

TUGAS AKHIR

ANALISA KARAKTERISTIK ARUS DAN TEGANGAN PADA SALAH SATU PHASA YANG TERPUTUS DI SUTM 20 KV

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

(ST)

*Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Diajukan Oleh :

RAKA WIBI NUGRAHA

NPM : 1407220024



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

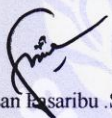
Nama : Raka Wibi Nugraha
NPM : 1407220024
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Karakteristik Arus Dan Tegangan Pada Salah Satu
Phasa Yang Terputus Di SUTM 20 kv
Bidang Ilmu : Sistem Tenaga Listrik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 3 November 2020

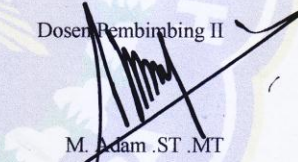
Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I



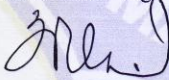
Faisal Irsan Pasaribu .ST .MT

Dosen Pembimbing II



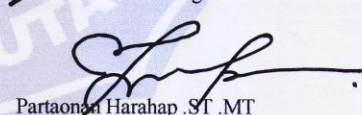
M. Adam .ST .MT

Dosen Pembanding I



Ir. Zul Arsil Siragar

Dosen Pembanding II



Partaonon Harahap .ST .MT

Diketahui Oleh
Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu .ST .MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Raka Wibi Nugraha
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 30 Desember1996
NPM : 1407220024
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bawah laporan Tugas Akhir saya yang berjudul

“Analisa Karakteristik Arus Dan Tegangan Pada Salah Satu Fasa Yang Terputus Di SUTM 20 kv”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya orang lain, hasil karya orang lain untuk kepentingan saya karna hubungan matrial dan non matrial, apapun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulus Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat merupakan pembatalan kesarjanaan.

Demikian Surat Peryataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak ada tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 31 Agustus 2020

Saya yang menyatakan,



Raka Wibi Nugraha

ABSTRAK

Seperti yang diketahui di Indonesia, jaringan dengan konduktor telanjang yang terletak di udara bebas banyak mengandung resiko terjadinya gangguan hubung singkat fasa-fasa atau fasa-tanah dan juga resiko terputusnya salah satu bahkan beberapa kawat penghantar maka dari itu penelitian ini di lakukan untuk menetaui karakteristik arus dan tegangan pada salah satu fasa terputus menggunakan metode pengukuran, perhitungan, dan pengamatan langsung dilapangan. Contohnya data pengukuran arus dan tegangan pada trafo 20kv dan juga data laporan gangguan. Apabila salah satu fasa terputus di ujung jaringan akibat hubung singkat, nilai arus akan mendekati nilai hubung singkat jaringan dan kemungkinan sistem proteksi ada berkerja dan jika salah satu fasa terputus akibat kawat penampang terputus tanpa terhubung singkat maka tegangan akan mendekati nilai tegangan pangkal sebesar 20.974 maka, rugi daya akan bertambah di karnakan perubahan tegangan antara fasa yang terputus terhadap fasa lain yang masih berbeban ini mengakibatkan terjadinya proses charging seperti halnya pada kapasitor menyebabkan arus pada fasa selain dari fasa yang terputus menjadi lebih kecil dan arus pada fasa yang terputus akan mendekati nol. Besarnya impedansi saluran bergantung pada jarak terjadinya gangguan, berdasarkan hasil perhitungan nilai impedansi total pada ujung jaringan adalah 79.2833Ω . Gangguan putusnya salah satu fasa di jaringan SUTM 20 KV dapat mempengaruhi sistem distribusi membuat ketidak setabilan antara fasa.

Kata kunci : Karakteristik arus, Tegangan, SUTM, Fasa Terputus.

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebatas ilmu dan kemampuan yang penulis miliki, sebagai tahap akhir dalam menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dengan perjuangan yang berat dan perilaku akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “*Analisa karakteristik arus dan tegangan pada salah satu phasa yang terputus di SUTM 20kv*”.

Dalam penyusunan Tahap Akhir penulis telah banyak menerima bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulisan dengan setulus hati mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Teristimewa buat ayah Subani Anjasmita dan Ibunda Suryana yang telah banyak memberikan pengorbanan demi cita-cita bagi kehidupan penulis, serta abang dan adik – adik yang telah banyak memberikan doa, nasehat, materi dan dorongan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan, S.T.,M.T, sebagai Ketua Program Studi dan juga Dosen pembimbing I Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan S.T.,M.T, sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Muhammad Adam ST.MT, Sebagai dosen pembimbing II.
6. Seluruh staf pengajar dan pegawai Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. rekan-rekan mahasiswa setambuk 2014 A 1 pagi yang banyak membantu dan memberi masukan dalam Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Skripsi ini dimasa yang akan datang.

Akhirnya kepada Allah SWT penulis berserah diri semoga kita selalu dalam lindungan serta limpahan rahmat-Nya dengan kerendahan hati penulis berharap mudah-mudahan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis khususnya.

Medan, September 2020

Penulis,

Raka wibi nugraha

1407220024

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT KEASLIAN	ii
ABSRTAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABLE	x
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.3 Saluran Tegangan Menengah	8
2.4 Konsep Kualitas Daya Listrik.....	11
2.5 Transformator Tenaga	12
2.6 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	13

2.7 Jaringan Distribusi Primer	14
2.7.1 Gangguan Pada Sistem Distribusi Primer	14
2.8 Analisa Gangguan Hubung Singkat	18
2.8.1 Perhitungan Gangguan Hubung Singkat	19
2.8.2 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	20
2.8.3 Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa	21
2.8.4 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah	22
2.9 Impedansi Sumber	23
2.9.1 Impedansi Transformator	24
2.9.2 Impedansi Penyulung	26
2.9.3 Impedansi Ekvivalen Jaringan	27
2.10 Arus Dan Tegangan	28
2.11 Sistem Proteksi	30
2.11.1 Pralatan Proteksi Pada Sistem Distribusi 20 kV	31
2.12 Kapasitansi	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Jadwal Penelitian	36
3.2 Pengumpulan Data	36
3.3 Data Perusahaan	37
3.4 Data Perhitungan Gangguan Hubung Singkat	37
3.5 Pengukuran Arus Dan Tegangan	38
3.6 Bagan Diagram Alir	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menganalisa Salah Satu Fasa Yang Terputus.....	41
4.2 Menganalisa Nilai Impedansi	41
4.2.1 Impedansi Nilai Transformator.....	41
4.2.2 Impedansi Sumber	42
4.2.3 Impedansi Saluran Urutan Positif/Negatif.....	42
4.2.4 Impedansi Saluran Urutan Nol	44
4.2.5 Impedansi Total Saluran Urutan Positif/Negatif	46
4.2.6 Impedansi Total Saluran Urutan Nol.....	47
4.2.7 Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa.....	47
4.2.8 Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah	49
4.3 Menganalisa Nilai Tegangan Dan Rugi Daya Pada Titik Terputus	50

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pola Jaringan Radial.....	9
Gambar 2.2 Pola Jaringan Loop.....	10
Gambar 2.3 Pola Jaringan Grid.....	10
Gambar 2.4 Pola Jaringan Spindle.....	11
Gambar 2.5 Diagram Garis Sistem Tenaga Listrik.....	13
Gambar 2.6 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	20
Gambar 2.7 Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa	21
Gambar 2.8 Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Tanah	23
Gambar 4.1 Grafik Impedansi Total Pada Titik Yang Terputus.....	57
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Pada Titik Yang Terputus	58
Gambar 4.3 Grafik Rugi Daya Pada Titik Yang Terputus.....	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Perhitungan Sebelum Fasa Terputus.....	38
Tabel 3.2 Perhitungan Sesudah Fsa Terputus	39
Tabel 4.1 Impedansi Saluran Urutan Positif/Negatif	44
Tabel 4.2 Impedansi Saluran Urutan Nol.....	46
Tabel 4.3 Impedansi Total Saluran Urutan Positif/Negatif.....	46
Tabel 4.4 Impedansi Total Saluran Urutan Nol	47
Tabel 4.5 Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa	48
Tabel 4.6 Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah	50
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan.....	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat umum digunakan oleh masyarakat luas. Penggunaan energi listrik saat ini, tidak terbatas pada daerah atau konsumen kelas atas, namun energi listrik juga dikonsumsi oleh masyarakat menengah dan bawah. Kegiatan perdesaan sekalipun ditunjang oleh ketersediaan pasokan listrik. Kebutuhan akan tenaga listrik semakin meningkat sementara tersediaannya pasokan listrik tidak meningkat pesat seperti kebutuhan akan tenaga listrik.

Dengan semakin pesatnya kemajuan teknologi sekarang ini, semakin berkembang pula kebutuhan tenaga listrik dengan kualitas yang sesuai dengan standarnya. Permasalahan utama yang dihadapi adalah mulai terjadinya krisis energi yang mengglobal. Hal ini menyebabkan penyediaan listrik untuk umum di Indonesia, dalam hal ini PT PLN (Persero) harus melakukan efisiensi di segala sector, terutama di sektor penyediaan tenaga listrik. Salah satunya langkah efisiensi yang dilakukan adalah meminimalisir rugi-rugi sekecil mungkin, baik rugi-rugi secara teknik maupun *non* teknik. Penekanan rugi-rugi secara teknik yang dilakukan adalah dengan pemeliharaan jaringan listrik seperti pemeliharaan transformator, pemeliharaan peralatan jaringan listrik, dan penyeimbangan beban semaksimal mungkin, sehingga rugi-rugi teknik akibat jaringan dapat diminimalisir.

Umumnya tenaga listrik tiga fasa empat kawat sistem distribusi SUTM 20 KV untuk mengalirkan tenaga listrik digunakan untuk memasok ke kelompok beban rumah tangga, perkantoran, lembaga dan lainnya. Dalam kondisi tertentu kadang terjadi masalah di SUTM 20 KV yang diakibatkan faktor personal atau pun faktor alam yang tidak bisa diprediksi akan terjadi hal ini mengakibatkan terganggunya jaringan distribusi listrik.

Studi yang diangkat sebagai bahan penelaahan dalam melakukan tugas akhir ini mengenai “analisa karakteristik arus dan tegangan pada salah satu Phasa yang terputus di SUTM 20 KV”. Dalam sistem distribusi 20kv ke konsumen dilakukan melalui jaringan berupa Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), jaringan bisa di tarik sepanjang puluhan sampai ratusan Km termasuk termasuk percabangannya dan biasanya terletak di luar kota besar. Seperti yang diketahui di Indonesia, jaringan dengan kontuktur telanjang yang di gelar di udara abebas banyak mengandung resiko terjadinya gangguan hubung singkat fasa-fasa atau fasa-tanah dan juga resiko terputusnya salah satu bahkan beberapa kawat penghantar. Seringnya gangguan hubung singkat ini di jaringan meyebabkan relay proteksi berkerja dan seiring itu pulak trafo daya menderita pukulan hubung singkat yang dapat memperpendek umur trafo daya. Untuk pengaman maka di gunakan peralatan proteksi pada sistem distribusi dimana ini berguna untuk meminimalkan kerusakan pada trafo yang di sebabkan hubung singkat biasanya peralatan prokteksi yang di gunakan adalah Relay arus lebih (*Over Current Relay/OCR*) relay ini berkerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi nilai pengaman tertentu dalam jangka waktu tertentu, sehingga relay ini dapat di pakai sebagai pola pengaman arus lebih.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik arus bila salah satu phasa terputus?
2. Berapa impendansi pada saat terjadinya hubung singkat?
3. Berapa besaran tegangan di kawat yang terputus?

1.3 Ruang Lingkup

1. Menganalisa karakteristik arus bila salah satu phasa terputus.
2. Menganalisa nilai impedansi.
3. Menganalisa besaran tegangan di kawat yang terputus.

1.4 Tujuan penelitian

1. Menganalisa karakteristik arus bila salah satu phasa terputus.
2. Menganalisa impedansi pada saat terjadi hubung singkat.
3. Menganalisa besar nilai tegangan di kawat yang terputus.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan umum perusahaan, latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penulisan serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus Tugas Akhir, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan di teliti yaitu analisa karakteristik arus dan tegangan bila salah satu fasa terputus.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan menerangkan mengenai lokasi dilaksanakannya penelitian, jenis penelitian, jadwal penelitian, jalannya penelitian, serta langkah-langkah pemecaan masalah.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai analisa data.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil penelitian dan juga saran-saranyang berhubungan dengan Tugas Akhir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Studi gangguan hubung singkat merupakan hal yang penting dalam perencanaan pembuatan sistem tenaga listrik. Hubung singkat terjadi ketika penghantar (kabel) yang bertegangan tersambung langsung ke penghantar netral. Karena tidak melalui tahanan berupa peralatan listrik, maka arus listrik hubung singkat yang mengalir sangat besar. Untuk mengatasi hal ini maka diperlukan analisis gangguan hubung singkat sehingga besar arus gangguan yang mengalir pada sistem dapat diketahui dan peralatan proteksi yang akan digunakan dapat ditentukan. Penelitian ini akan melakukan analisis arus hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah. Studi gangguan hubung singkat merupakan hal yang penting dalam perencanaan pembuatan sistem tenaga listrik. Hubung singkat terjadi ketika penghantar (kabel) yang bertegangan tersambung langsung ke penghantar netral. Karena tidak melalui tahanan berupa peralatan listrik, maka arus listrik hubung singkat yang mengalir sangat besar. Untuk mengatasi hal ini maka diperlukan analisis gangguan hubung singkat sehingga besar arus gangguan yang mengalir pada sistem dapat diketahui dan peralatan proteksi yang akan digunakan dapat ditentukan. Penelitian ini akan melakukan analisis arus hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah. Penelitian dimulai dari pengumpulan data-data yang diperlukan untuk analisis. Kemudian membuat single line dengan menggunakan ETAP Power Station 12.6 sesuai data yang telah didapat. Setelah single line jadi kemudian dilakukan simulasi hubung singkat untuk mengetahui apakah single line yang telah dibuat sudah sesuai atau belum. Jika single line belum sesuai maka dilakukan perbaikan lagi. Setelah itu dilakukan simulasi hubung singkat dengan memvariasi lokasi gangguan. Yaitu di dekat sumber pembangkit, di dekat beban, dan di antarpembangkit dan beban. Hasil simulasi menunjukkan besar arus hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah. Lokasi

gangguan juga mempengaruhi besar arus hubung singkat yang terjadi. Semakin dekat sumberpembangkit arus hubung singkat semakin besar (very bagus, 2016).

