

ANALISIS KEDIP TEGANGAN (VOLTAGE SAGS) PADA JARINGAN 20 KV AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG JERUK DI GARDU INDUK SENTANI

Oktoara Dwi Putra Ginting¹, Afner S. Sinaga², Rosalina N. Revassy², Marthen Liga³, Moh. Arie Reza³ dan Theresia Wuri O³

Program Studi Teknik Elektro Universitas Cenderawasih Jayapura-Papua

Email: oktoaringting20.og@gmail.com

Abstrak

Kedip Tegangan merupakan salah satu jenis gangguan yang dapat menurunkan kualitas daya listrik pada sistem distribusi. Permasalahan yang dihadapi yaitu seberapa besar kedip tegangan yang terjadi pada sistem distribusi 20 kV akibat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan 3 fasa.

Untuk mengetahui nilai kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat ini diperlukan analisa perhitungan arus gangguan hubung singkat dan perhitungan kedip tegangan. Adapun pengumpulan data yang dilakukan dengan mengumpulkan data pada Gardu Induk Sentani yaitu data panjang penyulang, kapasitas transformator, besar reaktansi Gardu Induk beserta bebannya. Untuk perhitungan menggunakan Microsoft excel.

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan didapatkan bahwa nilai arus gangguan hubung singkat terbesar adalah gangguan 3 fasa yaitu $1.647,989 \angle 67,945$ Ampere, sedangkan nilai arus gangguan hubung singkat terkecil adalah 1 fasa ke tanah pada titik 100% yaitu $249,628 \angle 20,853^\circ$ Ampere. Sedangkan nilai kedip tegangan terbesar pada titik 100% adalah saat terjadi gangguan 2 fasa yaitu fasa R dan fasa S dengan nilai $23.754,496 \angle 77,254$ Volt dan nilai kedip tegangan terkecil adalah saat gangguan 1 fasa ke tanah yaitu $10.146,519 \angle -10,619$ Volt.

Kata Kunci: Hubung Singkat, Kedip Tegangan, Penyulang Jeruk

Abstract

Voltage sag is a type of disturbance that can reduce the quality of electric power in the distribution system. The problem faced is how big the voltage dips that occur in the 20 kV distribution system due to short circuit 1 phase to ground, phase to phase, and 3 phases.

To find out the value of the voltage sag due to this short circuit fault, it is necessary to analyze the calculation of the short circuit fault current and calculate the voltage sag. The data collection was carried out by collecting data at the Sentani Substation, namely data on the length of the feeder, the capacity of the transformer, the reactance of the substation and its load. For calculations using Microsoft excel.

Based on the discussion and conclusions, it is found that the largest short circuit fault current value is a 3-phase fault, namely $1,647.989 \angle 67.945$ Amperes, while the smallest short circuit fault current value is 1 phase to ground at the 100% point which is $249.628 \angle 20.853^\circ$ Amperes. Meanwhile, the biggest voltage drop at 100% point is when there is a 2-phase fault, namely R-phase and S-phase with a value of $23,754,496 \angle 77.254$ Volts and the smallest voltage flicker value is when a 1 phase to ground fault is $10,146.519 \angle -10,619$ Volts.

Keywords: Short Circuit, Voltage Saddle, Jeruk Feeder

1. PENDAHULUAN

Dalam penyuplaian listrik menuju beban-beban yang diinginkan maka PT. PLN (PERSERO) memerlukan suatu kualitas tegangan yang baik, ekonomis, dan aman. Sistem distribusi adalah hal yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah utama adalah operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan. Jumlah gangguan pada sistem distribusi relatif lebih banyak dibandingkan dengan jumlah gangguan pada sistem yang lain, seperti pada saluran transmisi, unit-unit pembangkit dan transformator pada gardu induk.

Dalam penyaluran energi listrik pada sistem distribusi baik di jaringan tegangan menengah maupun jaringan tegangan rendah perlu dijaga nilai kualitas dari daya listrik yang akan di salurkan. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan dalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan dalam jaringan listrik yang menyebabkan arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya.

Gangguan 1 fasa ke tanah, fasa ke fasa dan tiga fasa (yang bersifat sementara) adalah gangguan hubung singkat yang sering terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang menyebabkan penurunan tegangan dalam waktu yang relatif singkat dan dapat memberikan dampak tidak berfungsinya peralatan elektronika yang sensitif dan peka terhadap variasi tegangan.

Dalam menentukan dan menghitung besar kedip tegangan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik, terutama pada sistem distribusi.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka didapatkanlah suatu perumusan masalah, yaitu:

1. Berapakah besarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, fasa ke fasa dan tiga fasa pada penyulang Jeruk?
2. Berapakah besarnya kedip tegangan akibat adanya gangguan hubung singkat pada sistem distribusi di penyulang Jeruk?

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis mengadakan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besarnya nilai arus pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, fasa ke fasa, tiga fasa pada penyulang Jeruk.
2. Mengetahui besarnya nilai kedip tegangan pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, fasa ke fasa, tiga fasa pada penyulang Jeruk.

