

ANALISIS PENGARUH JARAK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TERHADAP KEDIP TEGANGAN DI BUSBAR GARDU INDUK 20 KV PLN CILEGON BARU

Ahmad Junaedi
Departemen Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Fatahillah
Cilegon-Banten
Email: junaedishiddiq@gmail.com

Abstrak

Kedip Tegangan adalah suatu peristiwa terjadinya penurunan tegangan disuatu jaringan sistem distribusi tenaga listrik dalam waktu singkat. Hal ini terjadi karena antara lain adanya hubung singkat satu fasa ke tanah, fasa ke fasa dan 3 fasa. Kedip tegangan walaupun dalam waktu yang sangat singkat (orde detik), akan berakibat rusaknya peralatan elektronik yang tersambung dengan sistem tenaga listrik tersebut, seperti Programmable Logic Controller (PLC), Komputer, Rele-rele elektronik dan Kontaktor. Kerusakan peralatan tersebut akan mengakibatkan terhentinya layanan daya listrik kepada konsumen. Secara umum dilakukannya penelitian ini adalah untuk memenuhi kewajiban sebagai dosen disuatu perguruan tinggi, sesuai dengan Tri Dharma Perguruan Tinggi, sedangkan tujuan khusus dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak gangguan hubung singkat fasa-tanah, fasa-fasa dan 3 fasa pada Jaringan Distribusi Daya Listrik terhadap besarnya Teaganagn Kedip dan Penurunan Tegangan di busbar. Pendekatan dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penelitian dan pengembangan . Dari hasil penelitian didapat bahwa kedip tegangan terjadi karena adanya hubung singkat fase keteanah, fasa ke fasa dan hubung singkat tiga fasa. Untuk semua jenis gangguan tersebut nilai Kedip Tegangan (Voltage Dips) berbanding lurus dengan jarak gangguan. Penurunan tegangan (voltage sag) berbanding terbalik dengan jarak gangguan, dan besarnya arus hubung singkat berbanding terbalik dengan jarak gangguan.

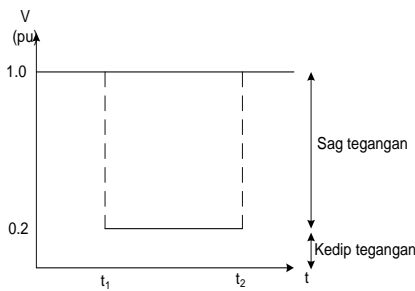
Kata kunci: Jarak gangguan, Kedip Tegangan dan Penurunan tegangan

I. PENDAHULUAN

Dalam penyaluran energi listrik pada sistem distribusi baik di jaringan tegangan menengah maupun jaringan tegangan rendah perlu dijaga kualitas dari tegangan yang akan disalurkan. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga nilai dari mutu listrik yang akan dipergunakan oleh konsumen yang memerlukannya.

Untuk menjaga agar nilai mutu listrik yang dihasilkan tetap memiliki kualitas yang baik bukanlah suatu hal yang mudah. Hal tersebut dikarenakan adanya gangguan-gangguan yang sering terjadi didalam sistem distribusi tenaga listrik, sehingga kualitas listrik yang akan disalurkan kepada konsumen menjadi terganggu. Salah satu jenis gangguan yang dapat mengakibatkan turunnya mutu penyaluran listrik adalah gangguan satu fasa ketanah (yang bersifat sementara). Gangguan tersebut adalah jenis gangguan yang sering terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik dan gangguan tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan tegangan dalam waktu yang relatif singkat di suatu sistem distribusi atau biasa disebut "Kedip