Penelitian selanjutnya yaitu analisa jatuhnya Tegangan dan Arus Hubung Singkat pada Jaringan Tegangan Menengah PT RUM. Hasil analisis, Gangguan hubung singkat yang dapat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan magnitudo lebih tinggi dari keadaan normal. Dan sebaliknya hal ini akan mengakibatkan nilai tegangan di titik hubung singkat tersebut akan menjadi sangat rendah. Kedaan ini dapat mengakibatkan kegagalan oprasi sistem secara keseluruhan (Farid Hermanto, 2013).

Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik antara lain disebabkan oleh banyaknya gangguan, lamanya pemadaman yang diakibatkan oleh trip-nya penyulang, kondisi jaringan penyulang, dan juga jenis penghantar yang digunakan. Pada penyulang Jember Kota dan Kalisat, seringkali terjadi pemadaman yang mengakibatkan keandalan system menjadi rendah. Untuk mengukur ineks keandalan tersebut biasanya digunakan indicator SAIDI (Sistem Average Interruption Duration Index) yaitu rata-rata durasi pemadaman sistem dan indicator SAIFI (Sistem Average Interruption Frequency Index) yaitu rata-rata frekwensi padamnya system (Martha Yudistia dan Teguh Utomo, 2013)

Dalam operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan-gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tegangan listrik ke konsumen gangguan dapat terjadi karena gempa bumi, kebakaran, ledakan pada gardu distribusi, gardu atau kawat penganatar tertimpa kayu. Gangguan ini adalah gangguan dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan di dalam peralatan listrik di definisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya (Suswanto, 2009). Berdasarkan ANSI (American National Standards Institute)/IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Std. 100-1992 gangguan didefenisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar

fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi (Suswanto 2009:245). Gangguan hubung singkat sendiri dapat didefinisikan sebagai gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi antara sesama kawat fasa dengan tanah yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan. Analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun setelah beroperasi (Suswanto 2009:253).

Rele arus lebih adalah suatu rele yang bekerjanya didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengamanan tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga rele ini dapat dipakai sebagai pola pengamanan arus lebih (Samaulah, 2012:53).

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).

2.2 Sistem tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan listrik yang dibutuhkan oleh beban secara terus-menerus dan dengan kualitas daya yang baik. Pada kenyataannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam penyediaan energi listrik secara kontinu. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat.

Sistem distribusi tenaga listrik terdiri atas tiga bagian utama yaitu, sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi. Dari ketiga sistem tersebut sistem distribusi merupakan bagian yang letaknya paling dekat dengan konsumen, fungsinya adalah sebagai penyaluran energi listrik dari suatu gardu induk

distribusi kepada konsumen. Adapun bagian-bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang terdiri dari :

1. Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang merupakan pusat beban yang diambil dari saluran transmisi yang secara spesifik berfungsi untuk mentransformasikan tenaga listrik dan tegangan tinggi ke tegangan tinggi lainnya atau dari tegangan tinggi ketegangan menengah.

Gardu induk yang menerima tegangan dari gardu induk transmisi dengan menurunkan tegangan melalui transformator tenaga menjadi tegangan menengah (20kV, 12kV atau 6 kV) untuk kemudian tegangan tersebut diturunkan kembali menjadi tegangan rendah dari 20Kv / 380V/ 220V sesuai dengan kebutuhan.

2. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah digunakan pada jaringan tingkat tiga, yaitu jaringan distribusi yang mengubungkan dari Gardu Induk, Penyulang (feeder), SUTM, Gardu Distribusi, sampai ke Instalasi Pemanfaatan tenaga listrik (Pelanggan/Konsumen).

Bedasarkan sistem pentanahan titik netral trafo, efektifitas penyalurannya hanya pada jarak panjang antara 15 km sampai dengan 20 km. Jika transmisi lebih dari jarak tersebut, efektifitas menurun, karena relay pengaman tidak bisa berkerja secara efektif.

Dengan mempertimbangkan berbagai kondisi yang ada (kemampuan likuiditas atau keuangan, kondisi geografis dan lain-lain) transmisi SUTM di Indonesia melebihi kondisi ideal di atas.

3. Transformator distribusi

Trasnformator atau yang sering disebut trafo adalah peralatan yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan utama dari sistem distribusi listrik untuk tegangan pemanfaatan pengguna konsumen.

2.3 Saluran Tenaga Menengah

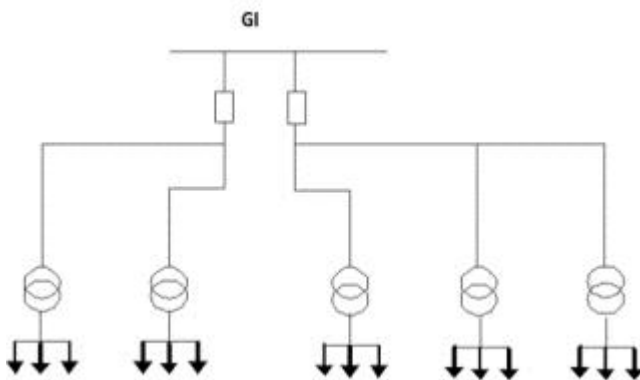
Sistem distribusi tenaga listrik didefinisikan sebagai bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan gardu induk, atau pusat pembangkit listrik dengan konsumen. Sedangkan jaringan distribusi adalah sarana dari sistem distribusi tenaga listrik di dalam menyalurkan energi ke konsumen. Dalam menyalurkan tenaga listrik ke pusat beban, suatu sistem distribusi harus disesuaikan dengan kondisi setempat dengan memperhatikan faktor beban, lokasi beban, perkembangan dimasa mendatang, keandalan serta nilai ekonomisnya. Sebelum menuju ke bahasan Jaringan Distribusi Listrik Tegangan Menengah, disini saya akan membagi berbagai istilah dan penjelasan tentang distribusi tenaga listrik. Yang pertama adalah pembagian jaringan distribusi berdasarkan tegangan pengenalnya. Berdasarkan tegangan pengenalnya sistem jaringan distribusi dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Sistem jaringan tegangan primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM), yaitu berupa Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Jaringan ini menghubungkan sisi sekunder trafo daya di Gardu Induk menuju ke Gardu Distribusi, besar tegangan yang disalurkan adalah 6 kV, 12 kV atau 20 kV.
2. Jaringan tegangan distribusi sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR), salurannya bisa berupa SKTM atau SUTM yang menghubungkan Gardu Distribusi/sisi sekunder trafo distribusi ke konsumen. Tegangan sistem yang digunakan adalah 220 Volt dan 380 Volt.

Berdasarkan penjelasan diatas ternyata sistem jaringan listrik distribusi dibagi menjadi tiga, yaitu : JTM, SKTM, SUTM. Itulah yang disebut Jaringan Distribusi Listrik Tegangan Menengah, lalu jaringan tersebut diatas, masuk ke dalam jaringan distribusi primer. Konfigurasi jaringan distribusi primer pada suatu sistem jaringan distribusi sangat menentukan mutu pelayanan yang akan diperoleh khususnya mengenai kontinuitas pelayanannya. Adapun jenis jaringan primer yang biasa digunakan adalah:

1. Jaringan Distribusi Pola Radial.

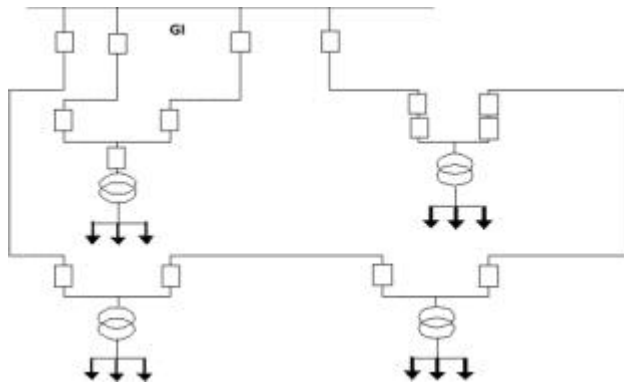
Pola radial adalah jaringan yang setiap saluran primernya hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah aliran daya. Jaringan ini biasa dipakai untuk melayani daerah dengan tingkat kepadatan beban yang rendah. Keuntungannya ada pada kesederhanaan dari segi teknis dan biaya investasi yang rendah. Adapun kerugiannya apabila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran tersebut akan ikut padam sampai gangguan tersebut dapat diatasi.



Gambar 2.1 Pola jaringan radial

2. Jaringan Distribusi Pola Loop

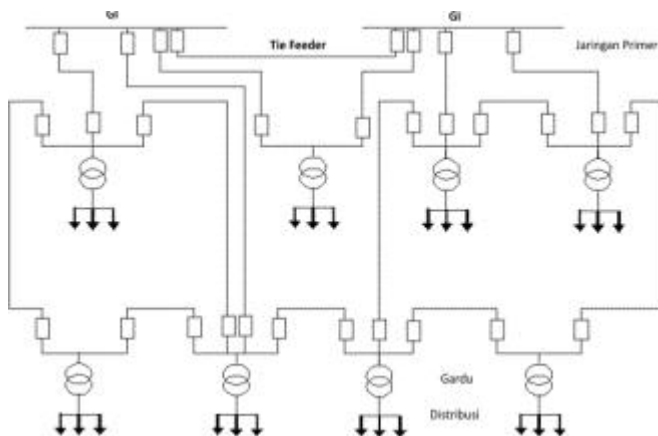
Jaringan pola loop adalah jaringan yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang berkeliling di daerah beban kemudian kembali ke titik rel daya semula. Pola ini ditandai pula dengan adanya dua sumber pengisian yaitu sumber utama dan sebuah sumber cadangan. Jika salah satu sumber pengisian (saluran utama) mengalami gangguan, akan dapat digantikan oleh sumber pengisian yang lain (saluran cadangan). Jaringan dengan pola ini biasa dipakai pada sistem distribusi yang melayani beban dengan kebutuhan kontinuitas pelayanan yang baik (lebih baik dari pola radial).



Gambar 2.2 Pola jaringan loop

3. Jaringan Distribusi Pola Grid

Pola jaringan ini mempunyai beberapa rel daya dan antara rel-rel tersebut dihubungkan oleh saluran penghubung yang disebut tie feeder. Dengan demikian setiap gardu distribusi dapat menerima atau mengirim daya dari atau ke rel lain.

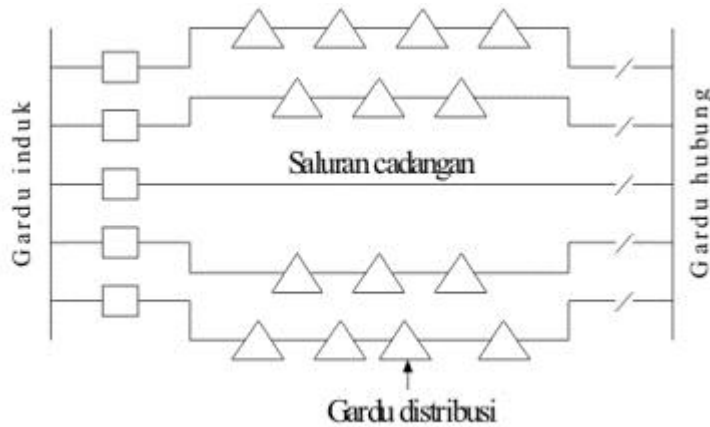


Gambar 2.3 Pola jaringan grid

4. Jaringan Distribusi Pola Spindel.

Jaringan primer pola spindel merupakan pengembangan dari pola radial dan loop terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari gardu induk diarahkan menuju suatu tempat yang disebut gardu hubung (GH), kemudian antara GI dan GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut express feeder. Sistem gardu distribusi ini terdapat disepanjang saluran kerja dan terhubung secara

seri. Saluran kerja yang masuk ke gardu dihubungkan oleh saklar pemisah, sedangkan saluran yang keluar dari gardu dihubungkan oleh sebuah saklar beban. Jadi sistem ini dalam keadaan normal bekerja secara radial dan dalam keadaan darurat bekerja secara loop melalui saluran cadangan dan GH.