1.3 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan di bidang Teknik Elektro khususnya pada analisa kedip tegangan akibat hubung singkat.
2. Pembaca dapat mengetahui dan menghitung besar arus hubung singkat akibat gangguan satu fasa, fasa ke fasa dan tiga fasa ke tanah.
3. Peneliti dapat menghitung dan menganalisa besar kedip tegangan yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat.

2. METODE PELAKSANAAN

Untuk melakukan perhitungan dalam Tugas Akhir ini, maka data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Data Transformator Tenaga.
2. Data Panjang saluran dan Jenis Penghantar.

Setelah data terkumpul maka langkah pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Menghitung impedansi sumber dan reaktansi transformator.
2. Menghitung impedansi penyulang.
3. Menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan 3 fasa.
4. Menghitung kedip tegangan pada sistem distribusi.
5. Menganalisa kedip tegangan yang terjadi akibat dari gangguan hubung singkat.

2.1. Konsep Daya Listrik

Sesuai dengan standar IEEE 1159-1995 beberapa fenomena gangguan dalam sistem tenaga listrik telah diidentifikasi, di mana merupakan gangguan yang sering terjadi dan tidak termasuk gangguan seperti medan elektromagnetik atau interferensi radio. Tiga kategori pertama dianggap fenomena intermiten (sementara/sebentar), sedangkan empat terakhir (ketidakseimbangan, distorsi fluktuasi dan variasi frekuensi) adalah steady state atau gangguan kontinyu. Dari standar IEEE 1159-1995 mencoba menjelaskan dan mendefinisikan fenomena elektromagnetik yang dapat menjelaskan kualitas daya Alat dan Bahan Peralatan Listrik

2.2. Transformator Tenaga

Transformator adalah sebuah alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalkan keperluan akan tegangan

tinggi dalam pengiriman listrik jarak jauh. Penggunaan transformator yang sederhana dan memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

2. 3. Teori Hubung Singkat Sistem Distribusi 20 KV

Gangguan hubung singkat menyebabkan terjadinya intrupsi kontinuitas pelayanan daya kepada konsumen apabila gangguan itu dapat mengakibatkan terputusnya suatu rangkaian (circuit) atau menyebabkan keluarnya satu unit pembangkit dalam sistem tenaga, penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintanginya kerja normal pada peralatan konsumen, pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan kerusakan pada peralatan. Gangguan terdiri dari gangguan temporer (sementara) atau permanen. Kebanyakan gangguan temporer diamankan dengan Circuit Breaker (CB) atau pemaman yang lainnya. Gangguan permanen adalah gangguan yang menyebabkan kerusakan pada sistem. Seperti kegagalan isolator, kerusakan penghantar, kerusakan pada peralatan seperti transformator atau kapasitor. Pada saluran bawah tanah hampir semua gangguan adalah gangguan permanen. Kebanyakan gangguan peralatan mengakibatkan hubung singkat. Gangguan permanen semua menyebabkan pemutusan/gangguan pada konsumen.

2. 4. Perhitungan Impedansi

- Dalam menghitung impedansi dikenal tiga macam impedansi urutan yaitu:
- Impedansi urutan positif (Z_1), yaitu arus yang hanya dirasakan oleh arus urutan positif.
- Impedansi urutan negatif (Z_2), yaitu arus yang hanya dirasakan oleh urutan negatif.
- Impedansi urutan nol (Z_0), yaitu arus yang hanya dirasakan oleh urutan nol.
- Untuk menghitung nilai impedansi yang terdapat pada penghantar di jaringan. Terlebih dahulu dimiliki nilai impedansi ohm per kilometer dari jenis penghantar yang dipakai pada jaringan tersebut. Nilai-nilai impedansi ohm per kilo meter ini didapat dari data yang ada di lapangan. Untuk menghitung impedansi pada jaringan, ohm per kilometer dikalikan dengan jarak penghantar. Seperti yang terlihat pada gambar 2.1 impedansi penghantar dari titik 0% sampai dengan titik 100% pemutus/PMT.

2. 5. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan gangguan hubung singkat adalah suatu analisa untuk menentukan titik lokasi gangguan pada sistem tenaga listrik, di mana dengan cara ini diperoleh

nilai besaran-besaran listrik yang dihasilkan akibat yang gangguan hubung singkat tersebut. Analisa gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun setelah sistem beroperasi. Analisa digunakan untuk menentukan setting relai proteksi yang digunakan untuk melindungi sistem dari kemungkinan adanya gangguan tersebut. 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 pemaman, relai pemutus yang tepat bisa dapat dipilih untuk melindungi sistem dari kondisi tidak normal dalam waktu yang singkat. Gangguan hubung singkat dapat didefinisikan sebagai gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi antara sesama kawat fasa dengan tanah yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan.