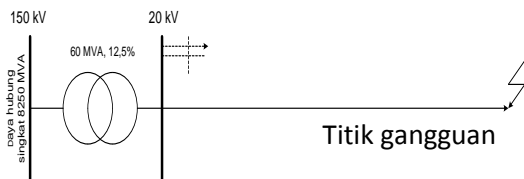
Tegangan". Peristiwa kedip tegangan ini meskipun berlangsung dalam waktu yang relatif singkat tetapi dapat memberikan dampak tidak dapat berfungsinya peralatan elektronika yang sensitif terhadap adanya variasi tegangan, peralatan-peralatan elektronik seperti : komputer, PLC (Programmable Logic Controller), dan peralatan kontrol (rele, kontaktor, dll) tidak dapat bekerja dengan baik dikarenakan adanya peristiwa kedip tegangan ini. Kedip tegangan (*Voltage Dips*) didefinisikan sebagai penurunan nilai tegangan efektif (rms) antara 0.1 sampai 0.9 pu selama periode waktu 0,5 cycle (1/120 detik) sampai dengan satu menit Gambar penurunan tegangan (*Voltage Sag*) dan kedip tegangan diperlihatkan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Penurunan Tegangan (*Voltage sag*) dan Kedip Tegangan (*Voltage Dips*).

Dari gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa untuk kedip tegangan sebesar 20% dapat diartikan sebagai terjadinya penurunan tegangan (*voltage sag*) pada sistem sebesar 80% sehingga menghasilkan kedip sebesar 20%.

Untuk menghitung Kedip Tegangan akibat adanya gangguan disuatu tempat dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 2. Sistem tenaga listrik dengan gangguan diujung Saluran.

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Hitung Impedansi sumber urutan positif (Z_{1S}), dengan rumus :

$$Z_{1S} = \frac{V^2}{S_{hs}} \dots\dots\dots 2.1$$

Z_{1S} = Impedansi urutan positif sumber, [Ω]
 V = Tegangan sumber, [Volt].
 S_{hs} = Daya semu, [MVA].

2. Hitung Impedansi urutan positif Transformator (Z_{1T}), dengan rumus :

$$Z_{1T} = \frac{V^2}{S} \dots\dots\dots 2.2$$

3. Hitung arus gangguan pada fasa dengan rumus sebagai berikut :

a. Rumus gangguan Fasa – Tanah :

$$I_{r1fasa} = \frac{\sqrt{3} E_{ff}}{R_0 + 2R_1 + 3R_2 + j(2X_1 + X_0)} \dots\dots\dots 2.3$$

E_{ff} = Tegangan efektif = tegangan pada system, [kV].

R_0 = Resisten urutan Nol, [Ω]

R_1 = Resistansi urutan positif, [Ω]

R_2 = Resistansi urutan negatif, [Ω]

b. Rumus gangguan Fas-Fasa :

$$I_{r2fasa} = \frac{\sqrt{3} E_{fn}}{R_1 + R_2 + j(X_1 + X_2)} \dots\dots\dots 2.4$$

E_{fn} = Tegangan fasa – netral, [Volt]

c. Rumus gangguan 3 Fasa

$$I_{r3fasa} = \frac{E_{fn}}{Z_1 + Z_f} = \frac{E_{fn}}{R_1 + jX_1} \dots\dots\dots 2.5$$

4. Menghitung tegangan riel dan imajiner masing-masing gangguan.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif, obyek penelitian di Gardu Induk 20 kV PLN Cilegon Baru dan jaringan distribusi yang tersambung di Busbar di Gardu Induk tersebut. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, observasi, dan studi dokumentasi. Teknis analisis dilakukan dengan cara menghitung secara manual besarnya kedip tegangan di busbar di Gardu Induk 20 kV Cilegon Baru pada saat terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah, fasa ke fasa (dua fasa), dan hubung singkat 3 fasa pada jaringan distribusi 20 kV, dengan jarak 100 % (23 km), 75 % (17,25 km), 50 % (11,5 km), dan 25 % (5,75 km) dari busbar yang ada pada Gardu Induk tersebut.

III. PEMBAHASAN DAN HASIL

1. Pembahasan

a. Data Jaringan.

