$$

$$V_2 = \sqrt{(V_{2\text{riel}})^2 + (V_{2\text{imj}})^2} \angle \arctan(V_{2\text{imj}} / V_{2\text{riel}}) \dots \dots \dots 2.12$$

Keterangan :

V_2 = Tegangan urutan positif riel dan imajiner

V_{bus-} = Tegangan pada bus urutan negatif = 0

$I_{f2\phi}$ = Arus hubung singkat dua fasa

$Z_{penyulang}$ = Impedansi penyulang sesuai gangguan yang dipilih (Ω)

α = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

2. Tegangan per fasa ketika terjadi gangguan :

a. Tegangan pada fasa R

$$V_{R\ riel} = V_{1riel} + V_{2riel}$$

$$V_{R\ imj} = V_{1imj} + V_{2imj}$$

$$V_R = \sqrt{(V_{R\ riel})^2 + (V_{R\ imj})^2} \angle \arctan(V_{R\ imj} / V_{R\ riel}) \dots \dots \dots 2.13$$

b. Tegangan pada fasa S

$$V_{S\ riel} = V_1 \cos(240 + \beta) + V_2 \cos(120 + \beta)$$

$$V_{S\ imj} = V_1 \sin(240 + \beta) + V_2 \sin(120 + \beta)$$

$$V_S = \sqrt{(V_{S\ riel})^2 + (V_{S\ imj})^2} \angle \arctan(V_{S\ imj} / V_{S\ riel}) \dots \dots \dots 2.14$$

c. Tegangan pada fasa T

$$V_{T\ riel} = V_1 \cos(240 + \beta) + V_2 \cos(120 + \beta)$$

$$V_{T\ imj} = V_1 \sin(240 + \beta) + V_2 \sin(120 + \beta)$$

$$V_T = \sqrt{(V_{T\ riel})^2 + (V_{T\ imj})^2} \angle \arctan(V_{T\ imj} / V_{T\ riel}) \dots \dots \dots 2.15$$

Jadi Tegangan Kedip akibat gangguan 2 fasa, fasa S dan fasa T yaitu :

$$V_{S-T} = \sqrt{(V_{S\ riel})^2 + (V_{T\ riel})^2 + (V_{S\ imj})^2 + (V_{T\ imj})^2} \angle \arctan(V_{T\ imj} - V_{T\ riel} / (V_{S\ riel} V_{T\ riel})) \dots \dots \dots 2.16$$

Tegangan Kedip pada ganggun 1 fasa dengan tanah :

1. Tegangan pada urutan positif

$$V_{+ \text{ riel}} = V_{\text{bus}^+} - (I_{f2\phi} / 3) \times Z_{+ \text{ penyulang}} \cos(\alpha)$$

$$V_{1 \text{ imj}} = 0 - (I_{f2\phi} / 3) \times Z_{+ \text{ penyulang}} \sin(\alpha) \dots \dots \dots 2.17$$

Keterangan :

- V_{+} = Tegangan urutan positif (Volt)
- V_{bus^+} = Tegangan pada bus urutan positif = 20 kV
- $I_{f1\phi}$ = Arus hubung singkat 1 fasa dengan tanah (Ampere)
- $Z_{\text{penyulang}}$ = Impedansi penyulang sesuai gangguan yang dipilih (Ω)
- α = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

2. Tegangan pada urutan negatif

$$V_{- \text{ riel}} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{- \text{ penyulang}} \cos(\alpha)$$

$$V_{- \text{ imj}} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{- \text{ penyulang}} \sin(\alpha) \dots \dots \dots 2.18$$

Keterangan :

- V_{-} = Tegangan urutan negatif
- $I_{f1\phi}$ = Arus hubung singkat 1 fasa dengan tanah (Ampere)
- $Z_{\text{penyulang}}$ = Impedansi penyulang sesuai gangguan yang dipilih (Ω)
- α = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

3. Tegangan pada urutan nol

$$V_{0 \text{ riel}} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{0 \text{ penyulang}} \cos(\alpha)$$

$$V_{0 \text{ imj}} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{0 \text{ penyulang}} \sin(\alpha) \dots \dots \dots 2.19$$

Keterangan :

V_0 = Tegangan urutan nol (Volt)

$I_{f1\phi}$ = Arus hubung singkat 1 fasa dengan tanah (Ampere)

$Z_{\text{penyulang}}$ = Impedansi penyulang sesuai gangguan yang dipilih (Ω)

α = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

2.2.9 Akibat Dari Gangguan Kedip Tegangan

Kedip Tegangan sangatlah berpengaruh pada konsumen pemakai listrik terutama pada peralatan elektronik rumah tangga, karena kesensitifan terhadap perubahan tegangan akan menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik itu sendiri. Sector yang meliputi pengaruh akan kedip tegangan antara lain : *residential* (perumahan), komersial dan industrial. Tegangan kedip ini mempengaruhi operasi dari beban listrik sebelum CB bekerja untuk memadamkan gangguan. Jika saluran dilengkapi dengan recloser, maka dapat terjadi beberapa kali kedip tegangan sesuai waktu yang telah ditentukan. Berbeda dengan durasi waktu kedip tegangan yang disebabkan oleh pengasutan motor, karena kapasitas besar biasanya akan lebih lama, tetapi amplitudo tegangan kedip tidak terlalu besar.

2.2.10 Batasan Kedip Tegangan pada Sistem Distribusi

Kedip tegangan (*Voltage sags*) selalu diperhatikan karena pengaruhnya besar terhadap peralatan-peralatan lainnya. Untuk tipe tipe rentang kualitas daya input dan parameter beban dapat di lihat pada table 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Tipe rentang kualitas daya input dan parameter beban

Parameter	Rentang
Batasan tegangan (<i>steady state</i>)	+6%, -13%
Gangguan tegangan	<i>Surge</i> +15% -maks 0,5 s <i>Sag</i> -18% -maks 0,5 detik <i>Transient overvoltage</i> 150-200% -0,2 s
Harmonik	Maks 5%(peralatan beroperasi)
Kompatibilitas	Maks 1 V/m
Batasan frekuensi	60 Hz $\pm$ 0,5
Perubahan frekuensi	1 Hz/s
Tegangan tiga fasa tak seimbang	2,5%
Beban tiga fasa tak seimbang	5-20%
Faktor daya	0,8 - 0,9
<i>Load demand</i>	0,75-0,85 (dari beban tersambung)

Sumber : IEEE std 446-1995, IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power System for Industrial and Commercial Application.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Konsep penelitian yang akan dilaksanakan ini bertujuan untuk bisa menentukan besar gangguan kedip tegangan (*voltage sag*) akibat gangguan hubung singkat sehingga bisa menentukan kapasitas proteksi pada sistem distribusi yang harus di pakai. Dalam melaksanakan kegiatan penelitian, metode pengambilan data diambil sesuai dengan kenyataan di lapangan. Untuk waktu penelitian, metode penelitian, tahapan alur penelitian, serta *flowchart* alur penelitian akan dijelaskan dibawah ini :

3.2 Objek Penelitian/Alat dan Bahan

Objek penelitian yang di teliti ialah penyulang yang ada di PLN sub ULP Atinggola. Adapun beberapa data yang diperlukan dalam melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Data Saluran Distribusi SUTM 20 kV
2. Data Impedansi Penghantar 20 kV
3. Single Line Diagram Penyulang Atinggola Beserta Data Trfo Distribusi

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada sistem distribusi PLN sub ULP Atinggola Kecamatan Atinggola Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo dan dimulai pada akhir bulan Februari 2020 sampai dengan selesai.

3.4 Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini ialah melakukan pengumpulan data-data berupa data gardu induk, data penghantar penyulang, data impedansi penghantar, data trafo distribusi dan gambar single line diagram., tersebut akan diambil dari GI Boroko dan PLN sub ULP Atinggola, data tersebut di olah dengan melakukan perhitungan manual menggunakan rumus-rumus yang di dapat dari beberapa referensi lalu di analisa sehingga mendapatkan hasil yang kemudian disimpulkan secara rinci. Perhitungan yang di lakukan yakni :

- 1) Menghitung arus gangguan karena hubung singkat pada penyulang di PLN sub ULP Atinggola.
- 2) Menghitung besar kedip tegangan karena hubung singkat pada penyulang di PLN sub ULP Atinggola.

3.5 Tahapan Alur Penelitian

Untuk memulai penelitian ini, studi literature dijadikan sebagai tahapan yang akan dilakukan sehingga dalam menerapkan analisa data dan perhitungan kita sudah mendapatkan berbagai teori rumusan-rumusan serta cara yang akan digunakan.

Selanjutnya tahapan dalam mengumpulkan data-data dari objek yang akan diteliti. Untuk pengambilan data-data yang diperlukan akan di ambil di GI Boroko dan PLN sub ULP Atinggola.

Selanjutnya melakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan perhitungan antara lain sebagai berikut :

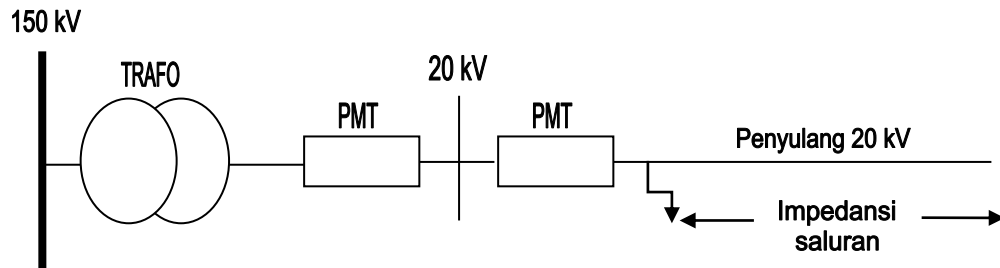
1. Perhitungan impedansi sumber

Perhitungan ini dilakukan pada transformator 1 unit yang berkapasitas 20 MVA di GI boroko karena GI boroko adalah salah satu sumber penyuplaian daya untuk penyulang LA dengan ratio tegangan 150/20 kV. Untuk menghitung impedansi sumber, data yang diperlukan adalah data hubung singkat pada bus primer transformator. Impedansi sumber ini adalah nilai ohm pada sisi 150 kV, karena arus gangguan hubung singkat yang akan dihitung adalah gangguan hubung singkat di sisi 20 sehingga harus mengkonversikan terlebih dahulu dengan cara sebagai berikut :

$$X_s(\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{\text{kV}(\text{sisi sekunder trafo})^2}{\text{kV}(\text{sisi primer trafo})^2} \times X_s(\text{sisi } 70/150 \text{ kV})$$

2. Perhitungan Reaktansi trafo, impedansi penyulang dan Impedansi ekivalen,

Impedansi penyulang yang akan dihitung disini adalah impedansi penyulang LA.01 dan LA.02, impedansi ini tergantung dari besarnya nilai impedansi per km dari penyulang tersebut. Dimana besar nilainya ditentukan dari konfigurasi tiang yang dipergunakan untuk jaringan tegangan menengah atau dari jenis kabel untuk jaringan. $Z = (R+jX)$ ohm/km dan $Z_1=Z_2$, dengan demikian nilai impedansi pada penyulang tersebut untuk lokasi gangguan yang diperkirakan terjadi pada 25%, 50%, 75% sampai dengan 100% panjang penyulang. Untuk menghitung reaktansi ekivalen dihitung besarnya nilai impedansi ekivalen urutan positif (Z_{1eq}), dan untuk impedansi ekivalen urutan negatif (Z_{2eq}), dan impedansi ekivalen urutan nol (Z_{0eq}) dari titik gangguan sampai kesumber. Seperti yang terlihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Impedansi penghantar

3. Perhitungan arus gangguan hubung singkat pada penyulang di PLN sub ULP

Atinggola dengan menggunakan rumus :

a. fasa dengan tanah :

$$I = \frac{V}{Z} \quad I = \text{Arus(ampere), } V = \text{Tegangan(volt) } Z = \text{Tahanan(ohm)}$$

b. fasa dengan fasa :

$$I_{hs_{3f}} = \frac{\sqrt{3}V_n}{Z_1 + Z_2}$$

c. tiga fasa :

$$I_{hs_{3f}} = \frac{V_n}{Z_1}$$

4. Perhitungan besar kedip tegangan akibat hubung singkat pada penyulang di

PLN sub ULP Atinggola :

1) Perhitungan kedip tegangan fasa dengan tanah :

a. Tegangan pada urutan positif

$$V_{+ \text{ riel}} = V_{\text{bus}^+} - (I_{f2\phi} / 3) \times Z_{+ \text{ penyulang}} \cos(\alpha)$$

b. Tegangan pada urutan negatif

$$V_{- \text{ riel}} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{- \text{ penyulang}} \cos(\alpha)$$

$$V_{-imj} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{-penyulang} \sin(\alpha)$$

- c. Tegangan pada urutan nol

$$V_{0\ riel} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{0\ penyulang} \cos(\alpha)$$

$$V_{0imj} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{0\ penyulang} \sin(\alpha)$$

- 2) Perhitungan kedip tegangan fasa dengan fasa :

- a. Tegangan pada urutan positif

$$V_{+ riel} = V_{bus+} - (I_{f2\phi} / 3) \times Z_{+ penyulang} \cos(\alpha)$$

$$V_{1imj} = 0 - (I_{f2\phi} / 3) \times Z_{+ penyulang} \sin(\alpha)$$

- b. Tegangan pada urutan negatif

$$V_{- riel} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{- penyulang} \cos(\alpha)$$

$$V_{-imj} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{- penyulang} \sin(\alpha)$$