2. 6. Perhitungan Kedip Tegangan (*Voltage Sags*)

Kedip tegangan adalah penurunan besaran tegangan efektif (V_{rms}) atau arus pada frekuensi daya dengan durasi waktu antara 0,5 variasi tegangan dan pada akhirnya akan menjadi sumber masalah pada kelangsungan operasional peralatan. Karakteristik beban tak linier pada peralatan elektronik, variasi tegangan transien yang dihasilkan oleh petir, switching dari kapasitor dan kapasitor dan tegangan kedip akibat kegagalan sistem seperti gangguan satu fasa ke tanah dan starting motor berkapasitas besar menjadi perhatian dalam hubungannya dengan persoalan kualitas daya listrik. Penelitian kualitas daya umumnya meliputi empat bidang, yaitu: aspek dan komponen dasar, monitoring dan tegangan kedip, pembuatan modul dan analisis, aplikasi dan penyelesaian masalah. Perbaikan kualitas daya sebagian besar dilakukan pada sistem distribusi. Akibat penurunan tegangan, peralatan yang sensitif terhadap perubahan tegangan dapat mengalami gagal operasi.

3. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan terdiri dari:

- Judul
- Abstrak
- Pendahuluan
- Metode
- Hasil dan Pembahasan
- Kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Tabel 1. Data Trafo Tenaga Penyulang Jeruk

Data Trafo Tenaga Gardu Induk Harapan		
Merek		B&D Transformer
Tegangan	H	70000 V
	L	20000 V
Impedansi		12,54%
Hubungan		YNyn0
Daya		30 MVA
Pentanahan		40 Ω

Tabel 2. Data Saluran Penyulang Jeruk

Lokasi	Jenis kabel	Ukuran	Panjang penyulang
Gardu Induk Sentani	AAACS	150 mm ²	12,17 kms

4.2. Pembahasan

Hasil Pembahasan memuat uraian sebagai berikut:

1. Perhitungan Impedansi Sumber

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_s = \frac{(70)^2}{500}$$

$$X_s = 9,8 \text{ Ohm (Sisi Primer)}$$

$$X_{s(sisi\ 20\ kV)} = \frac{kV \text{ (sisi sekunder trafo)}^2}{kV \text{ (sisi primer trafo)}^2} \times X_s \text{ (sisi primer)}$$

$$X_{s(sisi\ 20\ kV)} = \frac{20^2}{70^2} \times 9,8 = 0,8 \text{ Ω (sisi sekunder)}$$

2. Perhitungan Reaktansi Transofrmator

$$X_t(\text{pada sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_t(\text{pada sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{20^2}{30}$$

$$X_t(\text{pada sisi } 20 \text{ kV}) = 13,333 \text{ Ohm}$$

$$X_{t1} = X_{t2} = 12,54\% \times 13,333 \text{ Ohm}$$

$$X_t = 1,672 \text{ Ohm (untuk urutan positif dan negatif)}$$

$$X_{t0} = 10 \times X_t$$

$$X_{t0} = 10 \times 1,67 = 16,72 \text{ Ohm}$$

3. Perhitungan Impedansi Penyulang

Jarak saluran	Impedansi Urutan Positif dan Negatif (Z1=Z2)	
	Rumus	Hasil
0%	(2,631 + j 4,022 Ω)	0,000 + j 0,000 Ω
10%	(2,631 + j 4,022 Ω)	0,263 + j 0,402 Ω
20%	(2,631 + j 4,022 Ω)	0,526 + j 0,804 Ω
30%	(2,631 + j 4,022 Ω)	0,789 + j 1,207 Ω
40%	(2,631 + j 4,022 Ω)	1,052 + j 1,609 Ω
50%	(2,631 + j 4,022 Ω)	1,316 + j 2,011 Ω
60%	(2,631 + j 4,022 Ω)	1,579 + j 2,413 Ω
70%	(2,631 + j 4,022 Ω)	1,842 + j 2,815 Ω
80%	(2,631 + j 4,022 Ω)	2,105 + j 3,218 Ω
90%	(2,631 + j 4,022 Ω)	2,368 + j 3,620 Ω
100%	(2,631 + j 4,022 Ω)	2,631 + j 4,022 Ω

Jarak Saluran	Impedansi Urutan Nol (Z0)	
	Rumus	Hasil
0%	(4,419 + j 19,69 Ω)	0,000 + j 0 Ω
10%	(4,419 + j 19,69 Ω)	0,442 + j 1,969 Ω
20%	(4,419 + j 19,69 Ω)	0,884 + j 3,938 Ω
30%	(4,419 + j 19,69 Ω)	1,326 + j 5,907 Ω
40%	(4,419 + j 19,69 Ω)	1,768 + j 7,876 Ω
50%	(4,419 + j 19,69 Ω)	2,210 + j 9,845 Ω
60%	(4,419 + j 19,69 Ω)	2,651 + j 11,814 Ω
70%	(4,419 + j 19,69 Ω)	3,093 + j 13,783 Ω
80%	(4,419 + j 19,69 Ω)	3,535 + j 15,752 Ω
90%	(4,419 + j 19,69 Ω)	3,977 + j 17,721 Ω
100%	(4,419 + j 19,69 Ω)	4,419 + j 19,69 Ω

4. Perhitungan Impedansi Ekiivalen Jaringan

$$Z1_{eki} = Z2_{eki} = Zs1 + Zt1 + Z1 \text{ penyulang}$$

Jarak saluran	Impedansi Z1 eki & Z2 eki	
	Rumus	Hasil
0%	(j 2,472 + (0,000 + j 0,000)) Ω	(0,000 + j 2,472) Ω
10%	(j 2,472 + (0,263 + j 0,402)) Ω	(0,263 + j 2,874) Ω
20%	(j 2,472 + (0,526 + j 0,804)) Ω	(0,526 + j 3,276) Ω
30%	(j 2,472 + (0,789 + j 1,207)) Ω	(0,789 + j 3,679) Ω
40%	(j 2,472 + (1,052 + j 1,609)) Ω	(1,052 + j 4,081) Ω
50%	(j 2,472 + (1,316 + j 2,011)) Ω	(1,316 + j 4,483) Ω
60%	(j 2,472 + (1,579 + j 2,413)) Ω	(1,579 + j 4,885) Ω
70%	(j 2,472 + (1,842 + j 2,815)) Ω	(1,842 + j 5,287) Ω
80%	(j 2,472 + (2,105 + j 3,218)) Ω	(2,105 + j 5,690) Ω
90%	(j 2,472 + (2,368 + j 3,620)) Ω	(2,368 + j 6,092) Ω
100%	(j 2,472 + (2,631 + j 4,022)) Ω	(2,631 + j 6,494) Ω

$$Z0_{eki} = Z_{t0} + 3RN + Z0 \text{ penyulang}$$

Jarak Saluran	Impedansi Ekuivalen (Z0 eki)	
	Rumus	Hasil
0%	$j16,72 + 120 + (0 + j0) \Omega$	$(120 + j 16,720) \Omega$
10%	$j16,72 + 120 + (0,442 + j1,969) \Omega$	$(120,442 + j18,689) \Omega$
20%	$j16,72 + 120 + (0,884 + j3,938) \Omega$	$(120,884 + j20,658) \Omega$
30%	$j16,72 + 120 + (1,326 + j5,907) \Omega$	$(121,326 + j22,627) \Omega$
40%	$j16,72 + 120 + (1,768 + j7,876) \Omega$	$(121,768 + j24,596) \Omega$
50%	$j16,72 + 120 + (2,210 + j9,845) \Omega$	$(122,210 + j26,565) \Omega$
60%	$j16,72 + 120 + (2,651 + j11,814) \Omega$	$(122,651 + j28,534) \Omega$
70%	$j16,72 + 120 + (3,093 + j13,783) \Omega$	$(123,093 + j30,503) \Omega$
80%	$j16,72 + 120 + (3,535 + j15,752) \Omega$	$(123,535 + j32,472) \Omega$
90%	$j16,72 + 120 + (3,977 + j17,721) \Omega$	$(123,977 + j34,441) \Omega$
100%	$j16,72 + 120 + (4,419 + j19,69) \Omega$	$(124,419 + j36,410) \Omega$

Jarak Saluran	Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fas
0%	4.045,307 A $\angle 0^\circ$
10%	3.464,743 A $\angle 84,770^\circ$
20%	3.013,514 A $\angle 80,876^\circ$
30%	2.657,931 A $\angle 77,890^\circ$
40%	2.372,863 A $\angle 75,539^\circ$
50%	2.140,399 A $\angle 73,646^\circ$
60%	1.947,829 A $\angle 72,092^\circ$
70%	1.786,043 A $\angle 70,796^\circ$
80%	1.648,312 A $\angle 69,699^\circ$
90%	1.530,029 A $\angle 68,759^\circ$
100%	1.427,200 A $\angle 67,945^\circ$

5. Perhitungan Arus Hubung Singkat

a. Perhitungan Arus Hubung Sinkat 3 Fasa

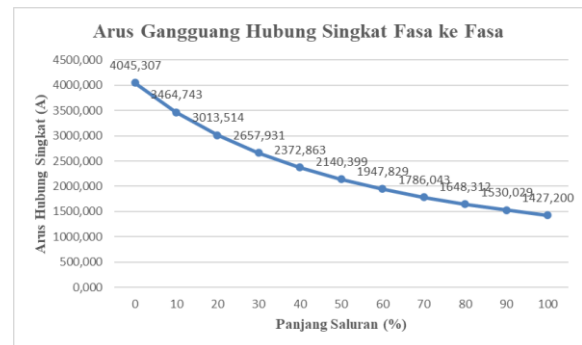
$$I_3 \text{ fasa} = \frac{V}{Z}$$

Di mana :

V = Tegangan fasa – netral

Z = Impedansi Z_1 ekuivalen

Jarak Saluran	Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fas
0%	4.671,119 A $\angle 0^\circ$
10%	4.000,741 A $\angle 84,770^\circ$
20%	3.479,706 A $\angle 80,876^\circ$
30%	3.069,114 A $\angle 77,890^\circ$
40%	2.739,947 A $\angle 75,539^\circ$
50%	2.472, 535 A $\angle 73,646^\circ$
60%	2.249,159 A $\angle 72,085^\circ$
70%	2.062,345 A $\angle 70,796^\circ$
80%	1.903,423 A $\angle 69,699^\circ$
90%	1.766, 726 A $\angle 68,759^\circ$
100%	1.647,989 A $\angle 67,945^\circ$



c. Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

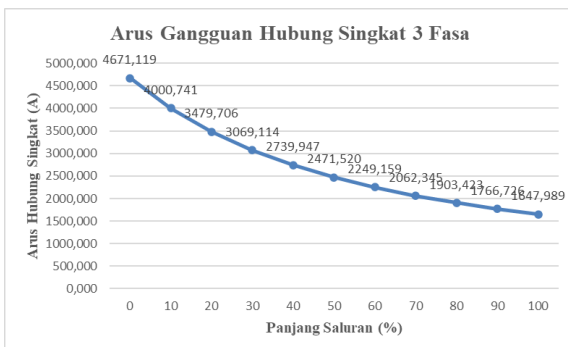
$$I = \frac{V}{Z}$$

Di mana :

V = 3 × tegangan fasa-netral

Z = impedansi ($Z_1 + Z_2 + Z_0$) ekuivalen

Jarak Saluran	Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa
0%	284,083 A $\angle 10,234^\circ$
10%	280,695 A $\angle 11,421^\circ$
20%	277,271 A $\angle 12,580^\circ$
30%	273,823 A $\angle 13,710^\circ$
40%	270,357 A $\angle 14,813^\circ$
50%	266,883 A $\angle 15,887^\circ$
60%	263,409 A $\angle 16,934^\circ$
70%	259,940 A $\angle 17,935^\circ$
80%	256,483 A $\angle 18,946^\circ$
90%	253,044 A $\angle 19,912^\circ$
100%	249,628 A $\angle 20,853^\circ$



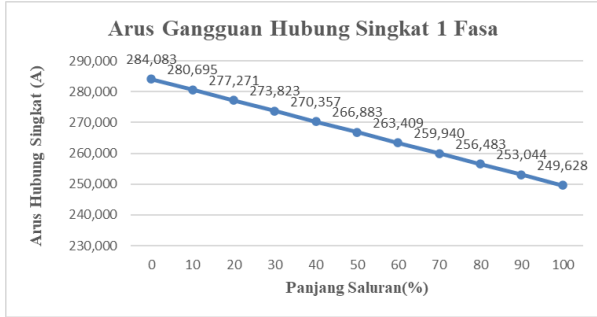
b. Perhitungan Arus Hubung Singkat 2 Fasa

$$I_2 \text{ fasa} = \frac{V}{Z}$$

Di mana :

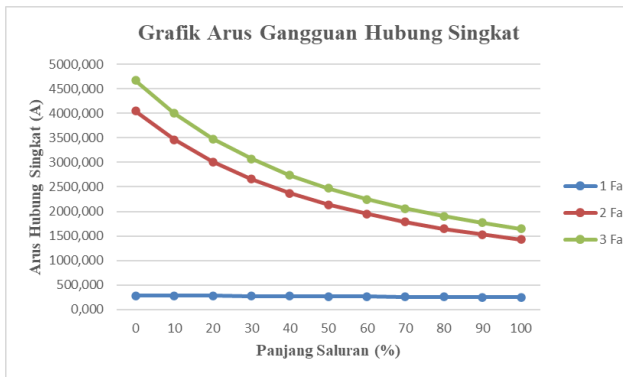
V = tegangan fasa ke fasa

Z = impedansi ($Z_1 + Z_2$) ekuivalen



Jarak Saluran	Kedip Tegangan 3 Fasa (Volt)	Presentasi Kedip Tegangan (%)
0%	0,000 \angle 0	0,000
10%	1.053,160 \angle -84,770	5,266
20%	2.590,845 \angle -80,876	12,954
30%	4.198,061 \angle -77,890	20,990
40%	5.770,135 \angle -75,539	28,851
50%	7.273,995 \angle -73,646	36,370
60%	8.701,635 \angle -72,092	43,508
70%	10.054,540 \angle -70,796	50,273
80%	11.337,678 \angle -69,699	56,688
90%	12.557,025 \angle -68,759	62,785
100%	13.718,549 \angle -67,945	68,593

Jarak Saluran	Jarak (kms)	Arus Gangguan Hubung Singkat (A)		
		1 Fasa (Ampere)	2 Fasa (Ampere)	3 Fasa (Ampere)
0%	0,00	284,083 \angle 10,234°	4.045,307 \angle 0°	4.671,119 \angle 0°
10%	1,22	280,695 \angle 11,421°	3.464,743 \angle 84,770°	4.000,741 \angle 84,770°
20%	2,43	277,271 \angle 12,580°	3.013,514 \angle 80,876°	3.479,706 \angle 80,876°
30%	3,65	273,823 \angle 13,710°	2.657,931 \angle 77,890°	3.069,114 \angle 77,890°
40%	4,87	270,357 \angle 14,813°	2.372,863 \angle 75,539°	2.739,947 \angle 75,539°
50%	6,09	266,883 \angle 15,887°	2.140,399 \angle 73,646°	2.472,535 \angle 73,646°
60%	7,30	263,409 \angle 16,934°	1.947,829 \angle 72,092°	2.249,159 \angle 72,085°
70%	8,52	259,940 \angle 17,935°	1.786,043 \angle 70,796°	2.062,345 \angle 70,796°
80%	9,74	256,483 \angle 18,946°	1.648,312 \angle 69,699°	1.903,423 \angle 69,699°
90%	10,95	253,044 \angle 19,912°	1.530,029 \angle 68,759°	1.766,726 \angle 68,759°
100%	12,17	249,628 \angle 20,853°	1.427,200 \angle 67,945°	1.647,989 \angle 67,945°



6. Perhitungan Kedip Tegangan

A. Perhitungan Kedip Tegangan Saat Terjadi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

$$V_{dip3fasa} = \sqrt{(n \cdot Z_1)^2 \times I_{3fasa}^2 \times \sqrt{3}}$$

Di mana:

V_{dip} = Kedip tegangan saat hubung singkat 3 fasa

N = jarak gangguan (% penyulang)

Z_1 = Impedansi penyulang urutan positif

B. Kedip tegangan saat terjadi gangguan hubung singkat 2 fasa

1. Tegangan Urutan Positif

$$V_{1\ riel} = V_{bus} - I_{L-L} \times n \times Z_1 \times \cos \theta$$

$$V_{1\ imj} = 0 - I_{L-L} \times n \times Z_1 \times \sin \theta$$

$$V_1 = \sqrt{(V_{1\ riel})^2 + (V_{1\ imj})^2} \angle \tan^{-1}(V_{1\ imj}/V_{1\ riel})$$

Keterangan :

V_{bus} = Tegangan pada sistem 20 kV

Z_1 = Impedansi penyulang urutan positif

θ = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

2. Tegangan Urutan Negatif

$$V_{2\ riel} = V_{bus} - I_{L-L} \times n \times Z_2 \times \cos \theta$$

$$V_{2\ imj} = V_{bus} - I_{L-L} \times n \times Z_2 \times \sin \theta$$

$$V_2 = \sqrt{(V_{2\ riel})^2 + (V_{2\ imj})^2} \angle \tan^{-1}(V_{2\ imj}/V_{2\ riel})$$

Keterangan :

V_{bus} = Tegangan pada sistem 20 kV

Z_2 = Impedansi penyulang urutan negatif

θ = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

3. Tegangan Saat Terjadi Gangguan

• Fasa R

$$V_R = \sqrt{(V_{R\ riel})^2 + (V_{R\ imj})^2} \angle \tan^{-1}(V_{R\ imj}/V_{R\ riel})$$

Di mana :

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

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

• Fasa S

$$V_S = \sqrt{(V_{S\ riel})^2 + (V_{S\ imj})^2} \angle \tan^{-1}(V_{S\ imj}/V_{S\ riel})$$

Di mana :

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

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

• Fasa T

$$V_T = \sqrt{(V_{T\ riel})^2 + (V_{T\ imj})^2} \angle \tan^{-1}(V_{T\ imj}/V_{T\ riel})$$

Di mana :

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

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

Maka nilai kedip tegangan saat terjadi gangguan 2 fasa yaitu fasa R dan S adalah:

$$V_{\text{dip 2fasa}} = \sqrt{(V_{R \text{ riel}})^2 + (V_{S \text{ riel}})^2 + (V_{R \text{ imj}})^2 + (V_{S \text{ imj}})^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{(V_{R \text{ imj}} - V_{S \text{ imj}}) / (V_{R \text{ riel}} - V_{S \text{ riel}})}{1} \right)$$

Jarak Saluran	Kedip Tegangan 2 Fasa (Volt)	Persentase Kedip Tegangan (%)
0%	34.121,451 \angle 56,310	170,607
10%	33.896,823 \angle 57,001	169,484
20%	33.285,613 \angle 58,570	166,428
30%	32.394,945 \angle 60,563	161,975
40%	31.315,328 \angle 62,767	156,577
50%	30.114,611 \angle 65,080	150,573
60%	28.843,444 \angle 67,456	144,217
70%	27.541,141 \angle 69,872	137,706
80%	26.240,100 \angle 72,315	131,201
90%	24.968,915 \angle 74,778	124,845
100%	23.754,496 \angle 77,254	118,772

Jarak Saluran	Kedip Tegangan 1 Fasa (Volt)	Persentase kedip tegangan (%)
0%	11.547,005 \angle 0,000	57,735
10%	11.533,013 \angle -0,117	57,665
20%	11.490,114 \angle -0,460	57,451
30%	11.417,543 \angle -1,016	57,088
40%	11.315,259 \angle -1,777	56,576
50%	11.183,846 \angle -2,738	55,919
60%	11.024,438 \angle -3,898	55,122
70%	10.838,669 \angle -5,259	54,193
80%	10.628,642 \angle -6,826	53,143
90%	10.396,917 \angle -8,609	51,985
100%	10.146,519 \angle -10,619	50,733

C. Perhitungan Kedip Tegangan Saat Terjadi Gangguan 1 Fasa Ke Tanah

1. Tegangan Urutan Positif

$$V_{1 \text{ riel}} = V_{\text{bus}} - I_{L-G} \times n \times Z_1 \times \cos \theta$$

$$V_{1 \text{ imj}} = 0 - I_{L-G} \times n \times Z_1 \times \sin \theta$$

Keterangan:

V_{bus} = Tegangan pada sistem 20 kV
 Z_1 = Impedansi penyulang urutan negatif
 θ = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

2. Tegangan Urutan Negatif

$$V_{2 \text{ riel}} = -I_{L-G} \times n \times Z_2 \times \cos \theta$$

$$V_{2 \text{ imj}} = -I_{L-G} \times n \times Z_2 \times \sin \theta$$

Keterangan:

Z_2 = Impedansi penyulang urutan negatif
 θ = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

3. Tegangan Urutan Nol

$$V_{0 \text{ riel}} = 0 - I_{L-G} \times n \times Z_0 \times \cos \theta$$

$$V_{0 \text{ imj}} = 0 - I_{L-G} \times n \times Z_0 \times \sin \theta$$

Keterangan:

Z_0 = Impedansi penyulang urutan nol
 θ = Penjumlahan sudut arus dan impedansi

Maka nilai kedip tegangan saat terjadi gangguan 1 fasa ke tanah adalah:

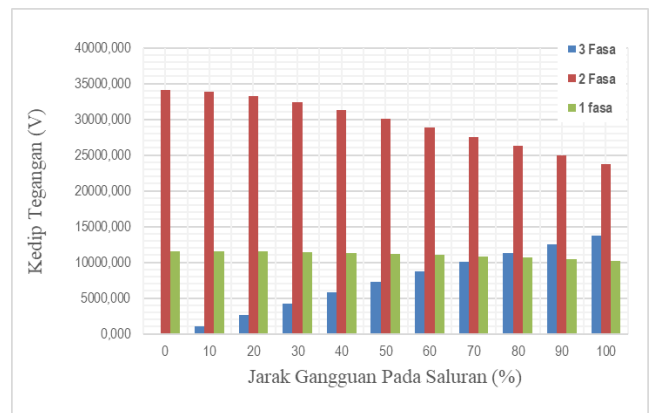
$$V_{\text{dip 1fasa}} = \sqrt{(\Delta V_{\text{riel}})^2 + (\Delta V_{\text{imj}})^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{(\Delta V_{\text{imj}})}{(\Delta V_{\text{riel}})} \right)$$

Keterangan :

$$\Delta V_{\text{riel}} = V_{1 \text{ riel}} + V_{2 \text{ riel}} + V_{0 \text{ riel}}$$

$$\Delta V_{\text{imj}} = V_{1 \text{ imj}} + V_{2 \text{ imj}} + V_{0 \text{ imj}}$$

Titik Gangguan	Kedip Tegangan		
	3 Fasa (Volt)	2 Fasa (Volt)	1 Fasa (Volt)
0%	0,000 \angle 0,000	34.121,451 \angle 56,310	11.547,005 \angle 0,000
10%	1.053,160 \angle -84,770	33.896,823 \angle 57,001	11.533,013 \angle -0,117
20%	2.590,845 \angle -80,876	33.285,613 \angle 58,570	11.490,114 \angle -0,460
30%	4.198,061 \angle -77,890	32.394,945 \angle 60,563	11.417,543 \angle -1,016
40%	5.770,135 \angle -75,539	31.315,328 \angle 62,767	11.315,259 \angle -1,777
50%	7.273,995 \angle -73,646	30.114,611 \angle 65,080	11.183,846 \angle -2,738
60%	8.701,635 \angle -72,092	28.843,444 \angle 67,456	11.024,438 \angle -3,898
70%	10.054,540 \angle -70,796	27.541,141 \angle 69,872	10.838,669 \angle -5,259
80%	11.337,678 \angle -69,699	26.240,100 \angle 72,315	10.628,642 \angle -6,826
90%	12.557,025 \angle -68,759	24.968,915 \angle 74,778	10.396,917 \angle -8,609
100%	13.718,549 \angle -67,945	23.754,496 \angle 77,254	10.146,519 \angle -10,619



Gambar diatas memperlihatkan nilai kedip tegangan saat terjadi gangguan 3 fasa yaitu semakin jauh jarak gangguan pada penyulang maka tegangan kedip juga akan meningkat ini dikarenakan ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa maka akan terjadi perubahan sudut fasor yaitu pada fasa R-S-T sehingga terjadi ketidakstabilan pada nilai kedip tegangan dan membuat nilai kedip tegangan 3 fasa meningkat seiring dengan titik gangguan pada saluran. Sedangkan untuk nilai kedip tegangan saat terjadi gangguan 2 fasa dan 1 fasa yaitu semakin jauh jarak gangguan pada penyulang maka

tegangan kedip juga akan mengecil. Nilai kedip tegangan terjadi sesaat saja karena ketika relai proteksi bekerja, maka CB/PMT akan membuka sehingga tegangan penyulang akan menjadi 0 volt.

Kedip tegangan terbesar yaitu saat terjadi gangguan 2 fasa yaitu fasa R dan S yaitu 34.121,451 Volt. Hal ini terjadi saat fasa R-S terhubung singkat, maka fasa yang tidak terhubung (fasa T) tegangannya akan meningkat melebihi tegangan sistem (20 kV).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan sejak tanggal 17 s/d 24 Mei 2023 yaitu dengan memberikan pelatihan instalasi listrik rumah sederhana dan pemasangan lampu penerangan jala umum di Kampung Sanggaria Arso 1 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perhitungan diperoleh arus hubung singkat untuk gangguan untuk gangguan 3 fasa ke tanah titik gangguan 100% adalah yang terbesar yaitu 1.647,989 A $\angle 67,945^\circ$ untuk gangguan hubung singkat fasa ke fasa titik gangguan 100% adalah 1.427,200 A $\angle 67,945^\circ$, dan gangguan 1 fasa ke tanah pada titik 100% adalah yang terkecil yaitu 249,628 A $\angle 20,853^\circ$.
2. Dari perhitungan diperoleh kedip tegangan pada saat terjadi gangguan hubung singkat untuk gangguan 3 fasa pada titik 100% adalah 13.718,549 V $\angle -67,945^\circ$, untuk kedip tegangan fasa ke fasa yaitu fasa R dan S pada titik 100% adalah yang terbesar yaitu 23.754,496 V $\angle 77,254^\circ$, dan kedip tegangan 1 fasa pada titik 100% adalah yang terkecil yaitu 10.146,519 V $\angle -10,619^\circ$.

5.2. Saran

Dari hasil kesimpulan diatas maka dapat disarankan sebagai berikut:

1. Perhitungan arus gangguan hubung singkat dan kedip tegangan dapat dianalisis lebih baik jika menggunakan software seperti ETAP dan MATLAB.
2. Kedip tegangan akibat hubung singkat dalam diminimalisir kejadiannya dengan melakukan perampalan (pemangkasan pohon) secara rutin untuk menjaga jarak antara pohon dan penghantar pada saluran. Adapula cara kedua yaitu dengan cara menggantikan saluran SUTM (Saluran Udara Tegangan Menenga) menjadi SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah) yang tidak terpengaruh oleh cuaca walaupun membutuhkan biaya lebih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kedip Tegangan (Voltage Sags) Pada Jaringan 20 KV Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang Jeruk Di Gardu Induk Sentani**” yang merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik, dapat terselesaikan. Terwujudnya Tugas Akhir ini, tidak lepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Afner S. Sinaga, S.T., M.Eng., dan Ibu Rosalina N. Revassy S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan II, yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran, dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Staf Dosen dan Tata Usaha di lingkungan jurusan Teknik Elektro yang membantu dalam proses Tugas Akhir.
3. Keluarga yang selalu mendoakan dan menyemangati.
4. Bapak Bayu Purnomo P, S.T., M.Eng. dan Bapak Sateus Y. Noiya, S.T. yang telah membantu dan mendukung dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
5. Teman-teman seangkatan 2018 Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan.

DAFTAR PUSTAKA

A Aidil, Febrianto & Salim, Agus (2019). Analisis Kedip Tegangan Pada System Distribusi Tenaga Listrik 20 KV. Makassar.

Ambo, Ferdianto (2019). Analisa Perhitungan Dan Pengaturan Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Transformator 70/20 kV Di Gardu Induk Sentani, Penyulang Jeruk. Jayapura.

Dwipayana dkk (2016). Analisis Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang Abang di Karangasem. Bali. Daryanto dan teman-teman. Teknik Pengerjaan Listrik. 2016. Jakarta: Bumi Aksara. Ekawati, Risma. Mengenal Fiber Optik. 2021. Bandung: CV Media Sains Indonesia.

IEEE Standards Board (1995). Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality (United States of America, New York). <https://www.academia.edu>

Iksan, Venna Athyna Rahmatika (2016). Analisa Kedip Tegangan Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 kV Akibat Hubung Singkat Pada Penyulang Pedan 1 Klaten. Surakarta.

Mulya dkk (2016). Pemodelan Saluran Udara Untuk Menghitung Impedansi Urutan Dengan Metode Carson Pada Penyulang Katu Gardu Induk Manggala PT. PLN (Persero) Distribusi Lampung. Bandar Lampung.

Pawawoi, Andi (2009). Analisis Kedip Tegangan (Voltage Sags) Akibat Penghasutan Motor Induksi Dengan Berbagai Metode Penghasutan Studi Kasus Di PT.

ABAI SIAT RAYA. Padang.

SPLN (1985). Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah. Jakarta.