- 1) Tegangan Gardu Induk PLN Cilegon Baru= 20 kV.
- 2) Kapasitas Transformator = 60 MVA
- 3) Jumlah= 2 unit.
- 4) Impedansi = 12,5%.
- 5) Tahanan pem bumian= 40 Ω
- 6) Daya pada saat hubung singkat pada sisi 150 kV= 8.250 MVA.
- 7) Panjang jaringan distribusi= 23 km.
- 8) Jenis Penghantar adalah *All Aluminium Alloy Conductor (AAAC)* dengan penampang 70 mm².

b. Perhitungan Kedip Tegangan

Impedansi sumber (Z_{1S}) :

$$Z_{1S} = \frac{V^2}{S_{hs}} = \frac{20^2}{8250} = 0,048485\Omega$$

Impedansi trafo (Z_{1T}) :

$$Z_{1T} = 12,5\% \times \frac{V^2}{S} = 12,5\% \times \frac{20^2}{60} = 0,8333\Omega$$

Karena untuk trafo pada umumnya $X_1 = X_2 = X_0$, maka :

$$X_{1T} = X_{2T} = X_{0T} = j0,8333\Omega$$

Impedansi saluran urutan positif = 0,4608 + j0,3572 Ω /km

Impedansi saluran urutan nol = 0,6088 + j1,6447 Ω /km

Impedansi jaringan

Jenis penghantar yang dipergunakan (All Aluminium Alloy Conductor) AAAC dengan penampang 70 mm² dan panjang saluran 23 km, impedansi urutan positif dan negatif $Z_{1jar} = Z_{2jar} = (j0,048485 + j0,8333) = 0,834743 \angle 1,57^0 \Omega$ /km, sedangkan untuk impedansi urutan nol $Z_{0jar} = 3 \times 40 = 120 \angle 0^0 \Omega$ /km.

1) Gangguan Hubung Singkat Fasa-Tanah

a) Pada Ujung Saluran (100 %)

$$R_0 = 0,6088 \times 23 = 14 \Omega$$

$$R_1 = 0,4608 \times 23 = 10,5984 \Omega$$

$$X_1 = 0,3572 \times 23 + 0,048485 + 0,8333 = 9,097418 \Omega$$

$$X_0 = 1,6447 \times 23 = 37,8281 \Omega$$

b) Arus Gangguan Fasa-Tanah :

$$I_{f1fasa} = \frac{\sqrt{3} E_{ff}}{R_0 + 2R_1 + 3R_1 + j(2X_1 + X_0)}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 20000}{14 + 2(10,5984) + 3(40) + j(2(9,097418) + 37,8281)}$$

$$= \underline{209,94 \angle -0,35^0 \text{ A}}$$

c) Tegangan Urutan Pada Saat Gangguan Fasa-Tanah :

(1) Tegangan Urutan Positif.

(a) Tegangan Riel

$$V_{1riel} = V_{bus} - \frac{I_{f1fasa}}{3} \times Z_{1jar} \cos(\alpha)$$

$$V_{1riel} = \left(\frac{20000}{\sqrt{3}} \right) - \frac{209,94}{3} \times 0,834743 \cos(-0,35^0 + 1,57^0)$$

$$V_{1riel} = 11547 - 19,869 = \underline{11527,14 \text{ Volt}}$$

(b) Tegangan Imajiner

$$V_{1imj} = 0 - \frac{I_{f1fasa}}{3} \times Z_{1jar} \sin(\alpha)$$

$$V_{1imj} = 0 - \frac{209,94}{3} \times 0,834743 \sin(0,35^0 + 1,57^0)$$

$$V_{1imj} = -54,906 \text{ Volt}$$

(2) Tegangan Urutan Negatif

(a) Tegangan Riel

$$V_{2riel} = - \frac{I_{f1fasa}}{3} \times Z_{2jar} \cos(\alpha)$$

$$V_{2riel} = - \frac{209,94}{3} \times 0,834743 \cos(-0,35^0 + 1,57^0)$$

$$V_{2riel} = \underline{-19,8 \text{ Volt}}$$

(b) Tegangan Imajiner

$$V_{2imj} = - \frac{I_{f1fasa}}{3} \times Z_{2jar} \sin(\alpha)$$

$$V_{2imj} = - \frac{209,94}{3} \times 0,834743 \sin(-0,35^0 + 1,57^0)$$

$$V_{2imj} = \underline{-54,9 \text{ Volt}}$$

(3) Tegangan Urutan Nol.