Gambar 2.4 Pola jaringan spindle

Itulah pengertian dari Jaringan Distribusi Listrik Tegangan Menengah, jadi memang jaringan listrik adalah bagaimana energi listrik dapat di sesuaikan, dan dialirkan serta dibagi menuju sasaran yang tepat.

2.4 Konsep Kualitas Daya Listrik

Perhatian terhadap kualitas daya listrik ini semakin meningkat dikarenakan seiring dengan meningkatnya penggunaan energi listrik. Isitilah kualitas daya listrik ini telah menjadi isi penting dalam sistem tenaga listrik sejak akhir 1990-an, akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan salah satunya adalah terjadi gangguan hubung singkat dan gangguan teknis dan non teknis.

Sesuai dengan standar *IEEE 1159-1995* beberapa fenomena gangguan dalam sistem tenaga listrik telah diidentifikasi, dimana merupakan gangguan yang sering terjadi dan tidak termasuk gangguan seperti medan elektromagnetik

atau interferensi frekuensi radio. Tiga kategori pertama umumnya dianggap fenomena intermiten (sementara/sebentar), sedangkan empat terakhir (ketidakseimbangan, distorsi, fluktuasi dan variasi frekuensi) adalah *steady state* atau gangguan kontinyu.

Kualitas daya listrik ditentukan oleh kualitas dari arus, tegangan, frekuensi, harmonisa, Rugi daya, faktor daya dan pengetanahan (grounding), serta kesetimbangan system. Kualitas daya listrik dapat dikatakan baik jika arus, tegangan, dan frekuensi yang terdapat di suatu tempat atau sektor selalu konstan. Tetapi pada kenyataanya arus, tegangan dan frekuensi tersebut. tidak selalu bernilai konstan, tergantung pada peralatan listrik atau beban yang dipakai dan pengaturan sistem distribusi listriknya (Faiz Munaf, 2018)

2.5 Transformator Tenaga

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. Penggunaan transformator yang sederhana dan handal memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

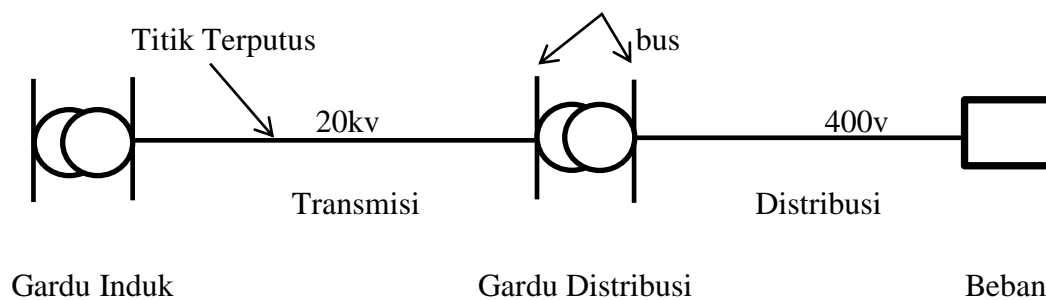
Pada dasarnya transformator tiga fasa ini terdiri dari tiga buah transformator satu fasa dengan tiga buah teras besi yang dipasang pada satu kerangka. Dari tiga teras besi ini ditempatkan masing-masing sepasang kumparan yakni kumparan primer dan kumparan sekunder. Dengan demikian seluruhnya akan terdapat tiga buah kumparan primer dan tiga kumparan sekunder. Dari ketiga kumparan primer maupun ketiga kumparan sekunder dapat dihubungkan secara

hubungan bintang (star connection) Y dan dihubungkan segitiga (delta connection) Δ (Muhammad rif'at, 2014)

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan. Kerja transformator yang berdasarkan induksi elektromagnet, menghendaki adanya gandengan magnet antara rangkaian primer dan sekunder. Gandengan magnet ini berupa inti besi tempat melakukan fluks bersama.

2.6 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan sistem sarana penyaluran tenaga listrik dari titik sumber ke titik pusat beban. Penyaluran tegangan listrik dari pusat pembangkitan hingga mencapai beban. Dimana tegangan listrik didistribusikan menggunakan sistem tegangan menengah.



Gambar 2.5 Diagram segaris sistem tenaga listrik

Pemilihan suatu sistem distribusi untuk mendapatkan suatu sistem yang handal merupakan alasan-alasan teknis disuatu pihak dan ekonomis di lain pihak. Keduanya ditekankan kepada kebutuhan penggunaan dimana dipersyaratkan batas-batas keandalan, stabilitas dari kontinuitas pelayanan.

2.7 Jaringan Distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer adalah bagian dari sistem tenaga listrik diantara Gardu Induk (GI) dan Gardu Distribusi. Jaringan distribusi primer ini umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa. Pada sistem jaringan distribusi primer saluran yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik pada masing-masing beban disebut penyulang (*Feeder*). Pada umumnya setiap penyulang diberi nama sesuai dengan daerah beban yang dilayani, hal ini bertujuan untuk memudahkan mengingat dan menandai jalur-jalur yang dilayani oleh penyulang tersebut. Sistem penyaluran daya listrik pada sistem distribusi primer dibagi menjadi tiga berdasarkan penghantar yang dipergunakan (PLN, 2010):

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conduktor*), ACSR (*Aluminium Cable Steel Reinforced*), dan yang saat ini banyak digunakan adalah AAACs (*All Aluminium Alloy Conductor XLPH sheated*).
2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti MVTIC (*Medium Voltage Twisted Insulated Cable*). Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel tanam berisolasi PVC (*Poly Vinyl Clorida*), XLPE (*Crosslink Polyethelene*).

2.7.1 Gangguan pada Sistem Distribusi Primer

Kondisi gangguan pada sistem jaringan distribusi primer tegangan menengah 20kv dapat dibedakan berdasarkan penyebabnya, yaitu:

1. Penyebab *external*

Penyebab gangguan sistem jaringan distribusi adalah gangguan dari luar (external). Sumber gangguan tersebut berurutan menurut intensitasnya adalah sebagai berikut:

- a. Angin dan pohon
- b. Petir
- c. Kegagalan atau kerusakan peralatan dan saluran
- d. Manusia
- e. Hujandan cuaca
- f. Binatang dan benda-benda asing

Gangguan pada sistem distribusi di atas tanah (saluran udara) dapat dibagi atas dua kelompok:

1. Gangguan yang bersifat temporer, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya.
2. Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan dan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

Gangguan yang bersifat temporer jika tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang dengan sendirinya maupun karena berkerjanya alat pengaman, dapat berubah menjadi gangguan yang bersifat permanen dan menyebabkan pemutusan tetap.

2. Penyebab *internal*

Pada umumnya gangguan yang di sebabkan oleh faktor dalam (internal) bersifat permanen misalnya spesifikasi alat tidak sesuai dengan standar yang telah di tetapkan, pemasangan alat yang tidak sesuai atau salah dan penuaan alat.gangguan yang disebabkan oleh faktor dalam (internal) dapat dibagi menjadi dua macam yaitu:

a. Gangguan Sistem

Gangguan sistem adalah gangguan sistem jaringan distribusi primer tegangan menengah 20 kv, yang diakibatkan oleh gangguan pada sistem pembangkit

tenaga listrik atau sistem jaringan transmisi tegangan tinggi. Pada umumnya gangguan ini akan menyebabkan pemadaman yang mencakup daerah yang cukup luas.

b. Gangguan Jaringan

Gangguan jaringan adalah gangguan sistem jaringan distribusi primer tegangan menengah 20kv, yang mengakibatkan terputusnya pasokan daya listrik dari pusat-pusat pembangkit tenaga listrik ke daerah-daerah tertentu. Pada umumnya penyebab gangguan jaringan adalah:

a. Gangguan peralatan

Gangguan ini dapat diakibatkan oleh kerusakan kabel instalasi pada gardu hubung, ketidak sempurnaan *jointing*, penuaan alat.

b. Gangguan akibat penyulang lain (*simpatik tripping*)

Pada keadaan ini jumlah penyulang yang tidak berkerja lebih dari satu. Untuk menentukan penyulang yang terganggu didasarkan pada indikasi rele proteksi yang muncul. Bila indikasi rele yang muncul menunjukkan gangguan over curren dan ground fault, maka dapat dipastikan penyulang tersebut yang terganggu. Bila indikasi gangguan yang muncul hanya ground fault saja, maka dapat dikatakan bawah ada gangguan akibat penyuluan lain.

c. Gangguan makhluk hidup

Pada umumnya gangguan ini hanya bersifat sementara dan penyebab bisa langsung dihilangkan.

Gangguan jaringan distribusi primer yang disebabkan baik dari luar/external maupun dari dalam/internal di atas dapat mengakibatkan terjadinya tegangan lebih yang mengakibatkan bisa terputusnya kawat jaringan dan hubung singkat.

Klarifikasi gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi (Abdul Kadir, 1998) adalah:

1. Dari jenis gangguannya:

a. Gangguan 3 fasa.

Kemungkinan terjadinya adalah dari sebab putusnya salah satu kawat fasa yang terlerletak paling atas pada transmisi/distribusi dengan konfigurasi kawat antar fasanya disusun secara vertikal. Kemungkinan terjadinya memang sangat kecil, tetapi dalam analisisnya tetap harus diperhitungkan. Kemungkinan lain adalah akibat pohon yang cukup tinggi berayun sewaktu tertiup angin kencang sehingga menyentuh ketiga kawat fasa transmisi atau distribusi.

b. Gangguan 2 fasa

Kemungkinan terjadinya bisa disebabkan oleh terputusnya kawat fasa tengah pada transmisi/distribusi dengan konfigurasi tersusun vertikal. Kemungkinan lain adalah dari sebab rusaknya isolator di transmisi/distribusi sekaligus dua fasa. Gangguan seperti ini biasanya menjadi gangguan dua fasa ketanah. Atau bisa juga akibat flashover antara tiang dan dua kawat fasa sekaligus sewaktu tiang transmisi/distribusi yang mempunyai tahanan kaki tiang yang tinggi tersambar petir, dan lain-lain.

c. Gangguan satu fasa ketanah

Kemungkinan terjadinya adalah akibat back flashover antara tiang ke salah satu kawat fasa transmisi/distribusi sesaat setelah tiang tersambar petir yang besar, walaupun tahanan kaki tiangnya yang cukup rendah.

2. Lamanya gangguan

a. Gangguan permanen

Merupakan gangguan yang tidak hilang atau tetap apabila pemutus tenaga terbuka dari saluran transmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.

b. Gangguan transient (temporer)

Merupakan gangguan yang hilang dengan sendirinya apabila pemutus tenaga terbuka dari saluran transmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.

Selain klarifikasi gangguan yang disebut diatas, terbukanya pemutus tenaga tidak selalu disebabkan terjadinya gangguan pada sistem itu sendiri tetapi dapat disebabkan karna adanya kerusakan pada relay, kabel kontrol atau adanya

pengaruh dari luar seperti induksi atau interferensi. Gangguan seperti yang dijelaskan ini disebut juga gangguan non-sistem.

2.8 Analisa Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat tenaga listrik ditimbulkan oleh hubung singkat tiga fase asimetris, gangguan hubung singkat tidak simetris satu fase ke tanah dan gangguan hubung singkat tidak simetris antar fasa dan dua fasa ke tanah. Gangguan tersebut telah menyebabkan beberapa trip, kegagalan kerja relay dan recloser. Untuk menentukan setting waktu kerja relay arus lebih dan recloser agar peralatan proteksi dapat bekerja dengan baik dilakukan simulasi gangguan hubung singkat pada beberapa titik lokasi gangguan yang dipilih berdasarkan kondisi di jaringan penyulang Mambal. Berdasarkan analisis, arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin dekat titik gangguan dengan sumber maka semakin besar arus gangguan hubung singkat pada titik tersebut. Arus gangguan maksimum dan minimum hubung singkat mengakibatkan selisih waktu kerja relay di tiap lokasi dengan selisih waktu TMS selama 0,4 detik. Dilakukannya setting sistem proteksi pada penyulang Mambal sesuai dengan hasil analisis dapat memperbaiki selektifitas sistem proteksi pada Penyulang Mambal (I kadek purniawan, 2019)

Gangguan yang mengakibatkan hubung singkat dapat menimbulkan arus yang jauh lebih besar dari pada arus normal. Bila gangguan hubung singkat 17 dibiarkan berlangsung dengan lama pada suatu sistem daya, banyak pengaruh yang tidak diinginkan yang dapat terjadi. (Stevenson JR, 1994) :

1. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk sistem daya.
2. Rusaknya perlengkapan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus tak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
3. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya suatu hubung singkat, dan yang mungkin

menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinyadan merusak peralatan- peralatan yang lain.

4. Terpecah-pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem- sistem pengamanan yang berbeda-beda, kejadian ini di kenal sebagai “cascading”.

Perhitungan hubung singkat adalah suatu analisa kelakuan suatu sistem tenaga listrik pada keadaan gangguan hubung singkat, dimana dengan cara ini diperoleh nilai besaran-besaran listrik yang dihasilkan sebagai akibat gangguan hubung singkat tersebut.

Analisa gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun setelah beroperasi kelak. Analisa hubung singkat digunakan untuk menentukan setting relay proteksi yang digunakan untuk melindungi sistem tersebut dari kemungkinan adanya gangguan tersebut

2.8.1 Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat pada sistem diatas, pertama – tama hitung impedansi sumber (reaktansi), dalam hal ini diambil dari data hubung singkat pada bus 150 kV , kedua menghitung reaktansi trafo tenaga, ketiga menghitung impedansi penyulang. Perhitungan gangguan hubung singkat adalah suatu analisis untuk menentukan nilai dititik lokasi gangguan pada sistem tenaga listrik, dimana dengan cara ini diperoleh nilai besaran listrik yang dihasilkan sebagai akibat gangguan hubung singkat tersebut. analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun setelah sistem beroperasi. analisa hubung singkat digunakan untuk menentukan setting relay proteksi yang digunakan untuk melindungi sistem tersebut dari kemungkinan adanya gangguan hubung singkat. Tujuan dari perhitungan gangguan hubung singkat adalah untuk menghitung arus maksimum

dan minimum gangguan, dan tegangan pada lokasi yang berbeda dari sistem tenaga untuk jenis gangguan yang berbeda sehingga rancangan pengaman, relay dan pemutus yang tepat bisa dipilih untuk melindungi sistem dari kondisi yang tidak normal dalam waktu yang singkat.

Arus gangguan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan umum (Hukum Ohm), yaitu:

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

Dimana :

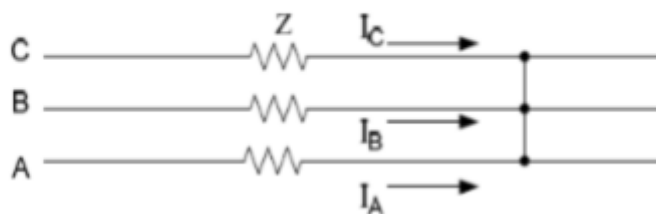
I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (Amp)

V = Tegangan sumber (volt)

Z = Impedansi jaringan, nilai ekivalen dari seluruh impedansi didalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik gangguan (ohm).

2.8.2 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Gangguan tiga fasa disebabkan oleh putusnya salah satu kawat fasa yang letaknya paling atas pada transmisi atau distribusi dengan konfigurasi kawat antar fasanya disusun secara vertikal. Kemungkinan lain adalah akibat pohon yang cukup tinggi berayun sewaktu tertiuip angin kencang sehingga menyentuh ketiga kawat fasa transmisi atau distribusi



Gambar 2.6 Gangguan hubung singkat tiga fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga pada sistem ini dapat dianalisa hanya dengan menggunakan komponen urutan positif saja, sebagai berikut:

$$I_A = I_{A1} = I_{hs} \ 3\phi$$

dan

$$I_{hs} \ 3\phi = \frac{V_f}{Z_t}$$

Keterangan:

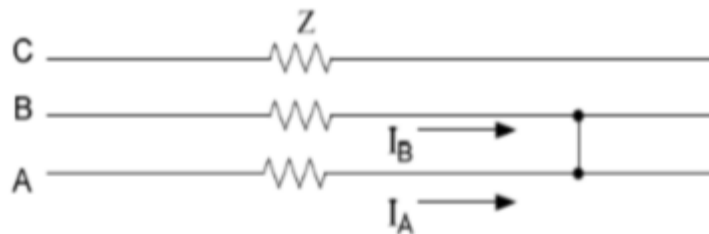
V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (Volt)

Z_t = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan (Ohm)

I_A = Arus gangguan pada fasa (Ampere)

2.8.3 Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa

Gangguan hubung singkat fasa ke fasa yang terjadi pada jaringan distribusi dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 2.7 Gangguan hubung singkat fasa ke fasa

Dengan demikian arus gangguan fasa ke fasa dapat di hitung dengan rumus:

$$I_{hs} \ 3\phi = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}$$

Keterangan:

V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan (Ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan (Ohm)

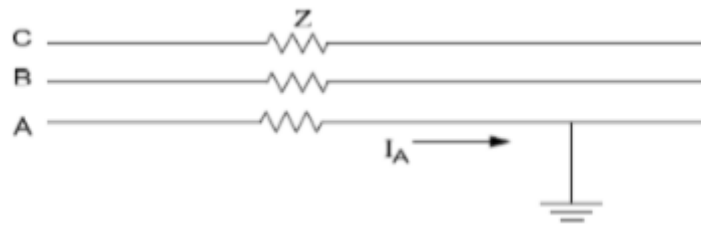
$I_{hs} 3\phi$ = Arus gangguan pada fasa (Ampere)

Pada gangguan hubung singkat fasa ke fasa, arus saluran tidak mengandung komponen nol dikarenakan tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah.

2.8.4 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ini disebabkan oleh adanya sambaran petir, isolator pecah, benturan mekanis, satu kawat terkena pohon ataupun tali layang-layang dan lain-lain. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang terjadi pada jaringan distribusi.

Gangguan hubung singkat sering terjadi pada operasi sistem tenaga listrik yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Umumnya gangguan hubung singkat yang sering terjadi yakni hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Maka dari itu dibuat peralatan pada kubikel yg berfungsi untuk memutus rangkai listrik ketika terjadi gangguan yakni Pemutus tenaga (PMT). PMT sangat penting bagi sistem tenaga listrik untuk menghindari perluasan gangguan dan saat melakukan pemeliharaan. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan dampak hubung singkat satu fasa ke tanah terhadap PMT Alsthom Penyulang Takalar GI Sungguminasa serta mengetahui proses pemulihan setelah terjadi gangguan (Andi rahmi, 2016)



Gambar 2.8 Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Arus gangguan satu fasa ke tanah dapat dihitung dengan rumus :

$$I_{hs} \ 1\phi = \frac{3 \times V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

Keterangan:

V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (Volt)

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan (Ohm)

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan (Ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan (Ohm)

2.9 Impedansi Sumber

Impedansi sumber dapat dihitung menggunakan nilai arus hubung singkat sumber yang telah dihitung oleh pengelola GI. Sebelum menghitung impedansi sumber pada sisi bus 20kV harus diketahui nilai kapasitas daya hubung singkat (MVA). Persamaan untuk menghitung kapasitas daya hubung singkat MVA adalah:

$$MVA_{hs} = I_{hs} 3\phi_{max} \cdot (\text{Tegangan Primer Trafo} \times 3)$$

$$Z_{s1} = Z_{s2} = \frac{kV^2}{MVA_{hs} 3\phi}$$

Dengan :

$$MVA_{hs} = \text{kapasitas hubung singkat GI (MVA)}$$

$I_{hs}3\phi_{max}$ = arus hubung singkat 3fasa mask GI (kV)

Untuk menghitung impedansi sumber di sisi bus 20 kV, maka harus dihitung dulu impedansi sumber di bus 150 kV. Impedansi sumber di bus 150 kV diperoleh dengan rumus:

$$Z_{(sisi\ 150Kv)} = \frac{kV^2}{MVA_{hs}}$$

Dengan :

$Z_{(sisi\ 150Kv)}$ = Impedansi sumber (Ω)

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

MVA_{hs} = Data Hubung Singkat di bus 150 kV (MVA)

Arus gangguan hubung singkat di sisi 20 kV di peroleh dengan cara mengkonversi impedansi sumber di sisi bus 150 kV ke sisi 20kV. Untuk mengkonversikan impedansi yang terletak disisi 150 kV kesisi 20kV. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Z_{(sisi\ 20\ kV)} = \frac{kV(sisi\ sekunder\ trafo)^2}{kV(tegangan\ primer\ trafo)^2} \cdot Z_{(sisi\ 150\ Kv)}$$

2.9.1 Impedansi Transformator

Pada perhitungan impedansi suatu transformator yang diambil adalah nilai reaktansinya, sedangkan tahananannya diabaikan karena nilainya kecil. Untuk mencari nilai reaktansi trafo Z_t di hitung dengan cara sebagai berikut. langkah pertama mencari nilai Z_t pada 100% untuk trafo pada 20 kV, yaitu dengan menggunakan rumus:

$$Z_t = \frac{kV^2 sisi\ sekunder}{KVAtrafo} \cdot Z$$

Dengan :

Z_t = Impedansi trafo (Ω)

Kv^2 sisi sekunder = Tegangan sisi sekunder trafo tenaga (kV)

KVA_{trafo} = Kapasitas daya trafo (KVA)

Lalu tahap selanjutnya yaitu mencari nilai impedansi tenaganya :

1. Untuk menghitung impedansi urutan positif dan negatif ($Z_{t1} = Z_{t2}$) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Z_t = \% Z_t \text{ yang diketahui} \cdot Z_t \text{ (pada 100\%)}$$

2. Sebelum menghitung reaktansi urutan nol (X_{t0}) terlebih dahulu harus diketahui data trafo tenaga itu sendiri yaitu data dari kapasitas belitan *delta* yang ada dalam trafo :

a. Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan ΔY dimana kapasitas belitan *delta* (Δ) sama besar dengan kapasitas belitan Y, maka

$$X_{t0} = X_{t1}$$

b. Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan Y_{yd} dimana kapasitas belitan *delta* (Δ) biasanya adalah sepertiga dari kapasitas belitan Y (belitan yang dipakai untuk menyalurkan daya), sedangkan belitan *delta* tetap ada di dalam transformator, tetapi tidak dikeluarkan kecuali satu terminal *delta* untuk ditanahkan.

$$X_{t0} = 3 \cdot X_{t1}$$

c. Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan YY dan tidak mempunyai belitan *delta* di dalamnya, maka untuk menghitung besarnya X_{t0} berkisar antara 9 s/d 14 . X_{t1} . Dalam perhitungan dipakai persamaan:

$$X_{t0} = 10 \cdot X_{t1}$$

2.9.2 Impedansi Penyulang

Untuk perhitungan impedansi penyulang, perhitungannya tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung, dimana besar nilainya tergantung pada jenis penghantarnya, yaitu dari bahan apa penghantar tersebut dibuat dan juga tergantung dari besar kecilnya penampang dan panjang penghantarnya.

Disamping itu penghantar juga dipengaruhi perubahan temperatur dan konfigurasi dari penyulang juga sangat mempengaruhi besarnya impedansi penyulang tersebut. Contoh besarnya nilai impedansi suatu penyulang : $Z = (R + jX)$ sehingga untuk impedansi penyulang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

1. Impedansi Urutan positif dan Impedansi urutan negatif

Nilai impedansi urutan positif (Z_1) dan negatif (Z_2) adalah sama, sehingga :

$$Z_1 = Z_2 = \text{panjang penyulang (km)} \times Z_1 / Z_2 (\Omega)$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{R_{L1}^2 + j X_{L1}^2} \right) xL$$

Dimana :

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ω)

R_{L1} = Hambatan kawat (Ω)

X_{L1} = Reaktansi induktif kawat (Ω)

L = Panjang kawat (m)

2. Impedansi Urutan nol

$$Z_0 = \text{panjang penyulang (km)} \times Z_0 (\Omega)$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{R_{L1}^2 + j X_{L1}^2} \right) xL$$

Dimana :

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ω)

R_{L1} = Hambatan kawat (Ω)

X_{L1} = Reaktansi induktif kawat (Ω)

L = Panjang kawat (m)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ω)

2.9.3 Impedansi Ekuivalen Jaringan

Impedansi ekuivalen yang digunakan untuk menghitung hubung singkat dari sumber sampai titik gangguan adalah impedansi ekuivalen urutan positif (Z_{1eq}), impedansi ekuivalen urutan negatif (Z_{2eq}) dan impedansi ekuivalen urutan nol (Z_{0eq}) Dimana $Z_{1eq} = Z_{2eq}$. Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat langsung 16 dengan cara menjumlahkan impedansi, sedangkan untuk perhitungan Z_{0eq} dimulai dari titik gangguan sampai ke trafo tenaga yang netralnya ditanahkan. Akan tetapi untuk menghitung impedansi Z_{0eq} ini, harus diketahui dulu hubungan belitan trafonya. Impedansi ekuivalen jaringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

1. Impedansi ekuivalen Urutan positif dan urutan negative ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$)

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_1$$

Dimana : Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif (Ω)

Z_{2eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif (Ω)

Z_{s1} = Impedansi sumber sisi 20 kV (Ω)

Z_{t1} = Impedansi trafo tenaga urutan positif dan negatif (Ω)

Z_1 penyulang = Impedansi urutan positif dan negatif (Ω)

2. Impedansi ekuivalen Urutan nol

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3RN + Z_0 \text{penyulang}$$

Dimana : Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen jaringan nol (Ω)

Z_{t0} = Impedansi trafo tenaga urutan nol (Ω)

RN = Tahanan tanah trafo tenaga (Ω)

Z_0 penyulang = Impedansi urutan nol (Ω)

2.10 Arus dan Tegangan

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian pada satu waktu. Muatan listrik yang dimaksud di sini adalah elektron. Arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif. Pada konsepnya, elektron bergerak dari negatif ke positif, sedangkan arus listrik bergerak dari positif ke negative.

Pada gambar di atas menunjukkan sumber tegangan listrik yang disambungkan ke sebuah penghantar. Pada kutub positif penghantar, muatan negatif akan ditarik oleh muatan positif pada sumber tegangan melewati ruang-ruang kosong (*Hole*). *Hole* digambarkan dalam bentuk bulat tanpa tanda negatif. Sedangkan pada kutub negatif penghantar, muatan akan terisi elektron baru dari sumber tegangan, sehingga elektron pada penghantar juga terdorong untuk bergerak ke arah kutub positif.

Menurut aturan bahwa arus listrik mengalir dari positif ke negatif, sedangkan elektron mengalir dari negatif ke positif. Karena sejatinya aturan berpatokan bahwa elektron berpindah dari negatif ke positif meninggalkan hole dan mengisi hole baru maka seolah-olah hole tersebut bergerak dari positif ke negatif.

Arus listrik merupakan satu dari tujuh satuan pokok dalam satuan internasional. Satuan internasional untuk arus listrik adalah Ampere (A). Secara formal satuan Ampere didefinisikan sebagai arus konstan yang, bila dipertahankan, akan menghasilkan gaya sebesar 2×10^{-7} Newton/meter di antara dua penghantar lurus sejajar, dengan luas penampang yang dapat diabaikan, berjarak 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa udara.

Tidak semua bahan bisa menghantarkan elektron dengan baik. Kemampuan penghantar mengalirkan elektron ditentukan oleh susunan atom dari

bahan penghantar tersebut. Bahan yang mempunyai kemampuan mengalirkan elektron dengan baik disebut dengan konduktor seperti besi, tembaga, air sumur. Sedangkan bahan yang sulit untuk mengalirkan elektron disebut dengan isolator, misalnya plastik, kertas, air murni (H_2O).

Sedangkan tegangan listrik merupakan perbedaan potensial listrik antara dua titik pada suatu penghantar atau rangkaian listrik. Beda potensial adalah perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu arus listrik. Di satu sisi sumber arus listrik terdapat elektron yang bertumpuk sedangkan di sisi yang lain terdapat jumlah elektron yang sedikit. Hal ini terjadi karena adanya gaya magnet yang mempengaruhi materi tersebut. Dengan kata lain, sumber tersebut menjadi bertegangan listrik. Tegangan listrik disebut juga voltase identik dengan beda potensial.

Pada dasarnya, beda potensial (tegangan) inilah yang menyebabkan aliran elektron dari potensial rendah (negatif) ke potensial tinggi (positif). Artinya adanya arus listrik disebabkan karena adanya tegangan listrik pada dua titik kutub positif dan kutub negatif. Pada rangkaian listrik, bisa jadi setiap komponen listrik mempunyai beda potensial yang berbeda tergantung hambatan komponen tersebut.

Dari pembahasan di atas, tegangan adalah awal dari terjadinya aliran arus, jadi mereka berdua tidak bisa dipisahkan satu sama lain. Tak akan ada arus yang mengalir tanpa adanya tegangan atau beda potensial.

Karakteristik dari suatu arus dan tegangan pada suatu rangkaian memiliki ciri dan sifat yang khas, tergantung pada jenis rangkaiannya. Pada rangkaian seri terjadi pembagian tegangan sedangkan pada rangkaian parallel sebaliknya terjadi pembagian arus. Karakteristik inilah yang akan dilihat pada pengukuran arus dan tegangan rangkaian seri dan parallel dengan menggunakan beberapa resistor dengan variasi nilai ϵ input adalah 5 V, 12 V, 17 V dan 24 V. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen (Andi Rosman dan Risdaryana, 2019)

2.11 Sistem Proteksi

Sistem proteksi/pengaman adalah cara untuk mencegah/membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan salah satu alat pengaman yang digunakan adalah relay. Relay adalah suatu alat pengaman yang bekerja secara otomatis mengukur/memasukkan rangkaian listrik (rangkain trip atau alarm) akibat adanya perubahan rangkain lain. Fungsi sistem pengaman adalah Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan, untuk melokalisir (mengisolir) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin dan untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. (Ardianto, 2019)

Untuk memenuhi fungsi di atas, relai proteksi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Kadarisma dan Wahyudi, 2009) :

1. Selektif

Suatu relai proteksi proteksi adalah bertugas mengamankan suatu alat atau bagian dari sistem tenaga listrik dalam jangkauan pengamannya. Letak pemutus tenaga (PMT) sedemikian rupa sehingga setiap bagian dari sistem dapat dipisahkan. Maka tugas relay adalah mendeteksi adanya gangguan yang terjadi pada daerah pengamannya, dan memberi perintah untuk membuka PMT, dan memisahkan bagian dari sistem yang terganggu. Dengan demikian bagian sistem yang lain yang tidak terganggu dapat beroperasi dengan normal. Jika hal ini dapat direalisir, maka itu di sebut pengaman yang selektif.

2. Dapat diandalkan

Dalam keadaan normal, tidak ada gangguan relai tidak bekerja, mungkin berbulan – bulan atau bertahun - tahun. Tetapi bila pada suatu saat ada gangguan, maka ia harus bekerja, maka dalam hal ini relai tidak boleh gagal bekerja, karena pemadaman akan meluas. Disamping itu juga relai tidak boleh salah bekerja. Dalam hal yang harus dapat diandalkan bukan hanya relainya saja, tetapi juga

komponen – komponen perangkat proteksi itu. Keadaan relai proteksi itu ditentukan mulai dari rencana, pengerjaan, bahan yang digunakan dengan 22 pengawatannya. Oleh karena itu diperlukan perawatan yang dalam hal ini perlu adanya pengujian secara periodik.

3. Cepat

Waktu kerja relai cepat, makin cepat relai bekerja, maka tidak hanya dapat memperkecil kerusakan akibat gangguan tetapi juga dapat memperkecil kemungkinan meluasnya gangguan. Adakalanya demi terciptanya selektivitasnya dikehendaki adanya penundaan waktu (time delay). Tetapi secara keseluruhan tetap dikehendaki waktu kerja relai yang cepat. Jadi harus dapat memberikan selektivitas yang baik dengan waktu yang lebih cepat.

4. Peka

Relai dikatakan peka bila dapat bekerja dengan masukan (input) dari besaran yang dideteksi adalah kecil. Jadi relai dapat bekerja pada awal kejadian gangguan.

2.11.1 Peralatan proteksi pada sistem distribusi JTM 20 Kv

Peralatan proteksi pada sistem distribusi JTM 20 kV terdiri dari:

1. Rele arus lebih (*Over Current Relay/OCR*)

OCR atau relay arus lebih adalah suatu relay yang berkerjanya berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dalam jangka waktu tertentu dalam jangka waktu tertentu, sehingga relay ini dapat di pakai sebagai pola pengaman arus lebih. *Over Current Relay* (OCR) ini berfungsi untuk memproteksi peralatan listrik terhadap arus lebih yang disebabkan oleh gangguan arus hubung singkat. Selain itu *Over Current Relay(OCR)* juga berfungsi untuk mengamankan transformator dari arus yang melebihi dari arus yang dibolehkan

lewat dari transformator tersebut. Umumnya *Over Current Relay* (OCR) digunakan pada jaringan tegangan menengah atau saluran transmisi, jaringan sub-radial, pengamanan untuk motor-motor tegangan menengah yang kecil, pengamanan cadangan (untuk transformator daya, generator, motor yang besar, jaringan transmisi tegangan tinggi), bila dilengkapi dengan relai arah dapat digunakan sebagai pengamanan saluran transmisi sirkuit ganda dan pengamanan gangguan tanah sampai tegangan ekstra tinggi, hanya disini yang membedakan adalah fungsi dari relai tersebut. Yang dimaksud fungsi disini adalah :

1. Berfungsi sebagai pengamanan utama

Sebagai pengamanan utama SUTM / SKTM bertujuan untuk :

- a. Mencegah kerusakan SUTM / SKTM dari gangguan hubung singkat.
- b. Membatasi luas daerah terganggu
- c. Berfungsi sebagai pengamanan cadangan (*Back-up Protection*).

Sebagai pengamanan cadangan trafo atau SUTT bertujuan sama dengan yang diatas yaitu mencegah kerusakan trafo atau SUTT dari gangguan hubung singkat dan membatasi luas daerah terganggu pemadaman sekecil mungkin, hanya bekerja apabila pengamanan utama di peralatan tersebut tidak bekerja. Selain itu *Over Current Relay* (OCR) dijadikan pengamanan cadangan karena untuk mengkoordinasi sulit untuk mendapatkan selektifitas yang baik. Pengaman yang menggunakan *Over Current Relay* (OCR) mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

- a. Dapat mengamankan arus lebih yang terjadi karena hubung singkat atau beban lebih.
- b. Penyetelannya mudah untuk jaringan radial.
- c. Pengamannya sederhana.
- d. Dapat sebagai pengamanan utama dan berfungsi juga sebagai pengamana cadangan.
- e. Harganya relatif murah.

Adapun beberapa kerugian/kekurangan pengamanan dengan menggunakan *Over Current Relay* (OCR) adalah :

- a. Untuk jaringan dengan sirkuit ganda tanpa dilengkapi dengan relai arah tidak dapat selektif.

- b. Untuk jaringan yang interkoneksi tidak dapat sebagai pengaman utama, karena sukar untuk dapat selektif bila tidak dilengkapi dengan relai arah.

Prinsip kerja *Over Current Relay (OCR)* yang berkerja berdasarkan besaran arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat dan memberikan perintah trip ke PTM sesuai dengan karakteristik waktunya sehingga kerusakan alat akibat gangguan dapat dihindari.

2. Rele gangguan ke tanah (*Ground Fault Relay/GFR*)

Relay hubung tanah *Ground Fault Relay(GFR)* ini digunakan untuk memproteksi SUTM/SKTM dari gangguan tanah. Menurut Djiteng Marsudi dalam Operasi Sistem Tenaga Listrik bawah GFR seringkali digunakan sebagai pengaman utama atau main protection pada jaringan distribusi tegangan menengah gangguan satu fasa ke tanah sangat tergantung dari jenis pentanahan dan sistemnya. Gangguan satu fasa ke tanah umumnya bukan merupakan hubungan singkat malalui tahanan gangguan, sehingga arus gangguannya menjadi semakin kecil dan tidak bisa terdeteksi oleh *Over Current Relay (OCR)*. Dengan demikian diperlukan relay pengaman gangguan tanah. Prinsip kerja *Ground Fault Relay (GFR)* yaitu pada kondisi normal dengan beban seimbang arus-arus fasa $I_R, I_S,$ dan I_T sama besar sehingga kawat netral tidak timbul arus dan relay gangguan tanah tidak dialiri arus. Namun bila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat fasa ketanah maka akan timbul arus urutan nol ini akan mengakibatkan *Ground Fault Relay (GFR)* berkerja. (Edil Herwan, 2009).

Untuk menentukan penyetelan *Ground Fault Relay (GFR)* terlebih dahulu diketahui besar arus hubung singkat yang mungkin terjadi, dan harus diketahui terlebih dahulu impedansi sumber, reaktansi trafo tenaga, dan impedansi penyulang. Dan setelah ketiga komponen yang telah disebutkan , baru dapat ditentukan total impedansi jaringan. Total impedansi jaringan inilah yang akan langsung digunakan dalam perhitungan arus hubung singkat (I Roza dan F I Pasaribu, 2019)

3. Recloser.

Recloser rangkaian listrik yang terdiri permutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik (*Electronic Control Box*), yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan *Recloser* dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini *Recloser* dapat dikendalikan cara pelepasannya. Dari dalam kotak kontrol inilah pengaturan *Recloser* dapat ditentukan. Alat pengaman ini berkerja dengan otomatis guna mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat. Cara berkerjanya adalah untuk menutup balik atau membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya ,dimana pada sebuah gangguan temporer, *Recloser* membuka tetap sampai waktu setting yang ditentukan kemudian *Recloser* akan menutup kembali setelah gangguan itu hilang. Apabila gangguan bersifat permanen, maka setelah membuka atau menutup balik sebanyak setting yang telah ditentukan kemudian *Recloser* akan mambuka tetap (*lock out*).

Fungsi *Recloser* adalah pada suatu gangguan permanen, *Reclose* berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu pada gangguan sesaat, *Recloser* akan memisahkan daerah gangguan secara sesaat sampai gangguan tersebut akan di anggap hilang, dengan demikina *Recloser* akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis.

2.11.2 Kapasitansi

Kapasitansi adalah ukuran jumlah muatan listrik yang di simpan (atau dipisahkan) untuk sebuah potensial listrik yang telah di tentukan. Bentuk paling umum dari piranti penyimpanan muatan adalah sebuah kapasitor dua lempeng adalah tegangan listrik antar lempeng maka rumus kapasitansi adalah

$$C = \frac{Q}{V}$$

Rumus kapasitansi jaringan 3 fasa seimbang, kapasitansi per fasa netral adalah

$$C = \frac{A}{d} = \varepsilon_0 \frac{2\pi r \times L}{(D_{12}D_{22}D_{13})^{1/3}} F$$

$$= 8,87 \times 10^{-12} \frac{2x\frac{22}{7}x7x10^{-3}}{(0,8x0,8x1,6)^{1/3}}$$

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F/m$$

Rumus jarak ke titik fasa yang terputus (L)

L = Persentase Jarak x Total Panjang Jaringan

$$L = \frac{\% \text{ Jarak}}{100} \times 4290 \text{ m}$$

Rumus reaktansi kapasitif (Xc)

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$

Rumus reaktansi jaringan (X jaringan)

$$X_{\text{jaringan}} = X(\% \text{ jarak}/100)$$

Rumus impedansi pada titik fasa yang terputus (Z)

$$Z = \sqrt{(X_{\text{jaringan}} - X_c)^2}$$

BAB 3

METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di mitra perusahaan PLN yaitu PT. Razza Prima Trafo JL. Bayangkara –Kec Medan Tembung, Sumatera Utara.

3.2 Data Penelitian

Data yang di ambil digunakan dalam kajian ini terdiri dari data primer dan data sekunder:

1. Data primer

Data primer adalah data yang digunakan atau diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan, dan pengamatan langsung dilapangan. Contohnya data pengukuran arus dan tegangan pada trafo 20kv dan juga data laporan gangguan yang terjadi di ruang lingkup kerja PT. Razza Prima Trafo

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku refrensi, jurnal, dan skripsi yang relevan dengan pembahasan Tugas Akhir. Gunanya untuk mencari rumus-rumas yang dapat digunakan untuk penelitian ini contohnya rumus impedansi trafo, impedansi sumber dan juga rumus arus hubung singkat

3.3 Data perusahaan

Adapun data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data jaringan distribusi 20KV. Data-data yang diperoleh dari PT. Razza Prima Trafo Medan Sumatera utara. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

Kapasitas Transformator : 200 KVA

Impedansi Transformator : 14.13%

$$\begin{aligned} V_{drop} &= V \times Z (\%) \\ &= \frac{200000 \times 14.13}{100} \\ &= 28.260 \text{ V} \end{aligned}$$

Tegangan Primer : 150KV

Tegangan Skunder : 20KV

Ground Resistan : 12 Ohm

Jenis Penghantar : AL240

Impedansi Positif/Negatif : R 0.01344 J0.3158

Impedansi Nol : R 0.2824 J 1.6033

Jarak : 4.28 Km

Luas penampang kawat : 70 mm²

3.4 Data perhitungan arus gangguan hubung singkat

Berdasarkan dari hasil studi hubung singkat yang dilakukan oleh pt. Razza didapatkan hasil yaitu :

$$\text{MVA } 3\phi = 168,46 \text{ MVA dan MVA } 1\phi = 125,1 \text{ MVA.}$$

3.5 Pengukuran Arus Dan Tegangan

Pengukuran arus dan tegangan pada saat sebelum dan sesudah gangguan pada ruang lingkup PT Razza prima trafo

	Fasa	Arus	Tegangan Pangkal	Tegangan Ujung	Jarak
1	R	1,4	19.917	19.583	
	S	4,6	19.583	19.250	20 %
	T	1,8	19.583	19.250	
2	R	4,4	19.833	19.500	40%
	S	1	19.667	19.333	
	T	1,6	19.667	19.333	
3	R	2	18.833	18.500	
	S	1,92	19.167	18.750	
	T	4,8	18.917	18.583	60%
4	R	1,8	18.917	18.500	
	S	3	18.583	18.250	
	T	4,8	18.917	18.583	80%
5	R	1,52	19.417	19.000	
	S	4,52	19.583	19.250	100%
	T	2,32	19.500	19.083	

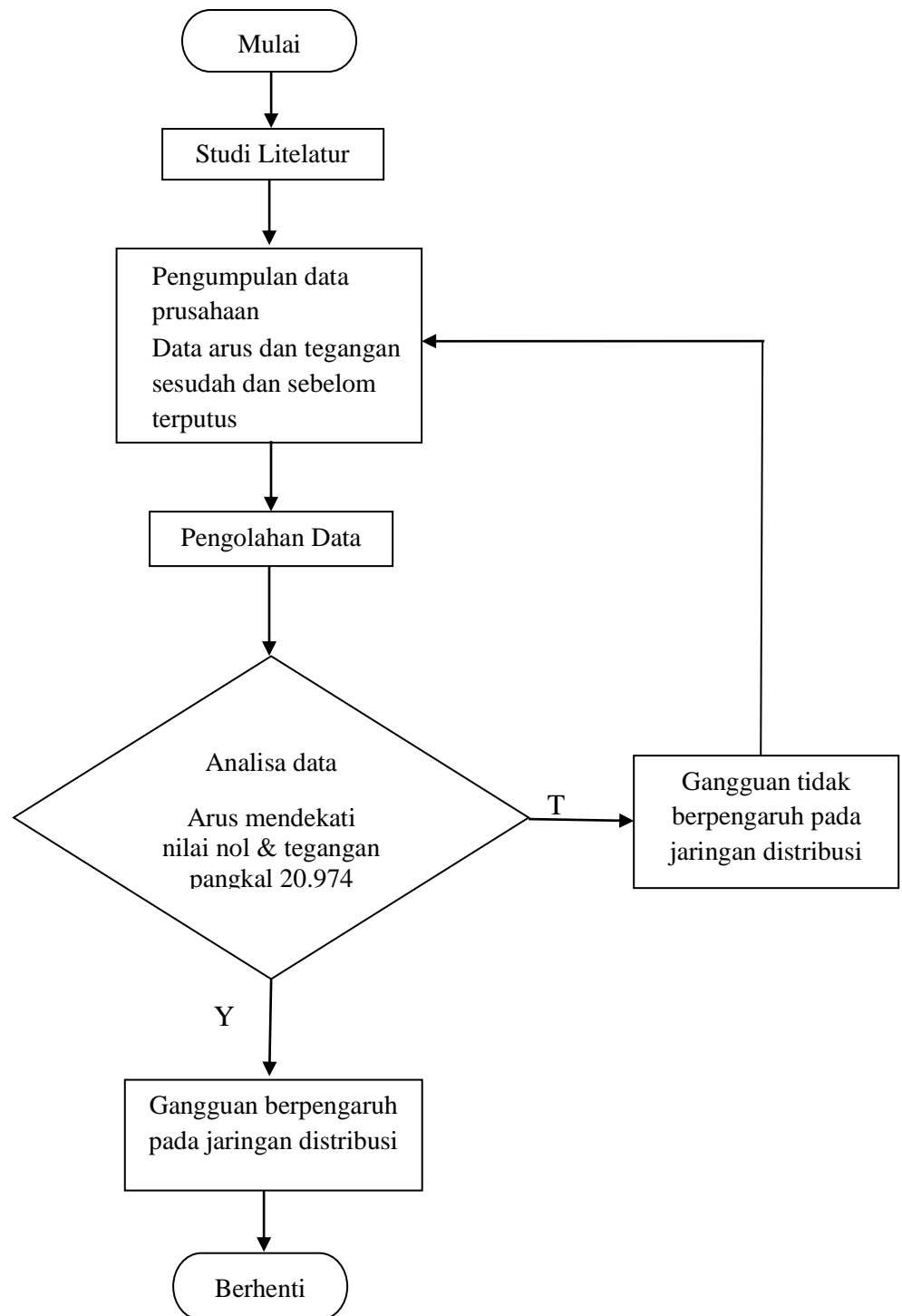
Table 3.1 pengukuran sebelum fasa terputus

	Fasa	Arus	Tegangan Pangkal	Tegangan Ujung	Jarak
1	R	1,4	19.917	19.583	
	S	0.22	22.810	22.762	20 %
	T	1,8	19.583	19.250	
2	R	0.28	22.720	22.056	40%
	S	1	19.667	19.333	
	T	1,6	19.667	19.333	
3	R	2	18.833	18.500	
	S	1,92	19.167	18.750	
	T	0.31	22.760	21.750	60%
4	R	1,8	18.917	18.500	
	S	3	18.583	18.250	
	T	0.27	22.772	21.543	80%
5	R	1,52	19.417	19.000	
	S	0.34	22.756	20.974	100%
	T	2,32	19.500	19.083	

Tabel 3.2 pengukuran setelah fasa terputus

Di atas adalah tabel pengamatan arus dan tegangan sesudah dan sebelum salah satu kawat terputus maka karakteristik arus yang kawatnya terputus akan mendekati 0 sedangkan fasa yang terdekat akan mengalami sedikit kenaikan tegangan dan yang berbanding terbalik dengan arus

3.6 Diagram alir penelitian (flowchart)



BAB 4

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 menganalisa Salah Satu Fasa Terputus

Karakteristik salah satu fasa terputus akibat gangguan hubung singkat, nilai, arus akan mendekati nilai arus hubung singkat jaringan dan kemungkinan sistem proteksi akan bekerja dan jika salah satu fasa terputus akibat kawat penampang terputus tanpa terjadi hubung singkat maka tegangan akan mendekati nilai tegangan pangkal sehingga nilai kapasitansi akan bertambah dikarenakan beda potensial yang cukup besar antara fasa yang terputus terhadap fasa lain yang masih berbeban hal ini akan mengakibatkan terjadinya proses charging seperti halnya pada kapasitor menyebabkan arus pada fasa selain dari fasa yang terputus menjadi lebih kecil dan arus pada fasa yang terputus akan mendekati nol. Nilai ini di dapat kan dari hasil pengukuran yang di dapat dari perusahaan.

4.2 Menganalisis Nilai Impedansi

4.2.1 Impedansi Transformator

Pada perhitungan impedansi transformator ini Konstruksi saluran menggunakan penghantar jenis AL240 yaitu $0.1344+j0.3158$ berikut impedansi yang didapat dengan menggunakan persamaan:

$$R \text{ kabel} = 0.1344 \text{ (Ohm/KM)}$$

$$X \text{ kabel} = 0.3158 \text{ (Ohm/KM)}$$

$$L = 0.1 \text{ km (jarak trafo ke busbar)}$$

$$\text{Cos } \phi = 0.38$$

$$\text{Sin } \phi = 0.924$$

Maka :

$$Z = (R \cos \phi + X \sin \phi) \cdot L$$

$$Z = (0.1344 \cdot 0.38 + 0.3158 \cdot 0.924) \times 0.1$$

$$Z = 0.0342 \Omega$$

$$Z_t = \frac{KV^2}{S} \times Z$$

$$Z_t = \frac{21KV}{200KVA} \times 0.0342$$

$$Z_t = 75.441 \Omega$$

4.2.2 Impedansi Sumber

Impedansi urutan positif dan negatif

$$\begin{aligned} Z_{s1} = Z_{s2} &= \frac{KV^2}{MVAh3\phi} \\ &= \frac{20KV^2}{168,46MVA} \\ &= 2,37 \Omega \end{aligned}$$

Impedansi urutan nol

$$\begin{aligned} Z_{s0} &= \frac{KV^2}{MVAh1\phi} \\ &= \frac{20KV^2}{125,1MVA} \\ &= 3,19 \Omega \end{aligned}$$

4.2.3 Impedansi saluran urutan positif/negatif

$Z_{L1} = Z_{L2} = (R_{L1} + jX_{L1})(\Omega/KM) \times \text{Panjang Saluran (KM)}$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{R_{L1}^2 + jX_{L1}^2} \right) \times L$$

Jarak total saluran adalah 4.29 km pembagian jarak berdasarkan persentase

Pengambilan perhitungan satu saluran sebagai berikut :

- Pada jarak 1%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.0429$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.0147\Omega$$

-. Pada Jarak 2%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.0858$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.02944\Omega$$

-. Pada Jarak 3%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.1287$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.04416\Omega$$

-. Pada Jarak 4%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.1716$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.05889\Omega$$

-. Pada Jarak 5%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.2145$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.07361\Omega$$

-. Pada Jarak 6%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.2574$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.08833\Omega$$

-. Pada Jarak 7%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.3003$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.10306\Omega$$

-. Pada Jarak 8%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.3432$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.11778\Omega$$

- Pada Jarak 9%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.3861$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.13250 \Omega$$

- Pada Jarak 10%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.1344)^2 + (0.3158)^2} \right) \times 0.429$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.14723 \Omega$$

Jarak (%)	Panjang (KM)	Impedansi Saluran (ZL)
0	0.01	0.003432
1	0.0429	0.01472
2	0.0858	0.02944
3	0.1287	0.04416
4	0.1716	0.05889
5	0.2145	0.07361
6	0.2574	0.08833
7	0.3003	0.10306
8	0.3432	0.11778
9	0.3861	0.13250
10	0.429	0.14723

Table 4.1 impedansi saluran urutan positif/negatif

4.2.4 Impedansi saluran urutan nol

$$Z_{L1} = Z_{L2} = (R_{L1} + jX_{L1}) (\Omega/\text{KM}) \times \text{Panjang Saluran (KM)}$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{R_{L1}^2 + j X_{L1}^2} \right) \times L$$

Pengambilan perhitungan satu saluran sebagai berikut :

Jarak total saluran adalah 4.29 km pembagian jarak berdasarkan persentase

- Pada jarak 1%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.0429$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.06980 \Omega$$

- Pada Jarak 2%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.0858$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.13960 \Omega$$

- Pada Jarak 3%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.1287$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.20940 \Omega$$

- Pada Jarak 4%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.1716$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.27920 \Omega$$

- Pada Jarak 5%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.2145$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.34900 \Omega$$

- Pada Jarak 6%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.2574$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.41880 \Omega$$

- Pada Jarak 7%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.3003$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.48860 \Omega$$

- Pada Jarak 8%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.3432$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.55839 \Omega$$

- Pada Jarak 9%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.3861$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.62818 \Omega$$

- Pada Jarak 10%

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \left(\sqrt{(0.2824)^2 + (1.6033)^2} \right) \times 0.0429$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0.69798 \Omega$$

Jarak (%)	Panjang (KM)	Impedansi Saluran (ZL)
0	0.01	0.01627
1	0.0429	0.06980
2	0.0858	0.13960
3	0.1287	0.20940
4	0.1716	0.27920
5	0.2145	0.34900
6	0.2574	0.41880
7	0.3003	0.48860
8	0.3432	0.55839
9	0.3861	0.62818
10	0.429	0.69798

Table 4.2 impedansi saluran urutan nol

4.2.5 Impedansi Total Urutan Positif/Negatif

Impedansi total jaringan merupakan penjumlahan dari impedansi transformator (Z_f), impedansi system, dan impedansi saluran

Jarak (%)	Z_t (Ohm)	Z_s	Z_L	Z_{total}
0	75.441	2.37	0.003432	77.8144
1	75.441	2.37	0.01472	77.8257
2	75.441	2.37	0.02944	77.8404
3	75.441	2.37	0.04416	77.8551
4	75.441	2.37	0.05889	77.8699
5	75.441	2.37	0.07361	77.8846
6	75.441	2.37	0.08833	77.8993
7	75.441	2.37	0.10306	77.9140
8	75.441	2.37	0.11778	77.9288
9	75.441	2.37	0.13250	77.9435
10	75.441	2.37	0.14723	77.9582

Tabel 4.3 Impedansi Total Urutan Positif/Negatif

Impedansi total urutan positif negatif pada ujung jaringan adalah

$$Z_t + Z_s + Z_L = 75.441 + 2.37 + 1.472 \quad 3 = 79.2833\Omega$$

4.2.6 impedansi total urutan nol

Impedansi total urutan nol ini merupakan penjumlahan berdasarkan perhitungan dari impedansi transformator (Z_f), impedansi sistem, dan impedansi saluran.

Jarak (%)	Z_t (Ohm)	Z_s	Z_L	Z_{total}
0	75.441	3.19	0.01627	78.65363
1	75.441	3.19	0.06980	78.7077
2	75.441	3.19	0.13960	78.7775
3	75.441	3.19	0.20940	78.8473
4	75.441	3.19	0.27920	78.9171
5	75.441	3.19	0.34900	78.9869
6	75.441	3.19	0.41880	79.0567
7	75.441	3.19	0.48860	79.1265
8	75.441	3.19	0.55839	79.19629
9	75.441	3.19	0.62818	79.26608
10	75.441	3.19	0.69798	79.33588

Tabel 4.4 impedansi urutan nol

4.2.7 Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dengan panjang 0% dari trafo dengan impedansi gangguan positif/negatif

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{V_F}{Z_1 + Z_F}$$

Berikut pengambilan perhitungan :

Pada jarak 0%

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{20KV}{0,03432} = 5827,5\ kA$$

Pada jarak 1%

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{20\ KV}{0,01472328} = 1358,39\ kA$$

Pada jarak 2%

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{20KV}{0.02944} = 679,1964\ kA$$

Pada jarak 3%

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{20KV}{0.04416} = 452,7976\ kA$$

Pada jarak 4%

$$I_{hs} 3\emptyset = \frac{20KV}{0.05889} = 339,5982 \text{ kA}$$

Pada jarak 5%

$$I_{hs} 3\emptyset = \frac{20KV}{0.07361} = 271,6785 \text{ kA}$$

Pada jarak 6%

$$I_{hs} 3\emptyset = \frac{20KV}{0.08833} = 226,3988 \text{ kA}$$

Pada jarak 7%

$$I_{hs} 3\emptyset = \frac{20KV}{0.10306} = 194,0561 \text{ kA}$$

Pada jarak 8%

$$I_{hs} 3\emptyset = \frac{20KV}{0.11778} = 169,7991 \text{ kA}$$

Pada jarak 9%

$$I_{hs} 3\emptyset = \frac{20KV}{0.13250} = 150,9325 \text{ kA}$$

Pada jarak 10%

$$I_{hs} 3\emptyset = \frac{20KV}{0.14723} = 135,8392 \text{ kA}$$

Dibawah ini ada table perhitungan arus gangguan hubung singkat 3 fasa dengan panjang 0% sampai 10 % dari trafo dengan impedansi gangguan 0

Jarak (%)	Panjang (KM)	Impedansi Saluran (ZL)
0	0.01	5827,5058
1	0.0429	1358,3929
2	0.0858	679,1964
3	0.1287	452,7976
4	0.1716	339,5982
5	0.2145	271,6785
6	0.2574	226,3988
7	0.3003	194,0561
8	0.3432	169,7991
9	0.3861	150,9325
10	0.429	135,8392

Tabel 4.5 Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

4.2.8 Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa – Tanah

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3V_F}{(Z_0+Z_1+Z_2)+3Z_F}$$

Arus gangguan hubung singkat 1 fasa dengan panjang 0% dari trafo dengan impedansi gangguan 0

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,003432+0,003432+0,01627)} = 864,5284kA$$

Berikut pengambilan perhitungan

Pada Jarak 1%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,014723+0,014723+0,0697983)} = 201,5218kA$$

Pada Jarak 2%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,02944+0,02944+0,13960)} = 100,7609 kA$$

Pada Jarak 3%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,04416+0,04416+0,20940)} = 67,1739 kA$$

Pada Jarak 4%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,05889+0,05889+0,27920)} = 50,3804 kA$$

Pada Jarak 5%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,07361+0,07361+0,34900)} = 40,3043 kA$$

Pada Jarak 6%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,08833+0,08833+0,41880)} = 33,5869 kA$$

Pada Jarak 7%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,10306+0,10306+0,48860)} = 28,7888 kA$$

Pada Jarak 8%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0,11778+0,11778+0,55839)} = 25,1902 kA$$

Pada Jarak 9%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0.13250 + 0.13250 + 0.62818)} = 22,3913 \text{ kA}$$

Pada Jarak 10%

$$I_{hs} 1\emptyset = \frac{3 \times 20k}{(0.14723 + 0.14723 + 0.69798)} = 20,1521 \text{ kA}$$

Jarak (%)	Hs 1 fasa	Z _L pos	Z _L neg	Z _L nol
0	864,5284	0.003432	0.003432	0.01627
1	201,5218	0.01472	0.01472	0.06980
2	100,7609	0.02944	0.02944	0.13960
3	67,1739	0.04416	0.04416	0.20940
4	50,3804	0.05889	0.05889	0.27920
5	40,3043	0.07361	0.07361	0.34900
6	33,5869	0.08833	0.08833	0.41880
7	28,7888	0.10306	0.10306	0.48860
8	25,1902	0.11778	0.11778	0.55839
9	22,3913	0.13250	0.13250	0.62818
10	20,1521	0.14723	0.14723	0.69798

Tabel 4.6 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa – Tanah

4.4 Menganalisa Nilai Tegangan Dan Rugi Daya pada titik yang terputus

Impedansi total urutan nol pada ujung jaringan adalah

$$Z_t + Z_s + Z_L = 75.441 + 2.37 + 1.4723 = 79.2833\Omega$$

Pada Jarak 20%

$$L = \frac{20 \times 4290 \text{ m}}{100}$$

$$L = 856 \text{ m}$$

$$C = A/d$$

$$= \epsilon_0 \frac{2\pi r \times L}{(D_{12}D_{22}D_{13})^{1/3}}$$

$$= 8,87 \times 10^{-12} \frac{2 \times 10^{-22} \times 7 \times 10^{-3} \times 856 \text{ m}}{(0,8 \times 0,8 \times 1,6)^{1/3}}$$

$$= 3,31449 \times 10^{-10} \text{ F}$$

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{1}{2\pi f C} \\ &= \frac{1}{2 \times 22/7 \times 50 \times 3,31449 \times 10^{-10}} \\ &= 9599721,131 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{jaringan} &= X (\% \text{jarak}/100) \\ &= 79,2833 (20/100) \\ &= 15,85666 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{(X_l - X_c)^2} \\ &= \sqrt{(15,85666 \Omega - 9599721,131 \Omega)^2} \\ &= 9599705,274 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{Z} \\ &= \frac{22.762 \text{ V}}{9599705,274 \Omega} \\ &= 0,002371114 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 22.762 \text{ V} \times 0,002371114 \text{ A} \\ &= 53,97130737 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Pada Jarak 40%

$$L = \frac{40 \times 4290 \text{ m}}{100}$$

$$L = 1712 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 C &= A/d \\
 &= \varepsilon_0 \frac{2\pi r \times L}{(D_{12}D_{22}D_{13})^{1/3}} \\
 &= 8,87 \times 10^{-12} \frac{2 \times 10^{-7} \times 10^{-3} \times 1712 \text{ m}}{(0,8 \times 0,8 \times 1,6)^{1/3}} \\
 &= 6,62898 \times 10^{-10} \text{ F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_c &= \frac{1}{2\pi f C} \\
 &= \frac{1}{2 \times 22/7 \times 50 \times 6,62898 \times 10^{-10}} \\
 &= 4799860,565 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{jaringan} &= X (\% \text{jarak}/100) \\
 &= 79,2833 (40/100) \\
 &= 31,71332 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{(X_l - X_c)^2} \\
 &= \sqrt{(31,71332 \Omega - 4799860,565 \Omega)^2} \\
 &= 4799828,852 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{V}{Z} \\
 &= \frac{22.056 \text{ V}}{4799828,852 \Omega} \\
 &= 0,004595164 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 22.056 \text{ V} \times 0,004595164 \text{ A} \\
 &= 101,3509338 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Pada Jarak 60%

$$L = \frac{60 \times 4290 \text{ m}}{100}$$

$$L = 2568 \text{ m}$$

$$C = A/d$$

$$= \varepsilon_0 \frac{2\pi r \times L}{(D_{12}D_{22}D_{13})^{1/3}}$$

$$= 8,87 \times 10^{-12} \frac{2 \times 10^{-7} \times 10^{-3} \times 2568 \text{ m}}{(0,8 \times 0,8 \times 1,6)^{1/3}}$$

$$= 9,94347 \times 10^{-10} \text{ F}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$= \frac{1}{2 \times 22/7 \times 50 \times 9,94347 \times 10^{-10}}$$

$$= 3199907,044 \Omega$$

$$X_{jaringan} = X (\% \text{jarak}/100)$$

$$= 79,2833 (60/100)$$

$$= 47,56998 \Omega$$

$$Z = \sqrt{(X_l - X_c)^2}$$

$$= \sqrt{(47,56998 \Omega - 3199907,044 \Omega)^2}$$

$$= 3199859,474 \Omega$$

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

$$= \frac{21.750 \text{ V}}{3199859,474 \Omega}$$

$$= 0,006797173 \text{ A}$$

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 21.750 \text{ V} \times 0,006797173 \text{ A} \\
 &= 147,8385235 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Pada Jarak 80%

$$L = \frac{40 \times 4290 \text{ m}}{100}$$

$$L = 3424 \text{ m}$$

$$C = A/d$$

$$= \epsilon_0 \frac{2\pi r \times L}{(D_{12}D_{22}D_{13})^{1/3}}$$

$$= 8,87 \times 10^{-12} \frac{2 \times 10^{-7} \times 10^{-3} \times 3424 \text{ m}}{(0,8 \times 0,8 \times 1,6)^{1/3}}$$

$$= 1,3258 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$= \frac{1}{2 \times 10^7 \times 50 \times 1,3258 \times 10^{-9}}$$

$$= 2399930,283 \Omega$$

$$X_{jaringan} = X (\% \text{jarak}/100)$$

$$= 79,2833 (80/100)$$

$$= 63,42664 \Omega$$

$$Z = \sqrt{(X_l - X_c)^2}$$

$$= \sqrt{(63,42664 \Omega - 2399930,283 \Omega)^2}$$

$$= 2399866,856 \Omega$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{V}{Z} \\
 &= \frac{21.543 \text{ V}}{2399866,856 \Omega} \\
 &= 0,008976748 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 21.543 \text{ V} \times 0,008976748 \text{ A} \\
 &= 193,3860822 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Pada Jarak 100%

$$L = \frac{100 \times 4290 \text{ m}}{100}$$

$$L = 4280 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 C &= A/d \\
 &= \varepsilon_0 \frac{2\pi r \times L}{(D_{12}D_{22}D_{13})^{1/3}} \\
 &= 8,87 \times 10^{-12} \frac{2 \times 10^{-7} \times 10^{-3} \times 4280 \text{ m}}{(0,8 \times 0,8 \times 1,6)^{1/3}} \\
 &= 1,65725 \times 10^{-9} \text{ F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_c &= \frac{1}{2\pi f C} \\
 &= \frac{1}{2 \times 10^7 \times 50 \times 1,65725 \times 10^{-9}} \\
 &= 1919944,226 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{jaringan} &= X (\% \text{jarak}/100) \\
 &= 79,2833 (100/100)
 \end{aligned}$$

$$= 79,2833 \Omega$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{(X_l - X_c)^2} \\ &= \sqrt{(79,2833 \Omega - 1919944,226 \Omega)^2} \\ &= 1919864,943 \Omega \end{aligned}$$

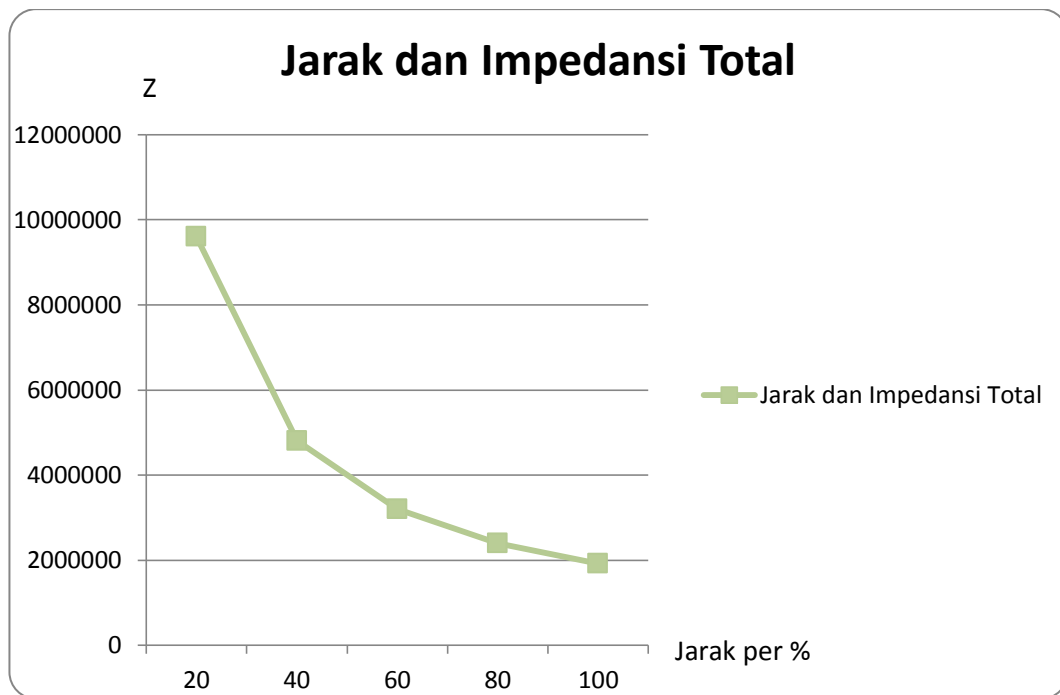
$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{Z} \\ &= \frac{20,974 V}{1919864,943 \Omega} \\ &= 0,010924727 A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 20,974 V \times 0,010924727 A \\ &= 229,13522 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jarak total	Persentase jarak (%)	Jarak terputus	Impedansi (Z)	Tegangan (V)	Rugi Daya (P)
4280	20	856	9599705,274	22,762	53,97130737
4280	40	1712	4799828,852	22,056	101,3509338
4280	60	2568	3199859,474	21,750	147,8385235
4280	80	3424	2399866,856	21,543	193,3860822
4280	100	4280	1919864,943	20,974	229,13522

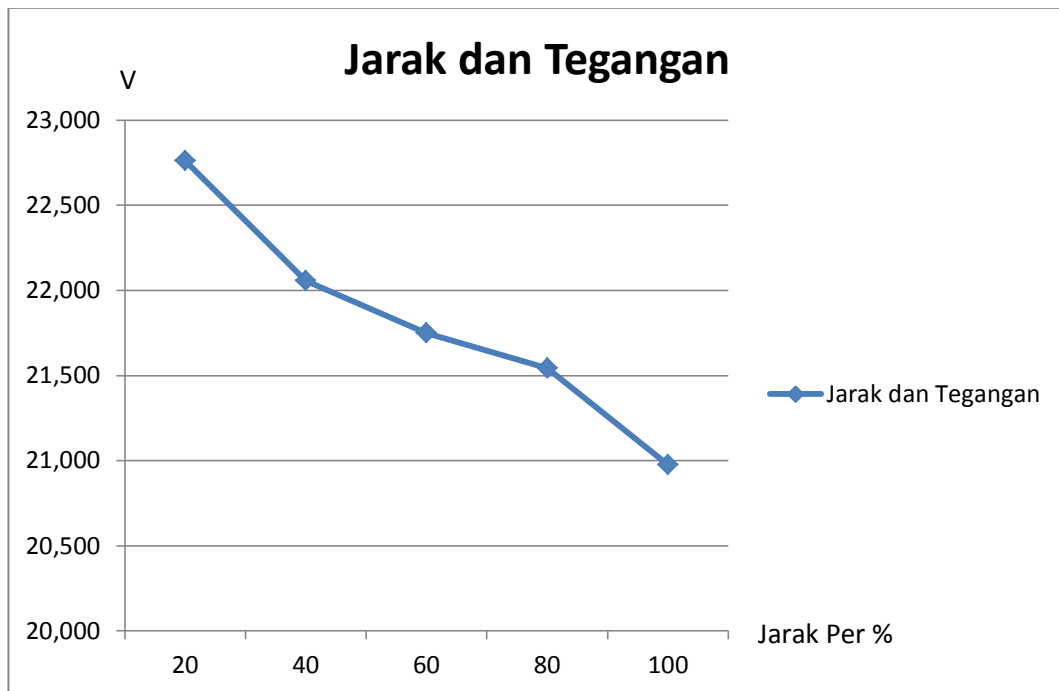
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan

Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Jarak dan Impedansi Total Pada Titik Yang Terputus



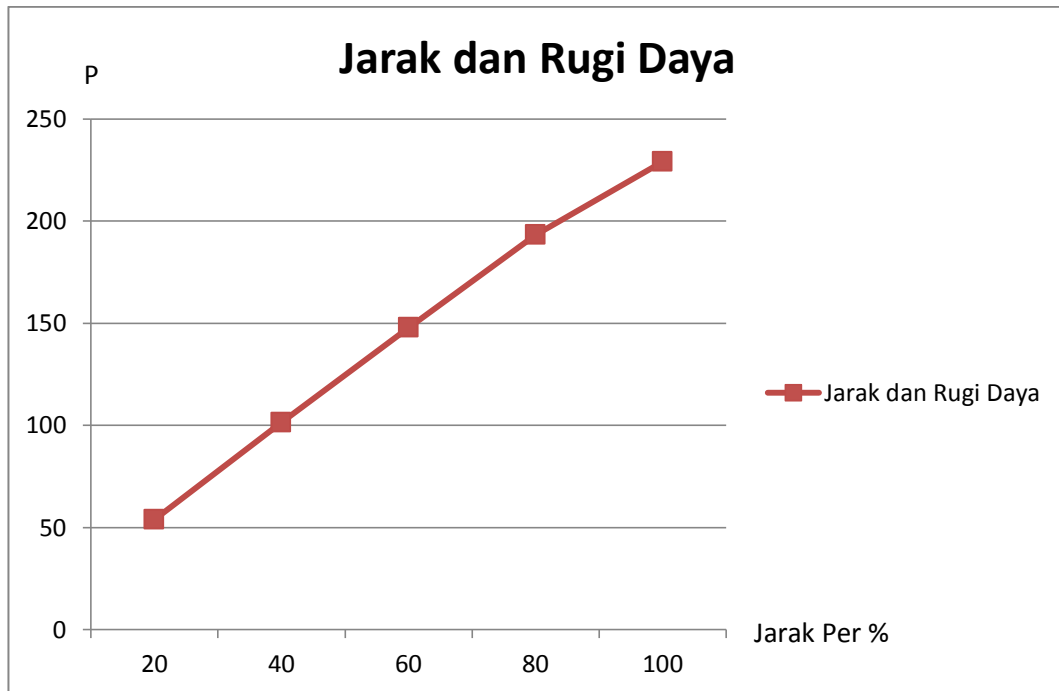
Grafik ini antara panjang jarak yang terputus dengan impedansi menggunakan persentase contoh nya panjang jarak adalah 4280m = 100% maka 80 % = 3424 samapai seterusnya dan nilai impesansi pada setiap jarak yang terputus contoh nya terputus di jarak persentase 100% maka nilai impedansi $Z = 1919864,943\Omega$ sampai seterusnya.

Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Jarak dan Tegangan Pada Titik Yang Terputus



Grafik ini antara panjang jarak yang terputus dengan impedansi menggunakan persentase contoh nya panjang jarak adalah 4280m = 100% maka 80 % = 3424 samapai seterusnya dan nilai tegangan pada setiap jarak yang terputus contoh nya terputus di jarak persentase 100% maka nilai tegangannya V = 20,974 V sampai seterusnya.

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Jarak dan Rugi Daya Pada Titik Yang Terputus



Grafik ini antara panjang jarak yang terputus dengan impedansi menggunakan persentase contoh nya panjang jarak adalah $4280\text{m} = 100\%$ maka $80\% = 3424$ samapai seterusnya dan nilai rugi daya pada setiap jarak yang terputus contoh nya terputus di jarak persentase 100% maka nilai rugi daya $P = 229,13522$ watt sampai seterusnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan penajuan lapangan , penulis memperoleh kempulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Karakteristik salah satu fasa terputus akibat gangguan hubung singkat, nilai, arus akan mendekati nilai arus hubung singkat jaringan dan kemungkinan sistem proteksi akan bekerja dan jika salah satu fasa terputus akibat kawat penampang terputus tanpa terjadi hubung singkat maka tegangan akan mendekati nilai tegangan pangkal sehingga nilai kapasitansi akan bertambah dikarenakan beda potensial yang cukup besar antara fasa yang terputus terhadap fasa lain yang masih berbeban hal ini akan mengakibatkan terjadinya proses charging seperti halnya pada kapasitor menyebabkan arus pada fasa selain dari fasa yang terputus menjadi lebih kecil dan arus pada fasa yang terputus akan mendekati nol.
2. Besarnya impedansi saluran bergantung pada jarak terjadinya gangguan, berdasarkan hasil perhitungan nilai impedansi total pada ujung jaringan adalah 79.2833Ω .
3. Besar tegangan pada fasa kawat yang terputus mendekati nilai tegangan pangkal sebesar 20.974 Volt dan juga terputusnya salah satu fasa di jaringan SUTM 20 KV dapat mempengaruhi sistem distribusi membuat ketidak setabilan antara fasa.

5.2 Saran

1. Dalam suatu sistem jaringan 20kv sering terjadi gangguan-gangguan yang di sebabkan faktor alam dan juga faktor manusia itu sendiri dasar inilah saya sebagai penulis membuat skripsi ini agar mengetahui karakteristik arus dan tegangan bila salah satu fasa terputus dan juga untuk menetaui pengaruh terhadap jaringan distribusi itu sendiri.
2. Adapun lebih dan kurangnya skripsi ini dibuat dan bisa juga dibuat sebagai referensi di kemudian harinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardianto, firdaus dan noveri L.M. 2017. *Analisa kinerja sistem proteksi berdasarkan frekuensi gangguan di gardu induk* .
- Bagus, Very. 2016. *Analisa gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik di kso pertamina EP-GEO Cepu indonesia distrik 1 menggunakan software etape 12.6*. Surakarta: Universitas muhammadiyah surakarta.
- Hermanto, Farid. 2013. *Analisa jatuh tegangan dan arus hubung singkat pada jaringan menengah PT. RUM*. Semarang: Universitas Diponegoro. Hermawan, Edil. 2009. *Sistem pengaman tenaga listrik*.
- Kadarsisma dan Wahyudi. 2009. *Perhitungan setting dan kordinator proteksi sistem distribusi*. Jakarta.
- Lely. 2015. *Analisa rugi-rugi daya pada jaringan distribusi*. E-jurnal Teknik Elektro.
- Mangera, Paulus. 2019. *Analisa rugi tegangan jaringan distribusi 20 kv pada PT. PLN (Persero) cabang marauke*. Universitas musamus.
- Munaf, Faiz. 2018. *Pengukuran dan analisa kualitas daya listrik di PT. Techpack Asia*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Purniawan, Kadek. 2019. *Analisa gangguan hubung singkat simetris dan asimetris untuk menentukan kapasitas pengaman yang terpasang di jaringan distribusi 20 kv*. Jurnal Spektrum.
- Rahmi, Andi. 2016. *Analisa gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah terhadap PMT di peyulung takalar 20 kvGI sungguminasa*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Rif'at, Muhammad. 2014. *Analisa transformator daya 3 fasa 150 kv/ 20kv pada gardu induk PLN distribusi semarang*. Universitas Negeri Semarang.
- Rosman Andi dan Risdiana. 2019. *Karakteristik arus dan tegangan*. Universitas Cokroaminoto Palopo.
- Roza I dan Pasaribu FI. 2019. *analysis of OCR setting GFR 20 KV power transformer substation kualanamu north sumatra*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Suswanto, Daman. 2009. *Sistem distribusi tenaga listrik*. Padang.

Samaulah, Hazairin. 2012. *Proteksi sistem distribusi tenaga listrik*. Palembang: Universitas Sriwijaya.

Yudistia, Martha dan Utomo, Teguh. 2013. *Analisa keandalan sistem distribusi tenaga listrikpeyulung jember kota dan kalisat di PT. PLN jember*. Universitas brawijaya.

LAMPIRAN

1. Lampiran