- c. Tegangan pada urutan nol

$$V_{0\ riel} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{0\ penyulang} \cos(\alpha)$$

$$V_{0imj} = -(I_{f1\phi} / 3) \times Z_{0\ penyulang} \sin(\alpha)$$

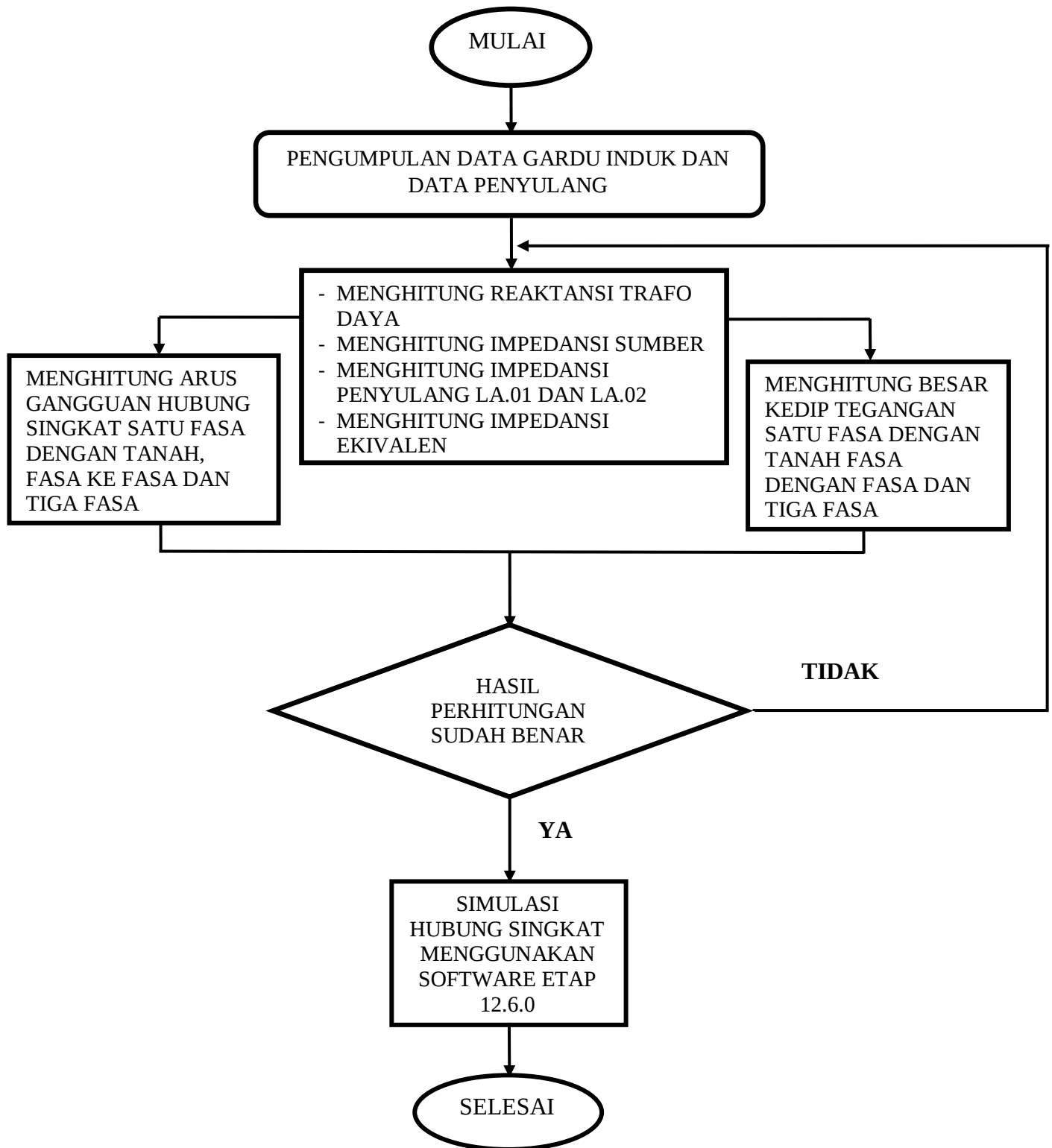
- 3) Perhitungan kedip tegangan tiga fasa :

$$\Delta V = V3. I. Z_{penyulang}$$

5. Melakukan simulasi hubung singkat menggunakan data-data yang sudah terkumpul. Dalam program simulasi ini penulis melakukan simulasi ansi short circuit pada bus-bus penyulang menggunakan software etap 12.6.0

Untuk lebih jelas, penelitian ini akan di gambarkan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 3.6

3.6 Flowchart Alur Penelitian



Gambar 3.2 (Flowchart) Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN SIMULASI

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. PLN (persero) sub ULP Atinggola, pada PLN Atinggola memiliki 2 penyulang yakni penyulang LA.01 dan LA.02. Penyulang LA.01 adalah penyulang yang mengarah ke pembangkit PLTMH Mongango, dan penyulang LA.02 adalah penyulang yang mengarah ke LBS Auri. Total beban penyulang LA.01 adalah 792 kW dan LA.02 adalah 1551 kW. Suplay daya yang masuk ke penyulang atinggola ada dua yakni dari GI boroko dengan nama penyulang BO.01 dan dari GI isimu melalui GH Kwandang dengan nama penyulang LK.02. Untuk menentukan nilai dari kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat, pertama kali yang harus dilakukan ialah mengumpulkan data-data dari sistem distribusi di PT. PLN (persero) sub ULP Atinggola dan data trafo GI Boroko.

Untuk data-data yang di perlukan dalam perhitungan dan simulasi yaitu : data gardu induk, data penghantar penyulang, data impedansi penghantar, data trafo distribusi dan gambar single line diagram.

a. Data GI Boroko

Jenis transformator ; UNINDO

Kapasitas daya trafo ; 20 MVA

Impedance trafo ; 16,05 Ω /12,04 %

Jenis penghantar Transmisi ACSR 240 mm²

Impedansi 0,0387 ohm

b. Data Penghantar Penyulang PLN sub ULP Atinggola

Tabel 4.1 Data penghantar penyulang PLN sub ULP Atinggola

No	Penyulang	Panjang Penampang(kms)	Section	Jenis Ukuran Kawat
1	LA.01	13,25	GH atg – PLTMh mongango	AAAC 70 mm
2	LA.02	48,41	GH atg – LBS auri	AAAC 150 mm
		1,17	GH atg – LBS kota jin	AAAC 70 mm
		27,53	LBS kota jin – LBS gentuma	AAAC 70 mm
		19,71	LBS gentuma – LBS auri	AAAC 70 mm

c. Data Impedansi Penghantar Penyulang PLN sub ULP Atinggola

Tabel 4.2 Data impedansi penghantar penyulang PLN sub ULP Atinggola

Penyulang	Luas Penampang (mm ²)	Jari-jari (mm)	Urut	GMR (mm)	Impedansi urutan positif dan negatif (Ohm / km)	Impedansi urutan Nol (Ohm / km)
LA.01	70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447
LA.02	150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180

d. Data Transformator Distribusi Penyulang PLN sub ULP Atinggola

1. Penyulang LA.01

Tabel 4.3 Data gardu distribusi penyulang LA.01

No	No Gardu	Penyulang	Kapasitas Terpasang (kVA)	Beban (Watt)
1	GKA8	LA.01	100	35
2	GKA7	LA.01	100	36
3	GKA52	LA.01	100	0
4	GKA6	LA.01	50	36
5	GKA5	LA.01	50	25
6	GKA4	LA.01	50	16
7	GKA3	LA.01	25	14
8	GKA2	LA.01	50	14
9	GKA1	LA.01	50	15

2. Penyulang LA.02

Tabel 4.4 Data gardu distribusi penyulang LA.02

No	No Gardu	Penyulang	Kapasitas Terpasang (kVA)	Beban (Watt)
	GKA50	LA.02	50	12
	GKA49	LA.02	25	4
	GKA48	LA.02	15	10
	GKA47	LA.02	50	31
	GKA55	LA.02	25	
	GKA46	LA.02	50	15
	GKA45	LA.02	50	19
	GKA44	LA.02	50	1
	GKA56	LA.02	50	11
	GKA43	LA.02	50	31
	GKA42	LA.02	100	36
	GKA41	LA.02	160	39
	GKA57	LA.02	100	13
	GKA40	LA.02	160	97
	GKA39	LA.02	25	3
	GKA38	LA.02	50	36
	GKA37	LA.02	160	23
	GKA36	LA.02	100	40
	GKA35	LA.02	50	7
	GKA34	LA.02	50	10
	GKA33	LA.02	25	2
	GKA32	LA.02	50	35
	GKA31	LA.02	25	16
	GKA30	LA.02	50	15
	GKA54	LA.02	10	
	GKA29	LA.02	50	14
	GKA28	LA.02	25	3
	GKA27	LA.02	50	15
	GKA26	LA.02	50	19
	GKA25	LA.02	25	18
	GKA24	LA.02	25	2
	GKA23	LA.02	25	18
	GKA22	LA.02	100	29
	GKA21	LA.02	25	12
	GKA20	LA.02	25	17
	GKA19	LA.02	50	6
	GKA18	LA.02	50	4

Pada penelitian analisa kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat pada penyulang di PT. PLN (persero) sub ULP Atinggola, yakni menghitung arus gangguan hubung singkat, dan besar kedip tegangan, terlebih dahulu kita menentukan impedansi sumber, penyulang, ekivalen dan reaktansi trafo daya

4.2.1 Menghitung Impedansi Sumber

Dari data yang telah di peroleh bahwa hubung singkat pada sisi primer 150 kV di gardu induk Boroko adalah 2428 MVA_{hs} jadi impedansi sumber (X_s) dapat ditentukan dengan rumus :

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA_{hs}}$$

$$X_s = \frac{150^2}{2428} = 9,266 \, \Omega \text{ (sisi primer)}$$

Jadi untuk mendapatkan impedansi sumber sisi sekunder di 20 kV adalah :

$$X_{s(\text{sisi sekunder})} = \frac{(\text{sisi sekunder})kV^2}{(\text{sisi primer})kV^2} \times X_s(\text{sisi primer})$$

$$X_{s(\text{sisi sekunder})} = \frac{20^2}{150^2} \times 9,266 = 0,164 \, \Omega$$

Keterangan :

X_s = Impedansi sumber (ohm)

kV^2 = Tegangan sisi primer trafo daya (kV)

MVA_{hs} = Data hubung singkat di bus 150 kV (MVA)

4.2.2 Menghitung Reaktansi Trafo

Besar reaktansi trafo daya pada GI Boroko adalah 12,04% untuk mencari satuan ohm pada reaktansi urutan positif, negatif, dan nol, harus dihitung dulu besarnya nilai pada 100% nya dengan rumus :

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{20} = 20 \text{ ohm}$$

Jadi, reaktansi trafo daya urutan positif (X_{t1}), negatif (X_{t2})

$$\begin{aligned} X_t &= 12,04 \% \times 20 \Omega \\ &= 2,408 \Omega \end{aligned}$$

Untuk reaktansi trafo daya urutan nol (X_{t0})

$$\begin{aligned} X_{t0} &= 3 \times X_t \\ &= 3 \times 2,408 = 7,224 \Omega \end{aligned}$$

4.2.3 Menghitung Impedansi Penyulang

Perhitungan impedansi penyulang saluran distribusi akan di sesuaikan dengan panjang saluran, yang terdiri dari impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif dan impedansi urutan nol pada penyulang LA.01 dan LA.02.

1) Penyulang LA.01

Tabel 4.3 Data Impedansi Penyulang LA.01

No	Jenis dan Ukuran Penghantar	Panjang (Km)	Tegangan Sistem (kV)	Impedansi Urutan Positif (Z1) (ohm/km)	Impedansi Urutan Negatif(Z2) (ohm/km)	Impedansi Urutan Nol(Z0) (ohm/km)
1	AAAC 70 mm	13,25	20 kV	0,4608 + j 0,3572	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447

Perhitungan impedansi penyulang LA.01 terdiri dari impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif, dan impedansi urutan nol pada lokasi gangguan 25%, 50%, 75%, 100% dengan rumus :

$$Z_n = n \times L \times Z/\text{km}$$

Keterangan :

Z_n = Impedansi penyulang sejauh % panjang penyulang (ohm)

n = Lokasi gangguan dalam % panjang penyulang

L = Panjang penyulang (Km)

Z_1/km = Impedansi penyulang tiap km

Perhitungan impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif :

$$25\% = 0,25 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,4608 + j 0,3572) \Omega/\text{Km} = (3,3215 + j 1,186) \Omega$$

$$50\% = 0,50 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,4608 + j 0,3572) \Omega/\text{Km} = (6,625 + j 2,366) \Omega$$

$$75\% = 0,75 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,4608 + j 0,3572) \Omega/\text{Km} = (9,9375 + j 3,549) \Omega$$

$$100\% = 1,00 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,4608 + j 0,3572) \Omega/\text{Km} = (13,25 + j 4,732) \Omega$$

Perhitungan impedansi urutan nol :

$$25\% = 0,25 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,6088 + j 1,6447) \Omega/\text{Km} = (3,3215 + j 5,462) \Omega$$

$$50\% = 0,50 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,6088 + j 1,6447) \Omega/\text{Km} = (6,625 + j 10,896) \Omega$$

$$75\% = 0,75 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,6088 + j 1,6447) \Omega/\text{Km} = (9,9375 + j 15,390) \Omega$$

$$100\% = 1,00 \times 13,25 \text{ Km} \times (0,6088 + j 1,6447) \Omega/\text{Km} = (13,25 + j 21,792) \Omega$$

Dengan begitu hasil impedansi penyulang LA.01 urutan positif, negatif, dan nol pada lokasi gangguan 25%, 50%, 75% dan 100% adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Impedansi penyulang LA.01 urutan positif dan urutan negatif

(Panjang %)	Impedansi Penyulang (Z_1 & Z_2)
25	$(3,3215 + j 1,186) \Omega$

50	$(6,625 + j 2.366) \Omega$
75	$(9,9375 + j 3,549) \Omega$
100	$(13,25 + j 4,732) \Omega$

Tabel 4.5 Impedansi penyulang LA.01 urutan nol

(Panjang %)	Impedansi Penyulang (Z0)
25	$(3,3215 + j 5,462) \Omega$
50	$(6,625 + j 10,896) \Omega$
75	$(9,9375 + j 15,390) \Omega$
100	$(13,25 + j 21,792) \Omega$

2) Penyulang LA.02

Tabel 4.6 Data Impedansi Penyulang LA.02

No	Jenis dan Ukuran Penghantar	Panjang (Km)	Tegangan Sistem (kV)	Impedansi Urutan Positif (Z1) (ohm/km)	Impedansi Urutan Negatif (Z2) (ohm/km)	Impedansi Urutan Nol (Z0) (ohm/km)
1	AAAC 150 mm	48,41	20 kV	$0,2162 + j 0,3305$	$0,2162 + j 0,3305$	$0,3631 + j 1,6180$

Penghitungan impedansi penyulang LA.02 juga terdiri dari impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif, dan impedansi urutan nol pada lokasi gangguan 25%, 50%, 75%, 100% dengan rumus :

$$Z_n = n \times L \times Z/\text{km}$$

Keterangan :

Z_n = Impedansi penyulang sejauh % panjang penyulang (ohm)

n = Lokasi gangguan dalam % panjang penyulang

L = Panjang penyulang (Km)

Z_1/km = Impedansi penyulang tiap km

Perhitungan impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif :

$$25\% = 0,25 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,2162 + j 0,3305) \Omega/\text{Km} = (12,1025 + j 3,999) \Omega$$

$$50\% = 0,50 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,2162 + j 0,3305) \Omega/\text{Km} = (24,205 + j 7,999) \Omega$$

$$75\% = 0,75 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,2162 + j 0,3305) \Omega/\text{Km} = (36,3075 + j 11,999) \Omega$$

$$100\% = 1,00 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,2162 + j 0,3305) \Omega/\text{Km} = (48,41 + j 15,999) \Omega$$

Perhitungan impedansi urutan nol :

$$25\% = 0,25 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,3631 + j 1,6180) \Omega/\text{Km} = (12,1025 + j 19,581) \Omega$$

$$50\% = 0,50 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,3631 + j 1,6180) \Omega/\text{Km} = (24,205 + j 39,163) \Omega$$

$$75\% = 0,75 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,3631 + j 1,6180) \Omega/\text{Km} = (36,5075 + j 59,069) \Omega$$

$$100\% = 1,00 \times 48,41 \text{ Km} \times (0,3631 + j 1,6180) \Omega/\text{Km} = (48,41 + j 78,321) \Omega$$

Hasil impedansi penyulang LA.02 urutan positif, negatif, dan nol pada lokasi gangguan 25%, 50%, 75% dan 100% adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Impedansi penyulang LA.02 urutan positif dan urutan negatif

(Panjang %)	Impedansi Penyulang (Z_1 & Z_2)
25	$(12,1025 + j 3,999) \Omega$
50	$(24,205 + j 7,999) \Omega$
75	$(36,3075 + j 11,999) \Omega$
100	$(48,41 + j 15,999) \Omega$

Tabel 4.8 Impedansi penyulang LA.02 urutan nol

(Panjang %)	Impedansi Penyulang (Z_0)
25	$(12,1025 + j 19,581) \Omega$
50	$(24,205 + j 39,163) \Omega$
75	$(36,5075 + j 59,069) \Omega$
100	$(48,41 + j 78,321) \Omega$

4.2.4 Menghitung Impedansi Ekvivalen

1) Penyulang LA.01

Rumus yang di gunakan Untuk mendapatkan impedansi ekivalen Z_1 dan Z_2 pada penyulang LA.01 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Z_{1eki} &= Z_{2eki} = Z_{s1} + Z_{t1} Z_{1penyulang} \\&= 0,164 \, \Omega + 2,408 \, \Omega + Z_{1penyulang} \\&= 2,572 \, \Omega + Z_{1penyulang}\end{aligned}$$

$$25\% \quad j \, 2,572 + (3,3215 + j \, 1,186) \, \Omega = (3,3215 + j \, 3,758) \, \Omega$$

$$50\% \quad j \, 2,572 + (6,625 + j \, 2,366) \, \Omega = (6,625 + j \, 4,938) \, \Omega$$

$$75\% \quad j \, 2,572 + (9,9375 + j \, 3,549) \, \Omega = (9,9375 + j \, 6,121) \, \Omega$$

$$100\% \quad j \, 2,572 + (13,25 + j \, 4,732) \, \Omega = (13,25 + j \, 7,304) \, \Omega$$

Untuk menghitung Z_{0eki} pada system pembumian/pentanahan tahanan dari gardu induk adalah $20 \, \text{kV} = 40 \, \text{ohm}$, Sedangkan Z_0 dihitung dari trafo yang ditanahkan dengan tahanan netral $3 \, R_N$ dan impedansi penyulang, dapat dihitung dengan rumus :

$$Z_{0penyulang} = \% \text{ panjang} \times Z_{0total}$$

$$Z_{0eki} = Z_{t0} + 3 \, R_N + Z_{0penyulang}$$

$$= j \, 7,224 + 3 \times 40 + Z_{0total}$$

$$= j \, 7,224 + 120 + Z_{0penyulang}$$

$$25\% \quad j \, 7,224 + 120 + (3,3215 + j \, 5,462) \, \Omega = (123,321 + j \, 12,686) \, \Omega$$

$$50\% \quad j \, 7,224 + 120 + (6,625 + j \, 10,896) \, \Omega = (126,625 + j \, 18,12) \, \Omega$$

$$75\% \quad j 7,224 + 120 + (9,9375 + j 15,390) \Omega = (129,937 + j 22,614) \Omega$$

$$100\% \quad j 7,224 + 120 + (13,25 + j 21,792) \Omega = (133,25 + j 29,016) \Omega$$

Tabel 4.9 Impedansi ekivalen Z_{1eki} & Z_{2eki} penyulang LA.01

(Panjang %)	Impedansi Z_{1eki} & Z_{2eki}
25	$(3,3215 + j 3,758) \Omega$
50	$(6,625 + j 4,938) \Omega$
75	$(9,9375 + j 6,121) \Omega$
100	$(13,25 + j 7,304) \Omega$

Tabel 4.10 Impedansi ekivalen Z_{0eki} penyulang LA.01

(Panjang %)	Impedansi Z_{0eki}
25	$(123,321 + j 12,686) \Omega$
50	$(126,625 + j 18,12) \Omega$
75	$(129,937 + j 22,614) \Omega$
100	$(133,25 + j 29,016) \Omega$

2) Penyulang LA.02

Pada penyulang LA.02 perhitungan untuk mendapatkan impedansi ekivalen Z_1 dan Z_2 juga sama, perbedaanya hanya pada nilai impedansi penyulangannya, berikut perhitunganya :

$$\begin{aligned}
 Z_{1eki} &= Z_{2eki} = Z_{s1} + Z_{t1} Z_{1penyulang} \\
 &= 0,164 \Omega + 2,408 \Omega + Z_{1penyulang} \\
 &= 2,572 \Omega + Z_{1penyulang}
 \end{aligned}$$

$$25\% \quad j 2,572 + (12,1025 + j 3,999) \Omega = (12,1025 + j 6,571) \Omega$$

$$50\% \quad j 2,572 + (24,205 + j 7,999) \Omega = (24,205 + j 10,571) \Omega$$

$$75\% \quad j 2,572 + (36,3075 + j 11,999) \Omega = (36,3075 + j 14,571) \Omega$$

$$100\% \quad j 2,572 + (48,41 + j 15,999) \Omega = (48,41 + j 18,571) \Omega$$

Untuk menghitung Z_{0eki} pada system pembumian/pentanahan tahanan dari gardu induk adalah $20 \text{ kV} = 40 \text{ ohm}$, Sedangkan Z_0 dihitung dari trafo yang ditanahkan dengan tahanan netral $3 R_N$ dan impedansi penyulang, dapat dihitung dengan rumus :

$$Z_{0penyulang} = \% \text{ panjang} \times Z_{0total}$$

$$Z_{0eki} = Z_{t0} + 3 R_N + Z_{0penyulang}$$

$$= j 7,224 + 3 \times 40 + Z_{0total}$$

$$= j 7,224 + 120 + Z_{0penyulang}$$

$$25\% \quad j 7,224 + 120 + (12,1025 + j 19,581) \Omega = (132,102 + j 26,805) \Omega$$

$$50\% \quad j 7,224 + 120 + (24,205 + j 39,163) \Omega = (144,205 + j 46,387) \Omega$$

$$75\% \quad j 7,224 + 120 + (36,5075 + j 59,069) \Omega = (156,507 + j 66,293) \Omega$$

$$100\% \quad j 7,224 + 120 + (48,41 + j 78,321) \Omega = (168,41 + j 85,545) \Omega$$

Tabel 4.11 Impedansi ekivalen Z_{1eki} & Z_{2eki} penyulang LA.02

(Panjang %)	Impedansi Z_{1eki} & Z_{2eki}
25	$(12,1025 + j 6,571) \Omega$
50	$(24,205 + j 10,571) \Omega$
75	$(36,3075 + j 14,571) \Omega$
100	$(48,41 + j 18,571) \Omega$

Tabel 4.12 Impedansi ekivalen Z_{0eki} penyulang LA.02

(Panjang %)	Impedansi Z_{0eki}
25	$(132,102 + j 26,805) \Omega$
50	$(144,205 + j 46,387) \Omega$
75	$(156,507 + j 66,293) \Omega$
100	$(168,41 + j 85,545) \Omega$

Berikut perhitungan arus gangguan hubung singkat fasa dengan tanah pada titik lokasi 100% di penyulang LA.01 dan LA.02 :

1) Penyulang LA.01

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(13,25 + j 7,304) + (13,25 + j 7,304) + (133,25 + j 29,016)} \\
 &= \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(26,5 + j 14,608) + (133,25 + j 29,016)} \\
 &= \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(159,75 + j 43,624)} = \frac{34641,01}{165,59 \angle 15,27} = 209,01 \angle 15,27 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

2) Penyulang LA.02

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(48,41 + j 18,571) + (48,41 + j 18,571) + (168,41 + j 85,545)} \\
 &= \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(96,82 + j 37,142) + (168,41 + j 85,545)} \\
 &= \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(265,23 + j 122,687)} = \frac{34641,01}{292,23 \angle 24,82} = 118,54 \angle 24,82 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Jadi, arus gangguan hubung singkat fasa dengan tanah pada titik lokasi 100% di penyulang LA.01 dan LA.02 adalah :

Tabel 4.13 Arus gangguan hubung singkat fasa dengan tanah LA.01 & LA.02

Penyulang	Arus Gangguan Gangguan Hubung Singkat Lokasi Titik 100 %
LA.01	209,01 $\angle$ 15,27 Ampere

LA.02	118,54 $\angle$ 24,82 Ampere
-------	------------------------------

4.3.2 Menghitung Arus Gangguan Fasa dengan Fasa

Rumus yang digunakan dalam perhitungan arus gangguan satu fasa dengan fasa :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

V = tegangan fasa-netral

Z = impedansi ($Z_1 + Z_2$)_{ekivalen}

Berikut perhitungan arus gangguan hubung singkat fasa dengan fasa pada titik lokasi 100% di penyulang LA.01 dan LA.02 :

1) Penyulang LA.01

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{20000}{(13,25 + j 7,304) + (13,25 + j 7,304)} \\
 &= \frac{20000}{(96,82 + j 37,142)} = \frac{20000}{103,69 \angle 20,98} = 192,88 \angle 20,98 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

2) Penyulang LA.02

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{20000}{(48,41 + j 18,571) + (48,41 + j 18,571)} \\
 &= \frac{20000}{(26,5 + j 14,608)} = \frac{20000}{30,25 \angle 28,86} = 661,15 \angle 28,86 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Jadi, arus gangguan hubung singkat fasa dengan fasa pada titik lokasi 100% di penyulang LA.01 dan LA.02 adalah :

Tabel 4.14 Arus gangguan hubung singkat fasa dengan fasa LA.01 & LA.02

Penyulang	Arus Gangguan Gangguan Hubung Singkat Lokasi Titik 100 %
LA.01	192,88 $\angle$ 20,98 Ampere
LA.02	661,15 $\angle$ 28,86 Ampere

4.3.3 Menghitung Arus Gangguan Tiga Fasa

Rumus yang digunakan dalam perhitungan arus gangguan satu fasa dengan fasa :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

V = tegangan fasa-netral

Z = impedansi $Z_{1\text{ekivalen}}$

Berikut perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik lokasi 100% di penyulang LA.01 dan LA.02 :

1) Penyulang LA.01

$$I = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(13,25 + j 7,304)} = \frac{11547}{15,12 \angle 28,86} = 763,69 \angle 28,86 \text{ Ampere}$$

2) Penyulang LA.02

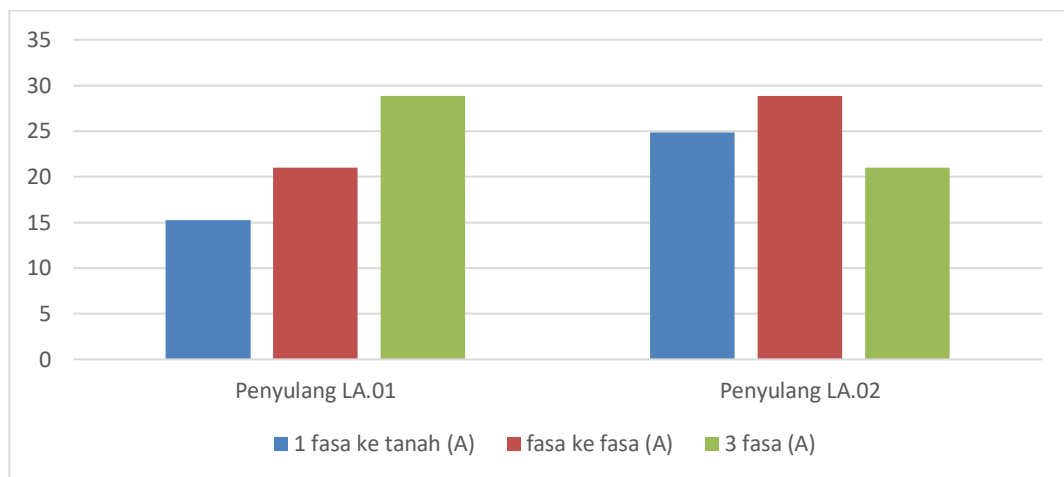
$$I = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(48,41 + j 18,571)} = \frac{11547}{51,84 \angle 20,98} = 222,74 \angle 20,98 \text{ Ampere}$$

Jadi, arus gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik lokasi 100% di penyulang LA.01 dan LA.02 adalah :

Tabel 4.15 Arus gangguan hubung singkat tiga fasa LA.01 & LA.02

Penyulang	Arus Gangguan Gangguan Hubung Singkat Lokasi Titik 100 %
LA.01	763,69 $\angle$ 28,86 Ampere
LA.02	222,74 $\angle$ 20,98 Ampere

Berikut grafik hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat pada penyulang LA.01 & LA.02



Gambar 4.4 Grafik Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat LA.01 & LA.02

4.4 Perhitungan Kedip Tegangan

4.4.1 Menghitung Kedip Tegangan Satu Fasa dengan Tanah

Setelah mendapatkan hasil arus gangguan hubung singkat pada penyulang LA.01 dan LA.02 dengan lokasi titik gangguan 100%, Untuk menghitung kedip tegangan fasa dengan tanah pada titik gangguan 100% sebagai berikut :

1) Penyulang LA.01

Jika $I_{hs_{1f}}$ lokasi titik gangguan 100% = 209,01 $\angle$ 15,27 Ampere

$$Z = R + jX = (13,25 + j 7,304) \Omega$$

$$= 15,12 \angle 28,86^\circ$$

$$Z_0 = R + jX = (133,25 + j 29,016) \Omega$$

$$= 136,37 \angle 12,28^\circ$$

- a. Tegangan urutan positif ketika terjadi gangguan satu fasa

$$V_{1riel} = (20000/3) - (209,01 / 3 \times 100\% \times 15,12 \times \cos(15,27 + 28,86))$$

$$= 5910,56 \text{ Volt}$$

$$V_{1imj} = 0 - (209,01 / 3 \times 100\% \times 15,12 \times \sin(15,27 + 28,86))$$

$$= 733,47 \text{ Volt}$$

- b. Tegangan urutan negatif ketika terjadi gangguan satu fasa

$$V_{2riel} = 0 - (209,01 / 3 \times 100\% \times 15,12 \times \cos(15,27 + 28,86))$$

$$= 756,09 \text{ Volt}$$

$$V_{2imj} = 0 - (209,01 / 3 \times 100\% \times 15,12 \times \sin(15,27 + 28,86))$$

$$= 733,47 \text{ Volt}$$

- c. Tegangan urutan nol ketika terjadi gangguan satu fasa

$$V_{0riel} = 0 - (209,01 / 3 \times 100\% \times 136,37 \times \cos(15,27 + 12,28))$$

$$= 8423,16 \text{ Volt}$$

$$V_{0imj} = 0 - (209,01 / 3 \times 100\% \times 136,37 \times \sin(15,27 + 12,28))$$

$$= 4394,16 \text{ Volt}$$

Sehingga tegangan urutan nol ketika terjadi gangguan adalah :

$$V_{0riel} = V_{1riel} + V_{2riel} + V_{0riel}$$

$$= 5910,56 + -756,09 + -8423,16$$

$$= 3268,69 \text{ Volt}$$

$$V_{0imj} = V_{1imj} + V_{2imj} + V_{0imj}$$

$$= -733,47 + -733,47 + -4394,16$$

$$= 5861,1 \text{ Volt}$$

$$V_0 = \sqrt{(V_{0riel})^2 + (V_{0imj})^2} \angle \arctan (V_{0imj}/V_{0riel})$$

$$= \sqrt{(-3268,69)^2 + (-5861,1)^2} \angle \arctan(-5861,1/-3268,69)$$

$$V_0 = 6710,948 \angle 60^\circ \text{ Volt}$$

2) Penyulang LA.02

Jika I_{hs1f} lokasi titik gangguan 100% = 118,54 $\angle$ 24,82 Ampere

$$Z = R + jX = (48,41 + j 18,571) \Omega$$

$$= 51,84 \angle 20,98^\circ$$

$$Z_0 = R + jX = (168,41 + j 85,545) \Omega$$

$$= 188,89 \angle 26,92^\circ$$

- a. Tegangan urutan positif ketika terjadi gangguan satu fasa

$$\begin{aligned} V_{1riel} &= (20000/3) - (118,54 / 3 \times 100\% \times 51,84 \times \cos(24,82 + 20,98)) \\ &= 5245,11 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1imj} &= 0 - (118,84 / 3 \times 100\% \times 51,84 \times \sin(24,82 + 20,98)) \\ &= 1461,80 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- b. Tegangan urutan negatif ketika terjadi gangguan satu fasa

$$\begin{aligned} V_{2riel} &= 0 - (118,84 / 3 \times 100\% \times 51,84 \times \cos(24,82 + 20,98)) \\ &= 1421,54 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{2imj} &= 0 - (118,84 / 3 \times 100\% \times 51,84 \times \sin(24,82 + 20,98)) \\ &= 1461,80 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- c. Tegangan urutan nol ketika terjadi gangguan satu fasa

$$\begin{aligned} V_{0riel} &= 0 - (118,84 / 3 \times 100\% \times 188,89 \times \cos(24,82 + 26,92)) \\ &= 4600,68 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{0imj} &= 0 - (118,84 / 3 \times 100\% \times 188,89 \times \sin(24,82 + 26,92)) \\ &= 5833,84 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Sehingga tegangan urutan nol ketika terjadi gangguan adalah :

$$\begin{aligned} V_{0riel} &= V_{1riel} + V_{2riel} + V_{0riel} \\ &= 5245,11 + -1421,54 + -4600,68 \\ &= 777,11 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{0imj} &= V_{1imj} + V_{2imj} + V_{0imj} \\ &= -1461,80 + -1461,80 + -5833,84 \end{aligned}$$

$$= 8757,44 \text{ Volt}$$

$$\begin{aligned} V_0 &= \sqrt{(V_{0\text{riel}})^2 + (V_{0\text{imj}})^2} \angle \arctan(V_{0\text{imj}}/V_{0\text{riel}}) \\ &= \sqrt{(-777,11)^2 + (-8757,44)^2} \angle \arctan(-8757,44/-777,11) \\ V_0 &= 8791,851 \angle 84^\circ \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tabel.4.16 Kedip tegangan antar satu fasa dengan tanah LA.01 & LA.02

Penyulang	Kedip tegangan pada Lokasi Titik 100 %
LA.01	6710,948 $\angle 60^\circ$ Volt
LA.02	8791,851 $\angle 84^\circ$ Volt

4.4.2 Menghitung Kedip Tegangan fasa dengan fasa

Untuk menghitung kedip tegangan fasa dengan fasa pada penyulang LA.01 & LA.02 di titik gangguan 100% sebagai berikut :

1) Penyulang LA.01

Jika $I_{hs_{2f}}$ lokasi titik gangguan 100% = 192,88 $\angle 20,98^\circ$ Ampere

$$\begin{aligned} Z &= R + jX = (13,25 + j 7,304) \Omega \\ &= 15,12 \angle 28,86^\circ \end{aligned}$$

a. Tegangan urutan positif ketika terjadi gangguan fasa dengan fasa

$$\begin{aligned} V_{1\text{riel}} &= \left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) - [(192,88 \times 100\% \times 15,12 \times \cos(20,98 + 28,86)) \\ &= 9666,18 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1\text{imj}} &= 0 - (192,88 \times 100\% \times 15,12 \times \sin(20,98 + 28,86)) \\ &= 2228,80 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_1 &= \sqrt{(V_{1\text{riel}})^2 + (V_{1\text{imj}})^2} \angle \arctan (V_{1\text{imj}}/V_{1\text{riel}}) \\
&= \sqrt{9666,18^2 + (-2228,80)^2} \angle \arctan(-2228,80 / 9666,18) \\
V_1 &= 9919,80 \angle -12^\circ \text{ Volt}
\end{aligned}$$

b. Tegangan urutan negatif ketika terjadi gangguan fasa dengan fasa

$$\begin{aligned}
V_{2\text{riel}} &= \left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) - [(192,88 \times 100\% \times 15,12 \times \cos(20,98 + 28,86)) \\
&= 9666,18 \text{ Volt} \\
V_{2\text{imj}} &= \left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) - [(192,88 \times 100\% \times 15,12 \times \sin(20,98 + 28,86)) \\
&= 4437,85 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_2 &= \sqrt{(V_{2\text{riel}})^2 + (V_{2\text{imj}})^2} \angle \arctan (V_{2\text{imj}}/V_{2\text{riel}}) \\
&= \sqrt{9666,18^2 + 4437,85^2} \angle \arctan(4437,85 / 9666,18) \\
V_2 &= 10636,23 \angle 24^\circ \text{ Volt}
\end{aligned}$$

Untuk menentukan tegangan masing-masing fasa saat gangguan terjadi :

1. Fasa R

$$\begin{aligned}
V_R &= (9666,18 + 9666,18) + j(-2228,80 + 4437,85) \\
&= 9332,36 + j2209,05 \\
&= 9590,24 \angle 13^\circ \text{ Volt}
\end{aligned}$$

2. Fasa S

$$\begin{aligned}
V_S &= [(V_1 \cos(240^\circ + -12^\circ) + V_2 \cos(120^\circ + 24^\circ)] + \\
&\quad j[(V_1 \sin(240^\circ + -12^\circ) + V_2 \sin(120^\circ + 24^\circ)] \\
&= [(9919,80 \cos(240^\circ + -12^\circ) + 10636,23 \cos(120^\circ + 24^\circ)] +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& j[(9919,80 \sin(240^\circ + -12^\circ) + 10636,23 \sin(120^\circ + 24^\circ)] \\
& = -22614,38 + j6251,81 \\
& = 23462,63 \angle 164^\circ \text{ Volt}
\end{aligned}$$

3. Fasa T

$$\begin{aligned}
V_T &= [(V_1 \cos(120^\circ + -12^\circ) + V_2 \cos(240^\circ + 24^\circ)] + \\
& \quad j[(V_1 \sin(120^\circ + -12^\circ) + V_2 \sin(240^\circ + 24^\circ)] \\
&= [(9919,80 \cos(120^\circ + -12^\circ) + 10636,23 \cos(240^\circ + 24^\circ)] + \\
& \quad j[(9919,80 \sin(120^\circ + -12^\circ) + 10636,23 \sin(240^\circ + 24^\circ)] \\
&= 5257,11 + j10577,96 \\
&= 11812,30 \angle 63^\circ \text{ Volt}
\end{aligned}$$

Jadi, kedip tegangan yang dihasilkan antara 1 fasa dengan fasa lainnya pada penyulang LA.01, dengan mengambil contoh perhitungan antara fasa S dan T adalah :

$$\begin{aligned}
V_{2\text{Fasa}} &= \sqrt{(V_{\text{Sriel}} - V_{\text{Triel}})^2 + (V_{\text{Simj}} - V_{\text{Timj}})^2} \\
& \quad \angle \arctan (V_{\text{Simj}} - V_{\text{Timj}}) / (V_{\text{Sriel}} - V_{\text{Triel}}) \\
&= \sqrt{(-22614,38 - 5257,11)^2 + (6251,81 - 10577,96)^2} \\
& \quad \angle \arctan(6251,81 - 10577,96) / (-22614,38 - 5257,11) \\
&= 17888,27 \angle 90^\circ \text{ Volt}
\end{aligned}$$

2) Penyulang LA.02

Jika $I_{hs_{2f}}$ lokasi titik gangguan 100% = 661,15 $\angle$ 28,86 Ampere

$$Z = R + jX = (48,41 + j 18,571) \Omega$$

$$= 51,84 \angle 20,98$$

- a. Tegangan urutan positif ketika terjadi gangguan fasa dengan fasa

$$\begin{aligned} V_{1\text{riel}} &= \left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) - [(661,88 \times 100\% \times 51,84 \times \cos(28,86 + 20,98)) \\ &= 10581,54 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1\text{imj}} &= 0 - [(661,88 \times 100\% \times 51,84 \times \sin(28,86 + 20,98)) \\ &= 26222,71 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{(V_{1\text{riel}})^2 + (V_{1\text{imj}})^2} \angle \arctan(V_{1\text{imj}}/V_{1\text{riel}}) \\ &= \sqrt{(-10518,54)^2 + (-26222,71)^2} \angle \arctan(-26222,71/-10581,54) \\ V_1 &= 28253,67 \angle 68^\circ \text{ Volt} \end{aligned}$$

- b. Tegangan urutan negatif ketika terjadi gangguan fasa dengan fasa

$$\begin{aligned} V_{2\text{riel}} &= \left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) - [(661,88 \times 100\% \times 51,84 \times \cos(28,86 + 20,98)) \\ &= 10581,54 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{2\text{imj}} &= \left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) - [(661,88 \times 100\% \times 51,84 \times \sin(28,86 + 20,98)) \\ &= 14675,71 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \sqrt{(V_{2\text{riel}})^2 + (V_{2\text{imj}})^2} \angle \arctan(V_{2\text{imj}}/V_{2\text{riel}}) \\ &= \sqrt{(-10581,54)^2 + (-14675,71)^2} \angle \arctan(-14675,71/-10581,54) \\ V_2 &= 18092,69 \angle 54^\circ \text{ Volt} \end{aligned}$$

Untuk menentukan tegangan masing-masing fasa saat gangguan terjadi :

1. Fasa R

$$V_R = (-10581,54 + -10581,54) + j(-26222,71 + -14675,71)$$

$$= -21163,08 + j - 40898,42$$

$$= 46049,50 \angle -117^\circ \text{ Volt}$$

2. Fasa S

$$\begin{aligned} V_S &= [(V_1 \cos(240^\circ + 68^\circ) + V_2 \cos(120^\circ + 54^\circ)] + \\ &\quad j[(V_1 \sin(240^\circ + 68^\circ) + V_2 \sin(120^\circ + 54^\circ)] \\ &= [(28253,67 \cos(240^\circ + 68^\circ) + 18092,69 \cos(120^\circ + 54^\circ)] + \\ &\quad j[(28253,67 \sin(240^\circ + 68^\circ) + 18092,69 \sin(120^\circ + 54^\circ)] \\ &= 6669,27 + j1891,20 \\ &= 6932,23 \angle 164^\circ \text{ Volt} \end{aligned}$$

3. Fasa T

$$\begin{aligned} V_T &= [(V_1 \cos(120^\circ + 68^\circ) + V_2 \cos(240^\circ + 54^\circ)] + \\ &\quad j[(V_1 \sin(120^\circ + 68^\circ) + V_2 \sin(240^\circ + 54^\circ)] \\ &= [(28253,67 \cos(120^\circ + 68^\circ) + 18092,69 \cos(240^\circ + 54^\circ)] + \\ &\quad j[(28253,67 \sin(120^\circ + 68^\circ) + 18092,69 \sin(240^\circ + 54^\circ)] \\ &= 24551,89 + j16528,49 \\ &= 29597,07 \angle 146^\circ \text{ Volt} \end{aligned}$$

Jadi, kedip tegangan yang dihasilkan antara 1 fasa dengan fasa lainnya pada penyulang LA.02, dengan mengambil contoh perhitungan antara fasa S dan T adalah :

$$\begin{aligned} V_{2\text{Fasa}} &= \sqrt{(V_{\text{Sri}} - V_{\text{Trie}})^2 + (V_{\text{Sim}} - V_{\text{Tij}})^2} \\ &\quad \angle \arctan (V_{\text{Sim}} - V_{\text{Tij}}) / (V_{\text{Sri}} - V_{\text{Trie}}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{(-6669,27 - 24551,89)^2 + (1891,20 - 16528,49)^2} \\
&\quad \angle \arctan(1891,20 - 16528,49)/(-6669,27 - 24551,89) \\
&= 34482,04 \angle 90^\circ \text{ Volt}
\end{aligned}$$

Tabel.4.17 Kedip tegangan antar fasa dengan fasa LA.01 & LA.02

Penyulang	Kedip tegangan pada Lokasi Titik 100 %
LA.01	17888,27 $\angle 90^\circ$ Volt
LA.02	34482,04 $\angle 90^\circ$ Volt

4.4.3 Menghitung Kedip Tegangan Tiga Fasa

Untuk menghitung kedip tegangan fasa dengan fasa pada penyulang LA.01 & LA.02 di titik gangguan 100% sebagai berikut :

1) Penyulang LA.01

$$\text{Jika } I_{hs_{3f}} \text{ lokasi titik gangguan } 100\% = 763,69 \times \sqrt{3}$$

$$Z = R + jX = (13,25 + j 7,304) \Omega$$

$$= 15,12 \angle 28,86$$

Maka kedip tegangan di titik lokasi 100% dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = \sqrt{((100\% \times 13,25)^2 + (100\% \times 7,304)^2)} \times 763,69 \times \sqrt{3} = 24188,64 \text{ Volt}$$

2) Penyulang LA.02

$$\text{Jika } I_{hs_{3f}} \text{ lokasi titik gangguan } 100\% = 222,74 \times \sqrt{3}$$

$$Z = R + jX = (48,41 + j 18,571) \Omega$$

$$= 51,84 \angle 20,98$$

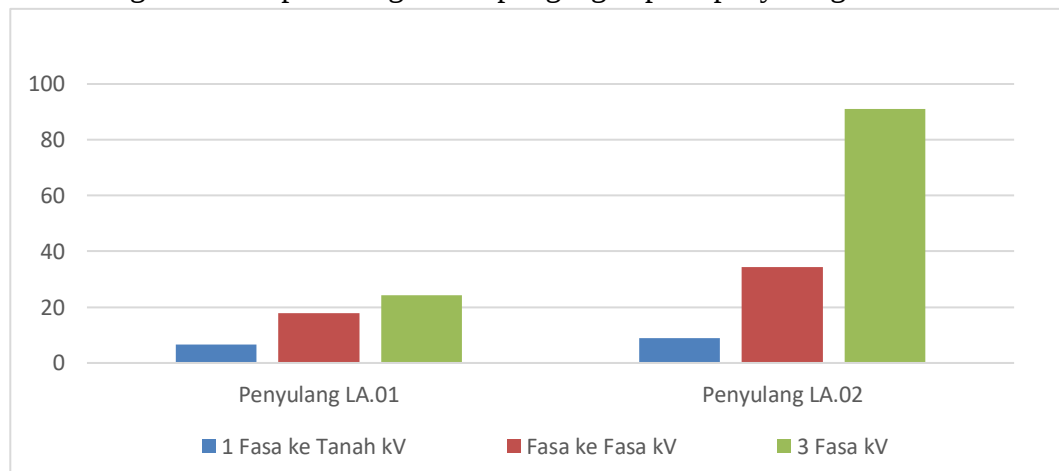
Maka kedip tegangan di titik lokasi 100% dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = \sqrt{((100\% \times 48,41)^2 + (100\% \times 18,57)^2)} \times 222,74 \times \sqrt{3} = 91129,35 \text{ Volt}$$

Tabel.4.18 Kedip tegangan antar 3 fasa LA.01 & LA.02

Penyulang	Kedip tegangan pada Lokasi Titik 100 %
LA.01	24188,64 Volt
LA.02	91129,35 Volt

Berikut grafik hasil perhitungan kedip tegangan pada penyulang LA.01 & LA.02



Gambar 4.5 Grafik Hasil Perhitungan Kedip Tegangan LA.01 & LA.02

4.5 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Menggunakan Software ETAP

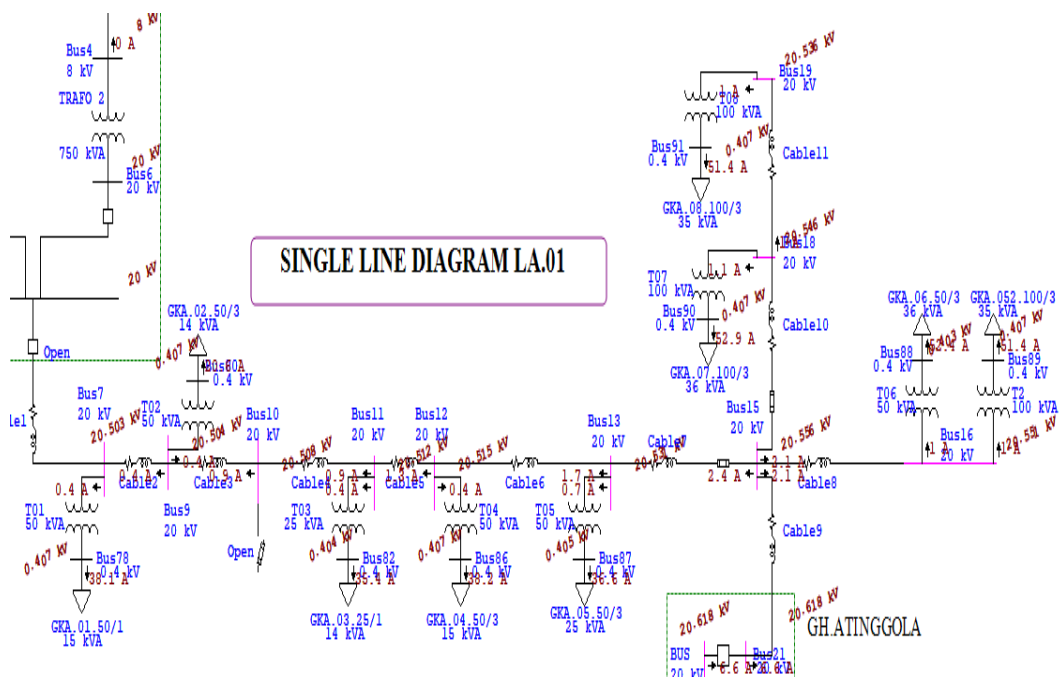
12.6.0

Simulasi gangguan hubung singkat pada penyulang di PT. PLN (Persero) sub ULP Atinggola menggunakan software ETAP 12.6.0. dengan *ANSI short circuit analysis* L-G, L-L dan 3 phase fault, adalah analisis gangguan 1 fasa dengan tanah, fasa dengan fasa dan 3 fasa.

Simulasi gangguan dilakukan pada bus-bus yang berada di penyulang LA.01 dan LA.02, pada tiap-tiap bus tersebut terdapat trafo distribusi yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari 20 kV ke 0,4 kV

4.5.1 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Penyulang LA.01

Simulasi gangguan hubung singkat penyulang LA.01 ini dilakukan pada 18 bus, yakni 8 bus tegangan 20 kV dan 9 bus tegangan 0,4 kV.



Gambar 4.6 Model sistem distribusi penyulang LA.01 dalam kondisi normal setelah di simulasi aliran daya pada ETAP 12.6.0

SINGLE LINE DIAGRAM LA.01

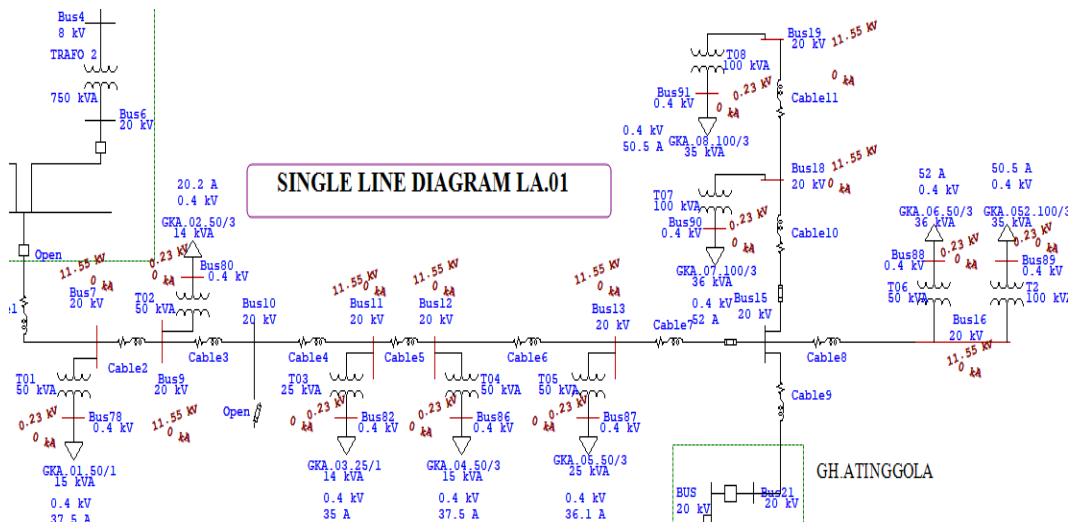
The diagram illustrates a power distribution system with the following components and data:

- Top Left:** 8 kV TRAF0 2, 750 kVA transformer connected to Bus6 (20 kV).
- Top Right:** Bus19 (20 kV) with a 9.98 kA fault current, connected to T08 (100 kVA) and Cable11.
- Center:** A horizontal busbar with multiple bus sections (Bus7, Bus8, Bus10, Bus12, Bus13, Bus15, Bus18, Bus21) and associated transformers (T01, T02, T03, T04, T05, T06, T07, T08, T09, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32, T33, T34, T35, T36, T37, T38, T39, T40, T41, T42, T43, T44, T45, T46, T47, T48, T49, T50, T51, T52, T53, T54, T55, T56, T57, T58, T59, T60, T61, T62, T63, T64, T65, T66, T67, T68, T69, T70, T71, T72, T73, T74, T75, T76, T77, T78, T79, T80, T81, T82, T83, T84, T85, T86, T87, T88, T89, T90, T91, T92, T93, T94, T95, T96, T97, T98, T99, T100, T101, T102, T103, T104, T105, T106, T107, T108, T109, T110, T111, T112, T113, T114, T115, T116, T117, T118, T119, T120, T121, T122, T123, T124, T125, T126, T127, T128, T129, T130, T131, T132, T133, T134, T135, T136, T137, T138, T139, T140, T141, T142, T143, T144, T145, T146, T147, T148, T149, T150, T151, T152, T153, T154, T155, T156, T157, T158, T159, T160, T161, T162, T163, T164, T165, T166, T167, T168, T169, T170, T171, T172, T173, T174, T175, T176, T177, T178, T179, T180, T181, T182, T183, T184, T185, T186, T187, T188, T189, T190, T191, T192, T193, T194, T195, T196, T197, T198, T199, T200, T201, T202, T203, T204, T205, T206, T207, T208, T209, T210, T211, T212, T213, T214, T215, T216, T217, T218, T219, T220, T221, T222, T223, T224, T225, T226, T227, T228, T229, T230, T231, T232, T233, T234, T235, T236, T237, T238, T239, T240, T241, T242, T243, T244, T245, T246, T247, T248, T249, T250, T251, T252, T253, T254, T255, T256, T257, T258, T259, T260, T261, T262, T263, T264, T265, T266, T267, T268, T269, T270, T271, T272, T273, T274, T275, T276, T277, T278, T279, T280, T281, T282, T283, T284, T285, T286, T287, T288, T289, T290, T291, T292, T293, T294, T295, T296, T297, T298, T299, T300, T301, T302, T303, T304, T305, T306, T307, T308, T309, T310, T311, T312, T313, T314, T315, T316, T317, T318, T319, T320, T321, T322, T323, T324, T325, T326, T327, T328, T329, T330, T331, T332, T333, T334, T335, T336, T337, T338, T339, T340, T341, T342, T343, T344, T345, T346, T347, T348, T349, T350, T351, T352, T353, T354, T355, T356, T357, T358, T359, T360, T361, T362, T363, T364, T365, T366, T367, T368, T369, T370, T371, T372, T373, T374, T375, T376, T377, T378, T379, T380, T381, T382, T383, T384, T385, T386, T387, T388, T389, T390, T391, T392, T393, T394, T395, T396, T397, T398, T399, T400, T401, T402, T403, T404, T405, T406, T407, T408, T409, T410, T411, T412, T413, T414, T415, T416, T417, T418, T419, T420, T421, T422, T423, T424, T425, T426, T427, T428, T429, T430, T431, T432, T433, T434, T435, T436, T437, T438, T439, T440, T441, T442, T443, T444, T445, T446, T447, T448, T449, T450, T451, T452, T453, T454, T455, T456, T457, T458, T459, T460, T461, T462, T463, T464, T465, T466, T467, T468, T469, T470, T471, T472, T473, T474, T475, T476, T477, T478, T479, T480, T481, T482, T483, T484, T485, T486, T487, T488, T489, T490, T491, T492, T493, T494, T495, T496, T497, T498, T499, T500, T501, T502, T503, T504, T505, T506, T507, T508, T509, T510, T511, T512, T513, T514, T515, T516, T517, T518, T519, T520, T521, T522, T523, T524, T525, T526, T527, T528, T529, T530, T531, T532, T533, T534, T535, T536, T537, T538, T539, T540, T541, T542, T543, T544, T545, T546, T547, T548, T549, T550, T551, T552, T553, T554, T555, T556, T557, T558, T559, T560, T561, T562, T563, T564, T565, T566, T567, T568, T569, T570, T571, T572, T573, T574, T575, T576, T577, T578, T579, T580, T581, T582, T583, T584, T585, T586, T587, T588, T589, T590, T591, T592, T593, T594, T595, T596, T597, T598, T599, T600, T601, T602, T603, T604, T605, T606, T607, T608, T609, T610, T611, T612, T613, T614, T615, T616, T617, T618, T619, T620, T621, T622, T623, T624, T625, T626, T627, T628, T629, T630, T631, T632, T633, T634, T635, T636, T637, T638, T639, T640, T641, T642, T643, T644, T645, T646, T647, T648, T649, T650, T651, T652, T653, T654, T655, T656, T657, T658, T659, T660, T661, T662, T663, T664, T665, T666, T667, T668, T669, T670, T671, T672, T673, T674, T675, T676, T677, T678, T679, T680, T681, T682, T683, T684, T685, T686, T687, T688, T689, T690, T691, T692, T693, T694, T695, T696, T697, T698, T699, T700, T701, T702, T703, T704, T705, T706, T707, T708, T709, T710, T711, T712, T713, T714, T715, T716, T717, T718, T719, T720, T721, T722, T723, T724, T725, T726, T727, T728, T729, T730, T731, T732, T733, T734, T735, T736, T737, T738, T739, T740, T741, T742, T743, T744, T745, T746, T747, T748, T749, T750, T751, T752, T753, T754, T755, T756, T757, T758, T759, T760, T761, T762, T763, T764, T765, T766, T767, T768, T769, T770, T771, T772, T773, T774, T775, T776, T777, T778, T779, T780, T781, T782, T783, T784, T785, T786, T787, T788, T789, T790, T791, T792, T793, T794, T795, T796, T797, T798, T

Hasil Simulasi Gangguan 1 Fasa dengan Tanah pada 18 Bus

BUS		Line to Ground Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.
Bus7	20.00	0.226	-0.123	0.257
Bus9	20.00	0.232	-0.131	0.267
Bus11	20.00	0.258	-0.176	0.312
Bus12	20.00	0.265	-0.190	0.326
Bus13	20.00	0.286	-0.265	0.390
Bus16	20.00	0.286	-0.352	0.454
Bus18	20.00	0.289	-0.322	0.432
Bus19	20.00	0.227	-0.227	0.359
Bus78	0.40	0.401	-0.946	1.027
Bus80	0.40	0.401	-0.947	1.028
Bus82	0.40	0.200	-0.485	0.525
Bus86	0.40	0.396	-0.952	1.031
Bus87	0.40	0.393	-0.955	1.033
Bus88	0.40	0.391	-0.959	1.035
Bus89	0.40	0.761	-1.856	2.006
Bus90	0.40	0.764	-1.853	2.004
Bus91	0.40	0.776	-1.838	1.995

2) Simulasi Gangguan Fasa dengan Fasa (*Line to Line Fault*)



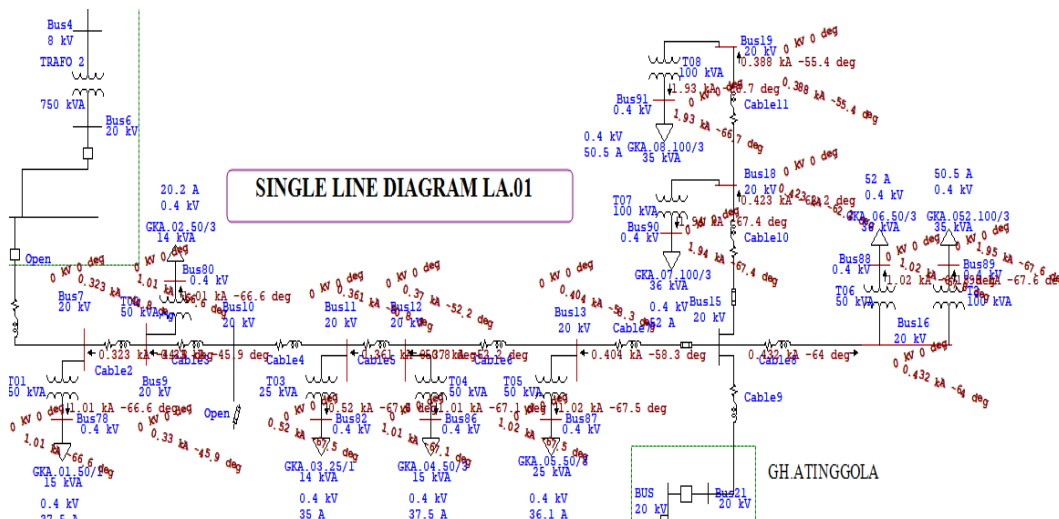
Gambar 4.8 Hubung singkat fasa dengan fasa yang terjadi pada 18 bus penyulang LA.01

Hasil Simulasi Gangguan Fasa dengan Fasa pada 18 Bus

Tabel 4.20 Hasil gangguan fasa dengan fasa pada 18 bus penyulang LA.01

BUS		Line to Line Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.
Bus7	20.00	0.197	0.198	0.280
Bus9	20.00	0.206	0.199	0.286
Bus11	20.00	0.243	0.198	0.313
Bus12	20.00	0.253	0.196	0.320
Bus13	20.00	0.298	0.184	0.350
Bus16	20.00	0.336	0.164	0.374
Bus18	20.00	0.324	0.171	0.366
Bus19	20.00	0.277	0.191	0.336
Bus78	0.40	0.801	0.347	0.873
Bus80	0.40	0.802	0.346	0.873
Bus82	0.40	0.416	0.172	0.450
Bus86	0.40	0.808	0.341	0.877
Bus87	0.40	0.813	0.337	0.880
Bus88	0.40	0.817	0.334	0.882
Bus89	0.40	1.558	0.642	1.685
Bus90	0.40	1.554	1.646	1.683
Bus91	0.40	1.536	0.661	1.672

3) Simulasi Gangguan 3 Fasa (3 Phase Fault)



Gambar 4.9 Hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada 18 bus penyulang LA.01

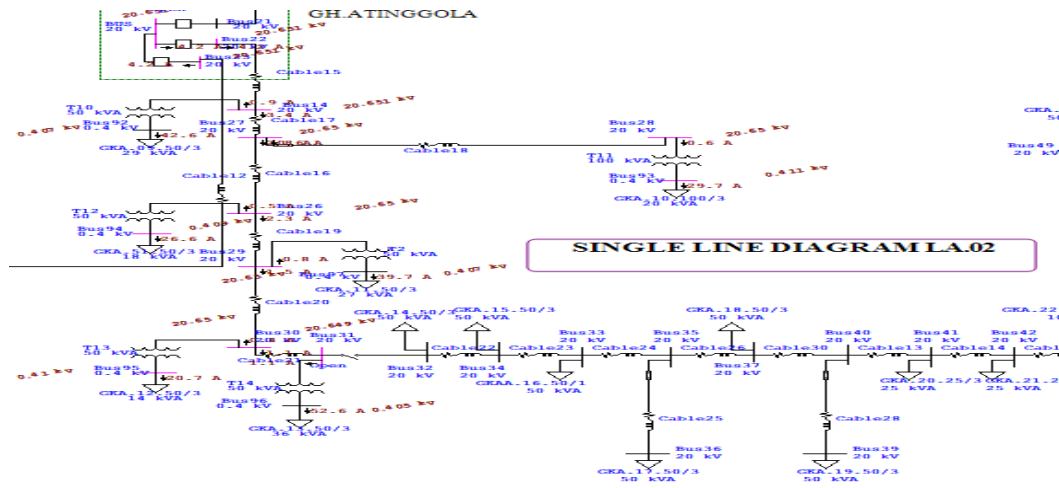
Hasil Simulasi Gangguan 3 Fasa pada 18 Bus

Tabel 4.21 Hasil gangguan 3 fasa pada 18 bus penyulang LA.01

BUS		3 Phase Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.
Bus7	20.00	0.229	-0.228	0.323
Bus9	20.00	0.230	-0.237	0.330
Bus11	20.00	0.228	-0.280	0.361
Bus12	20.00	0.227	-0.292	0.370
Bus13	20.00	0.212	-0.344	0.404
Bus16	20.00	0.189	-0.388	0.432
Bus18	20.00	0.198	-0.374	0.423
Bus19	20.00	0.220	-0.320	0.388
Bus78	0.40	0.401	-0.924	1.008
Bus80	0.40	0.400	-0.926	1.008
Bus82	0.40	0.199	-0.480	0.520
Bus86	0.40	0.394	-0.933	1.013
Bus87	0.40	0.389	-0.939	1.016
Bus88	0.40	0.385	-0.943	1.019
Bus89	0.40	1.741	-1.799	1.946
Bus90	0.40	1.746	-1.794	1.943
Bus91	0.40	1.763	-1.773	1.930

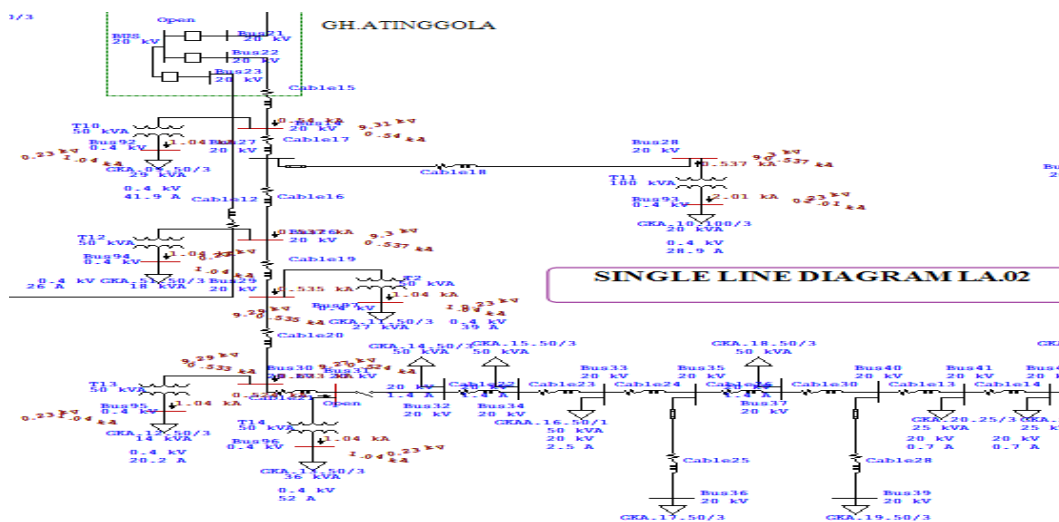
4.5.2 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Penyulang LA.02

Simulasi gangguan hubung singkat penyulang LA.02 ini dilakukan hanya sampai pada LBS Kota jin. Untuk bus-bus yang akan disimulasikan ada 12 bus, 6 bus bertegangan 20 kV dan 6 bus bertegangan 0.4 kV.



Gambar 4.10 Model sistem distribusi penyulang LA.02 dalam kondisi normal setelah di simulasi aliran daya pada ETAP 12.6.0

1) Simulasi Gangguan 1 Fasa dengan Tanah (*Line to Ground fault*)



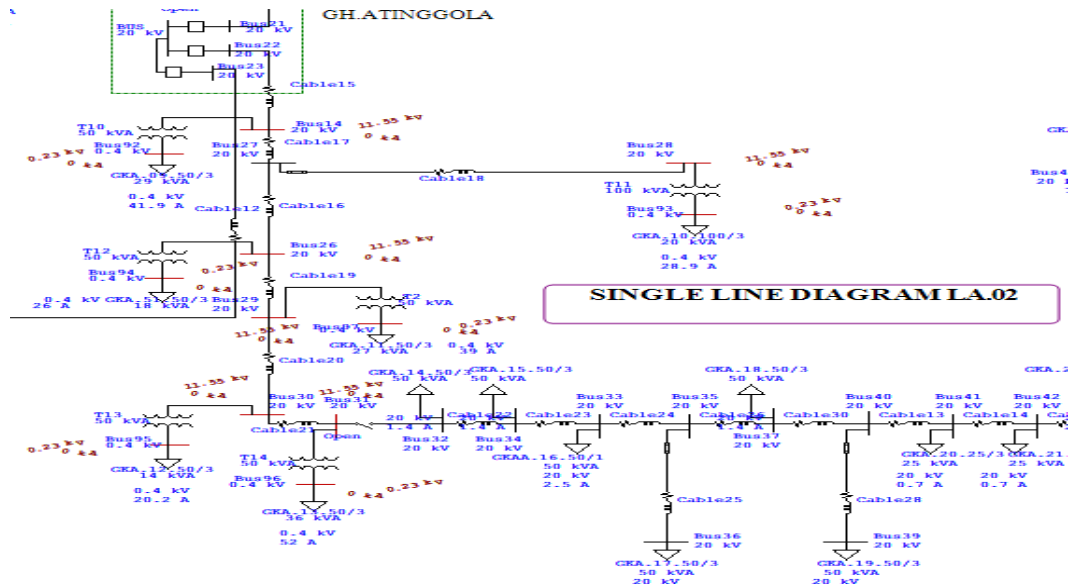
Gambar 4.11 Hubung singkat 1 fasa dengan tanah yang terjadi pada 12 bus penyulang LA.02

Hasil Simulasi Gangguan 1 Fasa dengan Tanah pada 12 Bus

Tabel 4.22 Hasil gangguan 1 fasa dengan tanah pada 18 bus penyulang LA.01

BUS		Line to Ground Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.
Bus14	20.00	0.241	-0.483	0.540
Bus26	20.00	0.242	-0.479	0.537
Bus28	20.00	0.242	-0.479	0.537
Bus29	20.00	0.243	-0.477	0.535
Bus30	20.00	0.244	-0.474	0.533
Bus31	20.00	0.247	-0.463	0.524
Bus92	0.40	0.388	-0.962	1.037
Bus93	0.40	0.752	-1.867	2.013
Bus94	0.40	0.388	-0.962	1.037
Bus95	0.40	0.388	-0.962	1.037
Bus96	0.40	0.388	-0.962	1.037
Bus97	0.40	0.388	-0.962	1.037

2) Simulasi Gangguan Fasa dengan Fasa (*Line to Line Fault*)



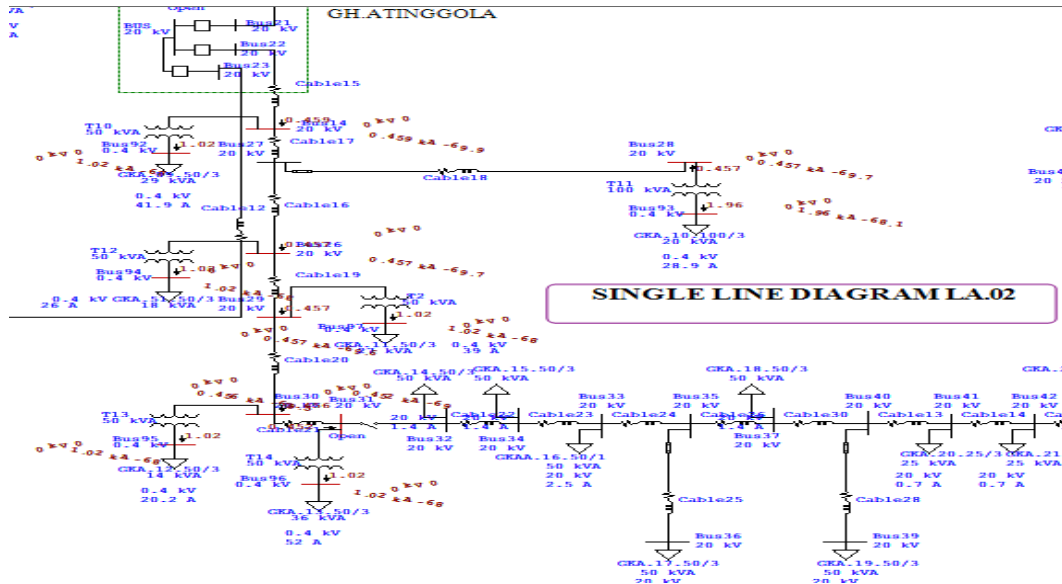
Gambar 4.12 Hubung singkat fasa dengan fasa yang terjadi pada 12 bus penyulang LA.02

Hasil Simulasi Gangguan Fasa dengan Fasa pada 18 Bus

Tabel 4.23 Hasil gangguan fasa dengan fasa pada 18 bus penyulang LA.01

BUS		Line to Line Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.
Bus14	20.00	0.373	0.137	0.397
Bus26	20.00	0.371	0.138	0.396
Bus28	20.00	0.371	0.138	0.396
Bus29	20.00	0.371	0.138	0.395
Bus30	20.00	0.370	0.138	0.395
Bus31	20.00	0.366	0.140	0.392
Bus92	0.40	0.821	0.331	0.885
Bus93	0.40	1.571	0.632	1.694
Bus94	0.40	0.820	0.331	0.885
Bus95	0.40	0.820	0.331	0.884
Bus96	0.40	0.820	0.331	0.884
Bus97	0.40	0.820	0.331	0.885

3) Simulasi Gangguan 3 Fasa (3 Phase Fault)



Gambar 4.13 Hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada 12 bus penyulang LA.02

Hasil Simulasi Gangguan 3 Fasa pada 18 Bus

Tabel 4.24 Hasil gangguan 3 fasa pada 12 bus penyulang LA.02

BUS		3 Phase Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.
Bus14	20.00	0.158	-0.431	0.459
Bus26	20.00	0.159	-0.429	0.457
Bus28	20.00	0.159	-0.429	0.457
Bus29	20.00	0.159	-0.428	0.457
Bus30	20.00	0.160	-0.427	0.456
Bus31	20.00	0.162	-0.422	0.452
Bus92	0.40	0.382	-0.947	1.022
Bus93	0.40	0.729	-1.814	1.956
Bus94	0.40	0.382	-0.947	1.021
Bus95	0.40	0.382	-0.947	1.021
Bus96	0.40	0.382	-0.947	1.021
Bus97	0.40	0.382	-0.947	1.021

4.6 Kedip Tegangan Pada Gngguan Hubung Singkat

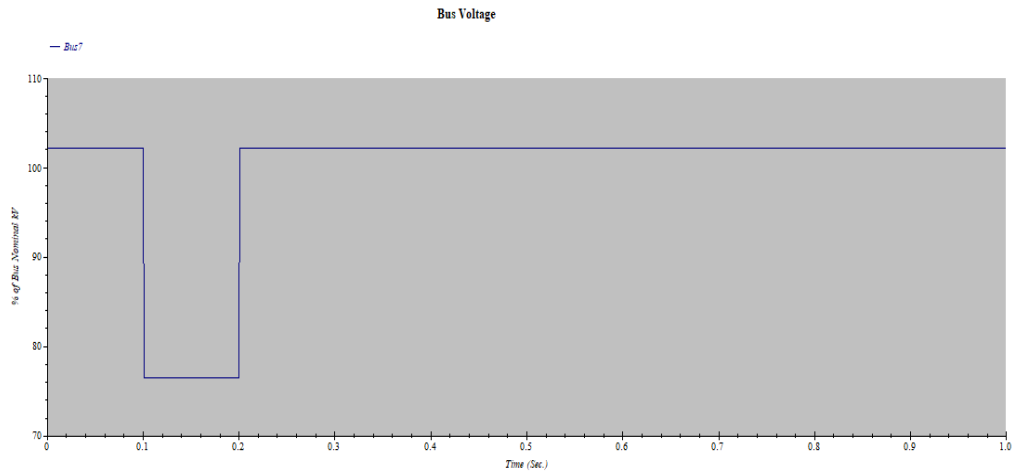
Simulasi kedip tegangan ini dilakukan pada bus bus yang ada di penyulang LA.01 dan LA.02 dengan pemilihan bus secara acak.

4.6.1 Kedip Tegangan pada Penyulang LA.01

Pada penyulang LA.01 ada 3 bus yang akan dilakukan simulasi kedip tegangan yakni bus7, bus16, dan bus19, ketiga bus tersebut adalah bus-bus ujung pada jaringan LA.01.

1) Kedip Tegangan pada Bus7

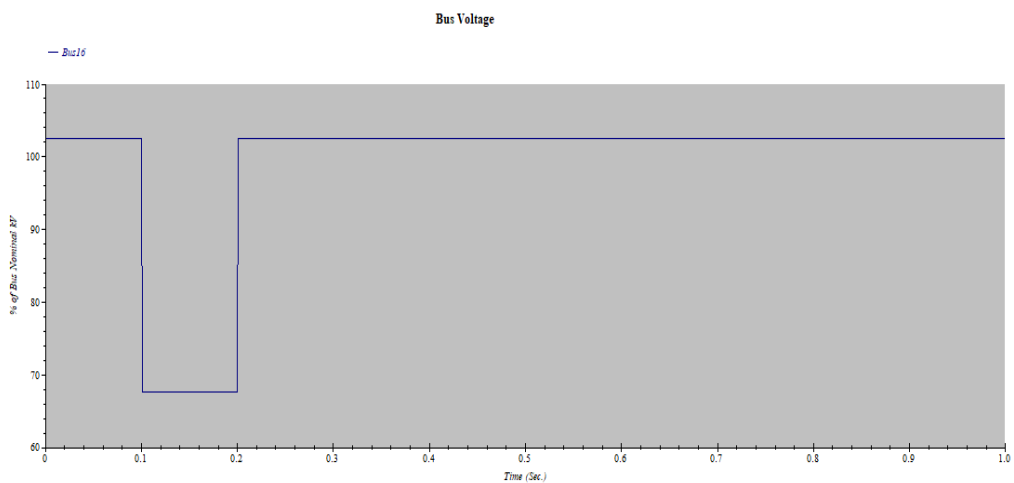
Pada grafik 4.10 terlihat kedip tegangan yang diakibatkan oleh gangguan di bus7 dengan durasi simulasi 1 detik. Kondisi tegangan sebelum terjadinya gangguan adalah 102,22% dan saat terjadi gangguan tegangan berubah menjadi 76,52% kemudian tegangan kembali normal.



Gambar 4.14 Grafik kedip tegangan pada bus7 durasi 1 detik

2) Kedip Tegangan pada Bus16

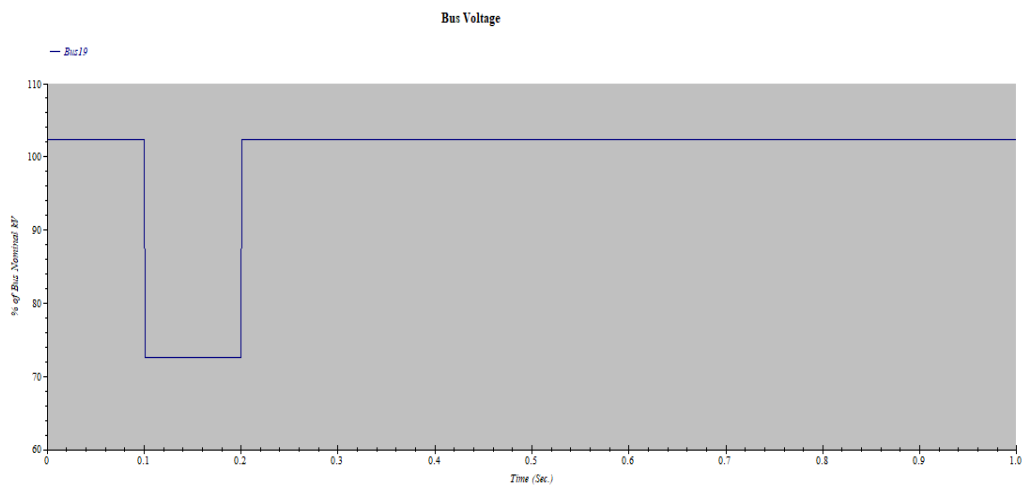
Pada grafik 4.11 kedip tegangan yang diakibatkan oleh gangguan di bus16 dengan durasi simulasi 1 detik. Kondisi tegangan sebelum terjadinya gangguan adalah 102,46% dan saat terjadi gangguan tegangan berubah menjadi 67,67% kemudian tegangan kembali normal.



Gambar 4.15 Grafik kedip tegangan pada bus16 durasi 1 detik

3) Kedip Tegangan pada Bus19

Pada grafik 4.12 kedip tegangan yang diakibatkan oleh gangguan di bus19 dengan durasi simulasi 1 detik. Kondisi tegangan sebelum terjadinya gangguan adalah 102,39% dan saat terjadi gangguan tegangan berubah menjadi 72,53% kemudian tegangan kembali normal.

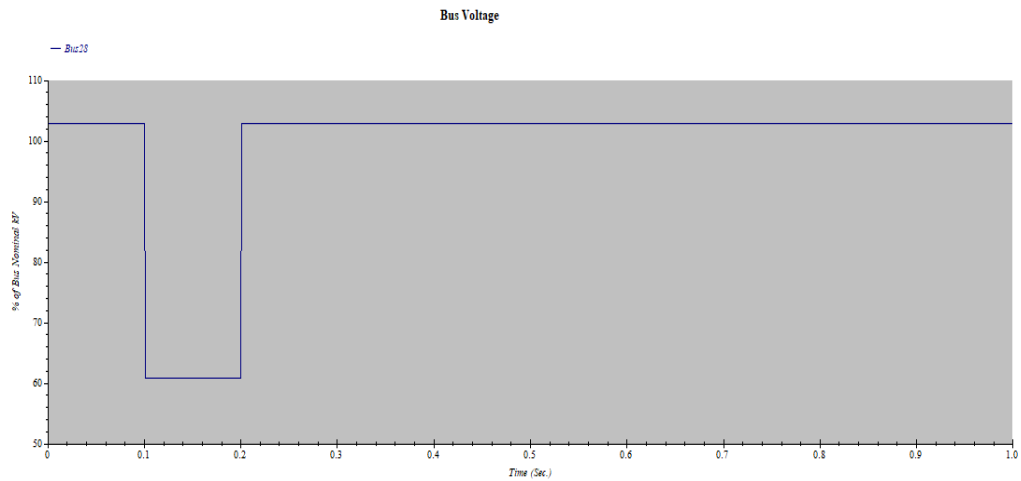


Gambar 4.16 Grafik kedip tegangan pada bus19 durasi 1 detik

4.6.2 Kedip Tegangan pada Penyulang LA.02

Pada penyulang LA.02 bus yang akan dilakukan simulasi kedip tegangan adalah bus28. Bus28 ini bertempat pada gardu GKA.10, dan memang gardu ini sering terjadi gangguan.

Simulasi Kedip tegangan di bus28 akibat hubung singkat ini berdurasi 1 detik. Ketika belum terjadi gangguan kondisi teganganya adalah 102,39% dan saat terjadi gangguan tegangan berubah menjadi 72,53% kemudian tegangan kembali normal.



Gambar 4.17 Grafik kedip tegangan pada bus28 durasi 1 detik

4.6.3 Pemulihan Kedip Tegangan

Menurut Setiawan Andri Pratama kedip tegangan ketika menjalankan gangguan hubung singkat 1 fasa dengan tanah dan disimulasikan dengan rentang durasi 0,1 sampai dengan 0,5 secon. saat sistem transmisi dijalankan kemudian diberikan kedip tegangan akan dapat diperbaiki karena menggunakan (DVR) *Dynamic Voltage Restorer* (Pratama, 2018)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan dan simulasi menggunakan etap maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan bahwa arus gangguan hubung singkat untuk gangguan satu fasa dengan tanah di titik lokasi gangguan 100% penyulang LA.01 adalah $209,01 \angle 15,27$ Ampere dan penyulang LA.02 adalah $118,54 \angle 24,82$ Ampere, untuk gangguan fasa dengan fasa titik 100% penyulang LA.01 adalah $192,88 \angle 20,98$ Ampere dan Penyulang LA.02 adalah $661,15 \angle 28,86$ Ampere, untuk gangguan hubung singkat tiga fasa di titik gangguan 100% penyulang LA.01 adalah $763,69 \angle 28,86$ Ampere dan LA.02 adalah $222,74 \angle 20,98$ Ampere.
2. Untuk kedip tegangan yang paling besar terjadi pada gangguan tiga fasa pada penyulang LA.02 dengan besar kedip tegangan yaitu 91129,35 Volt.
3. Untuk hasil perhitungan manual dan simulasi akan berbeda karena perbedaan komponen yg di pakai real di lapangan berbeda dengan komponen yang disediakan dalam simulasi software etap. Pada simulasi software etap juga yang dilakukan hanya menganalisa tiap-tiap busnya.

5.2 Saran

Dalam menganalisa kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat ini juga dapat disimulasikan menggunakan software lain seperti MATLAB

DAFTAR PUSTAKA

- Al qoyyimi, T. A., Penangsang, O., & Aryani, N. K. (2017). Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (Geographic Information System). *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 66–71. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21297>
- Badaruddin, & Kiswanto, H. (2015). Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana ISSN: 2086 - 9479. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, 6(1), 1–10. <https://media.neliti.com/media/publications/141935-ID-perancangan-simulasi-sistem-pemantauan-p.pdf>
- Hendra, Lazuardi, E., & Suparlan, M. (2015). *Studi Penentuan Kapasitas Pemutus Tenaga Sisi 20 Kv Pada Gardu Induk Sekayu*. 2(1), 16–21.
- Pelawi, Z., & Yusmartato. (2018). Analisis rugi-rugi daya pada penghantar netral jaringan distribusi sekunder akibat ketidakseimbangan beban. *Jurnal Buletin Utama Teknik*, 13(2), 127–131.
- Pramadita, I. K. P., Utama, N. P., & Wijaya, I. W. A. (2019). ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SIMETRIS DAN ASIMETRIS UNTUK MENENTUKAN KAPASITAS PENGAMAN YANG TERPASANG PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG MAMBAL. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 74–80.
- Pratama, S. A. (2018). *Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana ISSN: 2086 - 9479 Analisa Pemulihan Gangguan Voltage Dip Menggunakan Dynamic Voltage Restorer (Dvr) Di Krakatau Daya Listrik*

- Setiawan Andri Pratama Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas IS. 9(1), 34–38.
- Sabara, M. W. N., Yuwono, T., & Penangsang, O. (2012). Pengaruh Kedip Tegangan dan Koordinasi Rele. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 70–74. ejurnal.its.ac.id
- Samin, T. (2019). ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN (PERSERO) SEBATIK MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION 12.6.0. *Jurnal Elektriكا Borneo (JEB)*, 5(1), 19–24.
- Santoso, B., Gifson, A., & Pratama, D. (2017). Perbaikan Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan. *Energi & Kelistrikan*, 9(1), 34–40. <https://doi.org/10.33322/energi.v9i1.57>
- Saputra, V. B. (2016). *Analisis gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik di kso pertamina ep – geo cepu indonesia distrik 1 kawengan menggunakan software etap 12.6.*
- Sitepu, R. E. (2014). *Perhitungan kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat pada penyulang unib sistem distribusi pln bengkulu.*
- Sukma, D. Y., & Hermanto. (2017). Perbaikan Jatuh Tegangan pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Teluk Kuantan. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–8.
- Suprianto. (2018). Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT . PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu. *Jurnal of Electrical*

Technology, 3(2), 64–72.

LAMPIRAN

A. RIWAYAT HIDUP



ZAINUDIN HIKAYA, Lahir di Desa Monggupo, Kecamatan Atinggola, Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo. Pada tanggal 9 Agustus 1997. Beragama Islam dengan jenis kelamin laki-laki dan merupakan anak ke dua dari Bapak **SUMITRO**

HIKAYA dan Ibu **RAMLA PATILIMA**.

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Pendidikan Formal

- a. Lulusan Sekolah Dasar (SDN) 1 Monggupo
- b. Lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Atinggola
- c. Lulusan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 3 Gorontalo

2. Pendidikan Non Formal

- a. Peserta Masa Orientasi Baru Universitas Ichsan Gorontalo Tahun 2016
- b. Peserta Studi Kerja Lapangan (SKL) Jogja, Semarang, Malang, Probolinggo, dan Bali Tahun 2018
- c. Peserta Kuliah Kerja Lapangan Pengabdian (KKLP) Tahun 2019
- d. Peserta Kuliah Praktek (KP) di PT. KONSUIL PERDANA INDONESIA AREA GORONTALO di Jl. Samratulangi, Limba U 1, Kota Selatan, Kota Gorontalo. Tahun 2019

B. SARAN PERBAIKAN

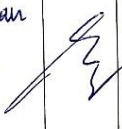
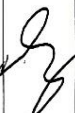
Saran perbaikan naskah proposal

1. Pak Frengki Eka Putra Surusa, ST.,MT sebagai penguji 1
 - Bab I, latar belakang, penjelasan tentang jenis-jenis gangguan hubung singkat.
 - Tampilkan single line jaringan distribusi sub ULP Atinggola.
2. Pak Steven Humena, ST.,MT sebagai penguji 2
 - All sistem sub ULP Atinggola yang akan disimulasikan.
3. Pak Muhammad Asri, ST.,MT sebagai penguji 3
 - Perbaiki gambar flow chart (fungsi setiap gambar).
 - Tampilkan rumus/contoh perhitungan fasa ke tanah dan fasa ke fasa.
 - Tampilkan solusi dari hasil analisa kedip tegangan.
4. Pak Muammar Zainuddin, ST.,MT sebagai pembimbing 1
 - Judul “Karena” diganti dengan “Akibat” Gangguan.
 - Pelajari cara mitigasi penurunan voltage dips pada penyulang.
5. Ibu Amelya Indah Pratiwi, ST.,MT sebagai pembimbing 2
 - Tambahkan single line Atinggola
 - Dihapus saja poin C hal 29 (gangguan 2 fasa ke tanah).

Saran perbaikan naskah skripsi

1. Pak Frengki Eka Putra Surusa, ST.,MT sebagai penguji 1
 - Apa itu 100% ?
 - Buatlah hasil pembaca banding.
 - Bandingkan hasil perhitungan manual dan software
2. Pak Steven Humena, ST.,MT sebagai penguji 2
 - Tambahkan materi tentang pengertian urutan positif, negatif dan nol.
 - Perhitungan tidak sesuai, hitung ulang kedip tegangannya.
 - Yang dibahas batasan masalah, tujuan, dan manfaat, Itu saja.
 - Tambah grafik untuk perhitungan manual.
3. Pak Muhammad Asri, ST.,MT penguji 3
 - Tambahkan penjelasan tentang lokasi penelitian.
 - Tidak usah ditambah-tambah.
 - Flow chart diperbaiki lagi dan diperjelas.
4. Pak Muammar Zainuddin, ST.,MT sebagai pembimbing 1
 - Hitung ulang Perhitungan manualnya
5. Ibu Amelya Indah Pratiwi, ST.,MT sebagai pembimbing 2
 - Apa-apa saja yang mempengaruhi terjadinya gangguan.
 - Tambahkan grafik untuk perhitungan manual
 - Hilangkan saja simulasi menggunakan software

C. CATATAN KOREKSI ATAU MASUKAN DARI PEMBIMBING

NO	TANGGAL	MASUKAN / KOREKSI PEMBIMBING I	TANDA TANGAN
1	08/11/2019	Rumusan masalah dan tujuan belum jelas	
2	22/11/2019	Perbaikan rumusan masalah dan tujuan, menambahkan kapasitas konduktansi proteksi	
3	25/04/2020	Perbaiki judul ganti dengan Akibat Gangguan	
4	27/04/2020	Perbaiki lagi kalimat di bab I latar belakang masalah	
5	27/04/2020	Perbaiki cara Penulisan Voltage Dips pada pengantar	

NO	TANGGAL	MASUKAN / KOREKSI PEMBIMBING II	TANDA TANGAN
1	25/11/2019	koreksi kalimat, tambahkan rumus-rumus di BAB III Metode Penelitian	
2	25/04/2020	Tambahkan Grafik dan Diagram Anggola	
3	27/04/2020	Perbaiki Penulisan Rumus	
4	27/04/2020 27/04/2020	ditutup saja poin c hal 29	



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
LEMBAGA PENELITIAN (LEMLIT)
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO**

Jl. Raden Saleh No. 17 Kota Gorontalo
Telp: (0435) 8724466, 829975; Fax: (0435) 82997;
E-mail: lembagapenelitian@unisan.ac.id

Nomor : 1937/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/XII/2019

Lampiran : -

Hal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth,

Kepala PLN Sub. Rayon Atinggola

di,-

Kabupaten Gorontalo Utara

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Rahmisyari, ST., SE
NIDN : 0929117202
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian

Meminta kesediannya untuk memberikan izin pengambilan data dalam rangka penyusunan **Proposal / Skripsi**, kepada :

Nama Mahasiswa : Zainudin Hikaya
NIM : T2116021
Fakultas : Fakultas Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Lokasi Penelitian : PLN SUB RAYON ATINGGOLA
Judul Penelitian : ANALISA KEDIP TEGANGAN KARENA HUBUNGAN
SINGKAT PADA GARDU DISTRIBUSI DI PLN SUB RAYON
ATINGGOLA

Atas kebijakan dan kerja samanya diucapkan banyak terima kasih.

Gorontalo, 25 Februari 2020

Ketua,



Dr. Rahmisyari, ST., SE
NIDN 0929117202

+



PT. PLN (Persero) sub ULP Atinggola
KECAMATAN ATINGGOLA
DESA PINONTOYONGA
Jl. Trans Sulawesi. Kode Pos 96253

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor 022/SK-GTL/III/2020

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendra Abbas
Jabatan : Yantek
Perusahaan : PT. PLN (persero) sub ULP Atinggola
Alamat : Desa Monggupo Kecamatan Atinggola

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Zainudin Hikaya
NIM : T2116021
Fak/Jur : Teknik / Teknik Elektro
Universitas : Universitas Ichsan Gorontalo

Adalah benar telah melakukan penelitian dalam rangka penulisan skripsinya yang berjudul :
**ANALISA KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA
PENYULANG DI PT. PLN (PERSERO) SUB ULP ATINGGOLA** sejak tanggal 12 Januari
2020 sampai dengan tanggal 12 Februari 2020 bahwa yang bersangkutan telah mengambil data –
data yang di perlukan.

Gorontalo, 14 Februari 2020

Mengetahui Koordinator Lapangan


Hendra Abbas




**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS ICHSAN
(UNISAN) GORONTALO**

SURAT KEPUTUSAN MENDIKNAS RI NOMOR 84/D/O/2001
Jl. Achmad Nadjamuddin No. 17 Telp (0435) 829975 Fax (0435) 829976 Gorontalo

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI

No. 0144/UNISAN-G/S-BP/IV/2020

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sunarto Taliki, M.Kom
NIDN : 0906058301
Unit Kerja : Pustikom, Universitas Ichsan Gorontalo

Dengan ini Menyatakan bahwa :

Nama Mahasisw : ZAINUDIN HIKAYA
NIM : T2116021
Program Studi : Teknik Elektro (S1)
Fakultas : Fakultas Teknik
Judul Skripsi : Analisa Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang di PT. PLN (Persero) sub ULP Atinggola

Sesuai dengan hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi Turnitin untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil Similarity sebesar 33%, berdasarkan SK Rektor No. 237/UNISAN-G/SK/IX/2019 tentang Panduan Pencegahan dan Penanggulangan Plagiarisme, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 35% dan sesuai dengan Surat Pernyataan dari kedua Pembimbing yang bersangkutan menyatakan bahwa isi softcopy skripsi yang diolah di Turnitin SAMA ISINYA dengan Skripsi Aslinya serta format penulisannya sudah sesuai dengan Buku Panduan Penulisan Skripsi, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan BEBAS PLAGIASI dan layak untuk diujikan.

Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Gorontalo, 27 April 2020
Tim Verifikasi,



Sunarto Taliki, M.Kom
NIDN. 0906058301

Tembusan :

1. Dekan
2. Ketua Program Studi
3. Pembimbing I dan Pembimbing II
4. Yang bersangkutan
5. Arsip

ANALISA KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG DI PT. PLN (PERSERO) SUB ULP ATINGGOLA

ORIGINALITY REPORT

32%	30%	3%	21%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	zadoco.site Internet Source	11%
2	media.neliti.com Internet Source	6%
3	www.scribd.com Internet Source	2%
4	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	2%
5	id.123dok.com Internet Source	2%
6	eprints.ums.ac.id Internet Source	1%
7	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
8	duniaberbagiilmuuntuksemua.blogspot.co.id Internet Source	1%

9	Submitted to Universiti Malaysia Pahang Student Paper	1 %
10	www.unilak.ac.id Internet Source	1 %
11	Submitted to STT PLN Student Paper	1 %
12	docplayer.info Internet Source	1 %
13	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	1 %
14	es.scribd.com Internet Source	<1 %
15	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
16	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Student Paper	<1 %
17	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to Udayana University Student Paper	<1 %
19	vdocuments.site Internet Source	<1 %

20	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
21	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
22	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
23	Submitted to President University Student Paper	<1 %

Exclude quotes	On	Exclude matches	< 25 words
Exclude bibliography	On		