(c) Tegangan Riel

$$V_{0riel} = - \frac{I_{f1fasa}}{3} \times Z_{0jar} \cos(\alpha)$$

$$V_{0riel} = - \frac{209,94}{3} \times 120 \cos(-0,35^0 + 0^0)$$

$$V_{0riel} = -7898,9 \text{ Volt}$$

(d) Tegangan Imajiner

$$V_{0imj} = - \frac{I_{f1fasa}}{3} \times Z_{0jar} \sin(\alpha)$$

$$V_{0imj} = - \frac{209,94}{3} \times 120 \sin(-0,35^0 + 0^0)$$

$$V_{0imj} = 2851,3 \text{ Volt}$$

(4) Tegangan Pada Fasa a (fasa yang terganggu):

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

$$= 11527,17 - 19,8 - 7898,9$$

$$= 3608,4 \text{ Volt}$$

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

$$= -54,9 - 54,9 + 2851,3$$

$$= 2741,4 \text{ Volt}$$

2) Kedip Tegangan Untuk Gangguan Fasa Tanah Pada Ujung Saluran :

$$|V_a| = \sqrt{(V_{ariel})^2 + (V_{aimj})^2}$$

$$= \sqrt{3608,4^2 + 2741,4^2}$$

$$= 4531,68 \text{ Volt}$$

Dengan cara yang sama, panjang jaringan 75% (17,25 km), 50% (11,5km) dan 25% (5,75 km) dari busbar serta nilai resistansi dan rektansi yang dimiliki sesuai dengan panjang jaringan tersebut, didapat Kedip tegangan sebagaimana tabel berikut ini.

Tabel 1. Nilai Kedip Tegangan Akibat Hubung Singkat Fasa-Tanah

No	Panjang Saluran		Arus Gangguan (Ampere)	Nilai Kedip Tegangan (Volt)	Penurunan Tegangan (Vsag), %
	%	km			
1	100	23	209,94	4.531,68	77,34
2	75	17,25	227,26	3.680,51	81,59
3	50	11,5	246,38	2.662,32	86,69
4	25	5,75	267,07	1.446,46	92,77

Berdasarkan perhitungan dan tabel 1 diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Arus hubung diatas dapat singkat terbesar terjadi pada gangguan paling dekat dengan busbar (25% dari panjang saluran) sebesar 267,07 A.
2. Nilai kedip tegangan terkecil terjadi pada jarak gangguan 11,57 km (50%) yaitu sebesar 2.662,32 Volt , yang menyebabkan penurunan tegangan (*Voltage sag*) terbesar yaitu sebesar 86,69 % dari nilai tegangan di busbar. 86,69% didapat dari :

$$\frac{20000 - 2662,32}{20000} \times 100 \% = 86,69 \%$$

3. Gangguang yang terjadi di 25% panjang saluran, bukan merupakan nilai kedip tegangan karena melebihi dari 0,9 pu atau 90 % dari tegangan busbar (standar
4. Dari hasil analisis melalui perhitungan yang dituangkan dalam tabel 1, dapat disimpulkan bahaw: a) besarnya arus gangguan berbanding terbalik dengan jarak gangguan, b) besarnya kedip tegangan berbanding lurus dengan jarak gagnggua dan c) besarnya penurunan tegangan (*Voltage sag*) akibat kedip tegangan berbanding terbalik dengan jarak gangguan.

Tabel 2. Nilai Kedip Tegangan Akibat Hubung Singkat Fasa-Fasa

No	Panjang Saluran		Arus Gangguan (Ampere)	Nilai Kedip Tegangan (Volt)	Penurunan Tegangan %
	%	km			
1	100	23	715,95	18.717,61	6,4
2	75	17,25	941,58	18.308,06	8,5
3	50	11,5	1.373,89	17.517,02	12,41
4	25	5,75	2.528,70	15.373,34	23,13

Berdasarkan perhitungan dan tabel 2 diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Arus hubung singkat terbesar terjadi pada gangguan paling dekat dengan busbar (25% dari panjang saluran) sebesar 2.528,70 A.
2. Nilai kedip tegangan (*Voltage Dips*) terkecil terjadi pada gangguan paling dekat dengan busbar (25% dari panjang saluran) yaitu sebesar 15.373,34 Volt, yang mengakibatkan penurunan tegangan (*Voltage sag*) sebesar 23,13 % dari nilai tegangan Fasa-fasa pada busbar. 23,13 %

$$\frac{20000 - 15373,34}{20000} \times 100\% = 23,13 \%$$

Tabel 3. Nilai Kedip Tegangan Akibat Hubung Singkat 3 Fasa

No	Panjang Saluran		Arus Gangguan (Ampere)	Nilai Kedip Tegangan (Volt)	Penurunan Tegangan (Volt.Sag), (%)
	%	km			
1	100	23	826,71	19.201,50	4
2	75	17,25	1.087,24	18.939,51	5,3
3	50	11,5	1.586,44	18.423,60	7,8
4	25	5,75	2.919,90	16.954,68	15,22

Berdasarkan perhitungan dan tabel 3 diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Arus hubung singkat terbesar terjadi pada gangguan paling dekat dengan busbar (25% dari panjang saluran) sebesar 2.919,90 A.
2. Nilai kedip tegangan (*Voltage Dips*) terkecil terjadi pada gangguan paling dekat dengan busbar (25% dari panjang saluran) yaitu sebesar 16.954,68 volet yang menyebabkan penurunan tegangan sebesar 15, 22% dari tegangan fase-fase. Nilai tersebut didapat dari :

$$\frac{20000 - 16954,68}{20000} \times 100\% = 15,22\%$$

Tabel 4. Nilai Kedip Tegangan

No	Panjang Saluran		Nilai Kedip Tegangan (Volt)			Penurunan Tegangan (Voltage Sag), (%)		
	%	km	F-T	F-F	3F	F-T	F-F	3F
1	100	23	4.531,68	18.717,61	19.201,5	77,34	6,4	4
2	75	17,25	3.680,51	18.308,6	18.939,51	81,59	8,5	5,3
3	50	11,5	2.662,32	17.517,02	18.432,6	86,69	12,41	7,8
4	25	5,75	1.446,46	15.373,34	16.954,68	92,77	23,13	15,22

Berdasarkan data pada tabel 4 diatas didapat hal-hal sebagai berikut:

1. Nilai kedip Tegangan (*Voltage Dips*) terkecil terjadi pada gangguan fase-tanah sebesar 2.662,32 lt padVoa jarak gangguan 11,5km yang mengakibatkan penurunan tegangan (*Voltage sag*) sebesar 86,69%.
2. Untuk jarak gangguan 25% (5,75km) dari busbar, kedip tegangan (*Voltage Dips*) terkecil terjadi pada gangguan fasa-fasa yaitu sebesar 15.373,34Volt.
3. Nilai kedip tegangan (*Voltage Dips*) untuk semua jenis gangguan berbanding lurus dengan jarak gangguannya. Penurunan tegangan (*Voltage sag*) berbanding terbalik dengan jarak gangguan dari busbar.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kedip tegangan (*Voltage Dips*) dapat terjadi karena adanya gangguan pada saluran SUTM baik gangguan satu fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa, dan gangguan tiga fasa.
2. Pada gangguan hubung singkat fasa-tanah, nilai kedip tegangan (*Voltage Dips*) terkecil terjadi pada jarak gangguan 50 % (11,5km) dari busbar.
3. Untuk semua jenis gangguan, nilai kedip tegangan (*voltage dips*) berbanding lurus dengan jarak gangguan. Penurunan tegangan (*Voltage sage*) berbanding terbalik dengan jarak gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- Sumani, S. (2004). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PLN Press.
- Sumani, S. (2004). *Komponen Simetris*. Jakarta: UI Press.
- Dugan, R.C. (1996). *Electrical Power System Quality*. New York: McGraw-Hill,
- Heine, P. and Lehtonen, M. and Lakervi, E.(2001). *Voltage Sag Analysis Taken into Account in Distribution Network Design*. Portugal: Porto Power Tech.
- Gonen,T. (1986). *Electric Power Distribution System Engineering*. New York McGraw-Hill, Inc.
- Marsudi, D, (2006), *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Graha Ilmu, Yogyakarta. Saadat, H. (1999) *Power System Analysis*. Nw York: WCB Mc Graw- Hill.
- Glover, D, (1986), *Power System Analysis and Design*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Panjaitan, B. (2012). *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi.