

ANALISIS KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG ABANG DI KARANGASEM

I Made Yoga Dwipayana¹, I Wayan Rinas², I Made Suartika³

Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Email: yogadwipayana11@gmail.com¹, rinas@unud.ac.id², suartika_made26@yahoo.com³

ABSTRAK

Penyulang Abang merupakan penyulang dengan konfigurasi sistem distribusi tipe radial dengan suplai tenaga listrik dari GI Amlapura dan PLTS Karangasem. Gangguan hubung singkat pada penyulang dapat menyebabkan kedip tegangan yang akan dirasakan oleh pelanggan yang disuplai dari transformator yang sama. Titik lokasi gangguan untuk analisis perhitungan kedip tegangan diasumsikan 25%, 50%, 75%, dan 100% dari panjang penyulang Abang. Simulasi pemulihan kedip tegangan menggunakan dynamic voltage restore yang terpasang pada salah satu beban dalam program Matlab-Simulink. Hasil perhitungan kedip tegangan 1 fasa ke tanah adalah sebesar 114 V, 169 V, 229 V, 287 V sedangkan perhitungan kedip tegangan 3 fasa adalah sebesar 98 V, 194 V, 279 V, 376 V. Hasil simulasi pemulihan kedip tegangan 1 fasa ke tanah dengan dynamic voltage restorer dapat memulihkan tegangan sebesar 0,2053 pu dengan waktu pemulihan 0,01 s. Simulasi pemulihan kedip tegangan 3 fasa dengan dynamic voltage restorer dapat memulihkan fasa A sebesar 0,0736 pu, fasa B sebesar 0,0507 pu dan fasa C sebesar 0,0866 pu dengan waktu pemulihan 0,01 s.

Kata Kunci: Kedip Tegangan, Dynamic Voltage Restorer

ABSTRACT

Abang feeder is a feeder with a radial distribution system configuration with power supply of GI Amlapura and PLTS Karangasem. Short circuit on a feeder cause voltage sag to be perceived by customers supplied from the same transformer. Point fault location for voltage sag analysis calculations assumed to be 25%, 50%, 75%, and 100% of the length of feeder Abang. Recovery simulation voltage sag using dynamic voltage restore mounted on one load in program Matlab-Simulink. The result of the voltage sag calculation one phase to ground is 114 V, 169 V, 229 V, 287 V and voltage sag calculation three phase is 98 V, 194 V, 279 V, 376 V. The simulation results of recovery voltage sag one phase to ground is dynamic voltage restorer recovery of 0,2053 pu with recovery time 0,01 s. Simulation recovery voltage sag three phase is dynamic voltage restorer recovery the phase A of 0,0736 pu, phase B of 0,0507 pu and phase C of 0,0866 pu with recovery time 0,01 s.

Keywords: Voltage Sag, Dynamic Voltage Restorer

1. PENDAHULUAN

Gangguan hubung singkat pada penyulang dengan konfigurasi sistem radial menyebabkan kedip tegangan yang akan dirasakan oleh pelanggan yang disuplai dari transformator yang sama. Kedip tegangan tidak dapat dihindari karena saat terjadi gangguan tidak dapat diketahui dengan pasti, sehingga perlu dilakukan antisipasi apabila terjadi kedip tegangan pada sisi sumber agar tidak mengakibatkan terganggunya tegangan pada sisi beban. Untuk menghitung kedip tegangan yang terjadi pada penyulang Abang, terlebih dahulu dihitung nilai gangguan hubung singkat yang terjadi pada saat gangguan 1 fasa ke tanah dan 3 fasa dengan

memperhitungkan nilai batas maksimum dan minimum dari gangguan yang terjadi.

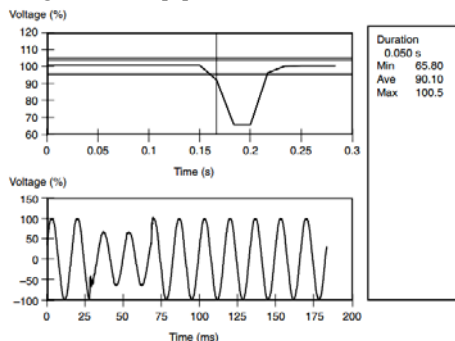
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kedip Tegangan

Kedip tegangan adalah penurunan nilai rms tegangan pada frekuensi daya selama durasi waktu dari 0,5 cycles (0,01 detik) sampai 1 menit. Rentang perubahan dari 0,1 sampai 0,9 pu pada harga rms besaran tegangan [1].

Kedip tegangan 70% terjadi akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang terjadi di suatu titik pada sistem. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah menyebabkan kedip tegangan pada penyulang yang lain dari gardu induk yang

sama. Kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat tiga fasa terjadi karena peristiwa *switching* atau *tripping* dari *circuit breaker* (PMT) tiga fasa. Bentuk gelombang terjadinya kedip tegangan dapat dilihat pada gambar 1 [2].



Gambar 1. Kedip Tegangan

2.2 Gangguan Hubung Singkat

Tujuan perhitungan gangguan hubung singkat adalah untuk menghitung arus maksimum dan minimum gangguan, sehingga rancangan pengaman, relai dan pemutus yang tepat bisa dipilih untuk melindungi sistem dari kondisi yang tidak normal dalam waktu yang singkat [3].

Perhitungan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah digunakan persamaan (1):

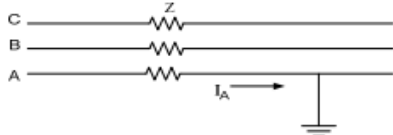
$$I = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

Keterangan:

$V = 3 \times$ tegangan fasa – netral

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

Pada gambar 2 dapat dilihat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah.



Gambar 2. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Perhitungan gangguan hubung singkat tiga fasa digunakan persamaan (2):

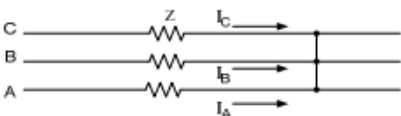
$$I = \frac{V}{Z} \quad (2)$$

Keterangan:

$V =$ tegangan fasa – netral

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

Pada gambar 3 dapat dilihat gangguan hubung singkat 3 fasa.



Gambar 3. Gangguan hubung singkat tiga fasa

2.3 Dynamic Voltage Restorer (DVR)

DVR adalah alat yang digunakan untuk mengatasi kedip tegangan. DVR berfungsi untuk mendeteksi kedip tegangan yang terjadi pada saluran kemudian menginjeksikan tegangan untuk mengkompensasi kedip tegangan yang terjadi. Elemen-elemen dasar DVR adalah sebagai berikut [4]:

1. Unit penyimpanan energi DC

Berfungsi menyediakan kebutuhan daya aktif selama terjadi kompensasi oleh DVR. Biasanya digunakan baterai *Lead Acid*, *flywheel*, *super conducting magnetic energy storage* (SMES) dan *super capacitor*.

2. Voltage Source Inverter (VSI)

VSI berfungsi untuk mengkonversi tegangan DC yang dihasilkan oleh unit penyimpanan energi DC menjadi tegangan AC.

3. Filter Pasif

Filter pasif terdiri dari induktor dan kapasitor yang dapat diletakkan pada sisi tegangan rendah dari transformator penginjeksi tegangan. Penempatan filter pada sisi *inverter* dapat mengurangi harmonisa yang bersumber dari VSI untuk masuk pada transformator.

4. Transformator Injeksi

Transformator injeksi berfungsi untuk menaikkan tegangan *supply* AC yang dihasilkan oleh VSI menjadi tegangan yang dibutuhkan untuk memulihkan kedip tegangan.

3. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Timur. Tahapan-tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian, antara lain: data transformator tenaga, data saluran distribusi dan data penyulang Abang.
2. Menghitung impedansi sumber, reaktansi trafo dan impedansi penyulang untuk enentukan impedansi ekivalen urutan positif, urutan negatif dan urutan nol.
3. Menghitung besar arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dan 3 fasa yang terjadi pada Penyulang Abang.
4. Menghitung besar kedip tegangan 1 fasa ke tanah dan 3 fasa yang terjadi pada Penyulang Abang.

5. Mensimulasikan kondisi di lapangan pada program Matlab Simulink untuk menampilkan bentuk gelombang saat terjadi kedip tegangan.
6. Mensimulasikan proses pemulihan kedip tegangan yang terjadi di penyulang Abang.
7. Menganalisis hasil simulasi dan menarik kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian adalah sebagai berikut.

4.1 Perhitungan Impedansi Sumber (Zs)

Pada perhitungan Zs diketahui spesifikasi trafo 14.100 kVA, tegangan primer 20kV dan nilai impedansi trafo 4%.

$$Z_s = \frac{kV^2}{MVA} \times Z(\%)$$

$$Z_s = \frac{20^2}{14.1} \times 0.04 = 0,045 \Omega$$

4.2 Perhitungan Reaktansi Trafo (Xt)

Perhitungan nilai reaktansi trafo pada 100% adalah sebagai berikut:

$$X_t \text{ (pada 100\%)} = \frac{20^2}{14.1} = 28,36 \Omega$$

Perhitungan reaktansi urutan positif, negatif dan nol sebagai berikut:

1. Reaktansi urutan positif dan urutan negatif ($X_{t1}=X_{t2}$)

$$X_{t1} = 3,82\% \times 28,36 \Omega$$

$$X_{t1} = 1,08 \Omega \text{ (urutan positif dan negatif)}$$

2. Reaktansi urutan nol (X_{t0})

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

$$X_{t0} = 3 \times 1,08 = 3,24 \Omega$$

4.3 Perhitungan Impedansi Penyulang (Z)

Perhitungan impedansi penyulang di titik lokasi gangguan 25%, 50%, 75% dan 100% yang terjadi pada penyulang Abang untuk urutan positif dan urutan negatif adalah sebagai berikut:

1. 25% = $(8.46+j12.93) \Omega$
2. 50% = $(16.93+j25.88) \Omega$
3. 75% = $(25.38+j38.82) \Omega$
4. 100% = $(33.86+j51.76) \Omega$

Perhitungan impedansi urutan nol adalah sebagai berikut:

1. 25% = $(13.47+j63.34) \Omega$
2. 50% = $(26.94+j126.70) \Omega$
3. 75% = $(40.42+j190.06) \Omega$
4. 100% = $(53.90+j253.42) \Omega$

4.4 Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan

Nilai impedansi ekuivalen positif dan impedansi ekuivalen negatif dapat dihitung dengan menjumlahkan Zs, Xt dan Zpenyulang.

Perhitungan impedansi ekuivalen urutan positif dan urutan negatif:

1. 25% = $(8.46+j14.05) \Omega$
2. 50% = $(16.93+j27.01) \Omega$
3. 75% = $(25.38+j39.95) \Omega$
4. 100% = $(33.86+j52.88) \Omega$

Perhitungan impedansi ekuivalen nol dihitung berdasarkan sistem pentanahan netral gardu induk dimana pentanahan tahanan sistem 20KV = 40Ω.

Perhitungan impedansi ekuivalen untuk urutan nol:

1. 25% = $(133.47+j66.58) \Omega$
2. 50% = $(146.94+j129.94) \Omega$
3. 75% = $(160.42+j193.30) \Omega$
4. 100% = $(173.90+j256.66) \Omega$

4.5 Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah untuk titik lokasi gangguan 25% adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{3 \times \frac{380}{\sqrt{3}}}{(8.46+j15.14)+(8.46+j15.14)+(133.47+j66.58)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{380}{\sqrt{3}}}{150.39+j96.86} = \frac{660}{178.9 \angle 32.7^\circ} = 3,7 \angle 32,7^\circ A$$

Perhitungan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah untuk titik lokasi gangguan 50%, 75% dan 100% dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

(% Panjang)	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah (A)
25%	3,7 $\angle 32,7^\circ$
50%	2,6 $\angle 45,5^\circ$
75%	1,9 $\angle 52,2^\circ$
100%	1,5 $\angle 56,4^\circ$

Perhitungan gangguan hubung singkat 3 fasa pada titik gangguan 25% adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{8.46+j14.05}$$

$$I = \frac{220}{8.46 + j14.05} = \frac{220}{16 \angle 59^\circ} = 13,8 \angle 59^\circ \text{ A}$$

Perhitungan gangguan hubung singkat 3 fasa untuk titik lokasi gangguan 50%, 75% dan 100% dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

(% Panjang)	Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa (A)
25%	13,8 $\angle 59^\circ$
50%	7,1 $\angle 58^\circ$
75%	4,6 $\angle 57^\circ$
100%	3,5 $\angle 56^\circ$

4.6 Perhitungan Kedip Tegangan

Perhitungan kedip tegangan 1 fasa ke tanah dapat dihitung dengan menentukan tegangan urutan saat terjadi gangguan.

Perhitungan tegangan saat terjadi gangguan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{riel} &= V_{1riel} + V_{2riel} + V_{0riel} \\ V_{riel} &= 127 + 0.15 + (-23.9) = 103.25 \text{ Volt} \\ V_{imj} &= V_{1imj} + V_{2imj} + V_{0imj} \\ V_{imj} &= (-4.9) + (-4.9) + (-39.3) = -48.7 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Perhitungan kedip tegangan gangguan 1 fasa ke tanah titik lokasi 25% adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{(V_{riel})^2 + (V_{imj})^2} \\ V &= \sqrt{(103.25)^2 + (-48.7)^2} \\ &= 114 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kedip tegangan 1 fasa ke tanah di titik gangguan 50%, 75% dan 100% dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kedip Tegangan 1 Fasa Ke Tanah

(% Panjang)	Kedip Tegangan (Volt)
25%	114
50%	169
75%	229
100%	287

Perhitungan kedip tegangan 3 fasa di titik gangguan 25% adalah sebagai berikut:

$$V = \sqrt{((25\% \times 8.46)^2 + (25\% \times 14.05)^2)} \times 13.8 \times \sqrt{3} = 98 \text{ V}$$

Hasil perhitungan kedip tegangan gangguan 3 fasa yang terjadi di titik gangguan 50%, 75% dan 100% dilihat pada tabel 4.

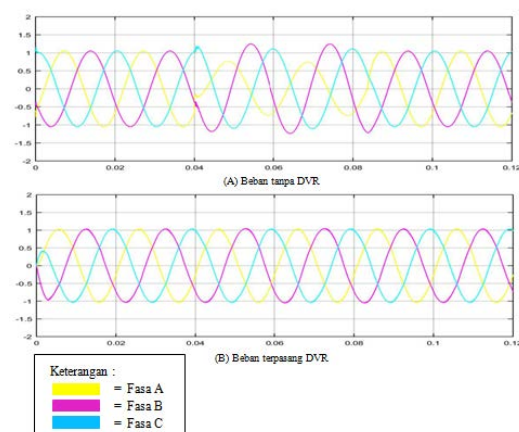
Tabel 4. Hasil Perhitungan Kedip Tegangan 3 Fasa

(% Panjang)	Kedip Tegangan (Volt)
25%	98
50%	194
75%	279
100%	376

4.7 Simulasi Pemulihan Kedip Tegangan

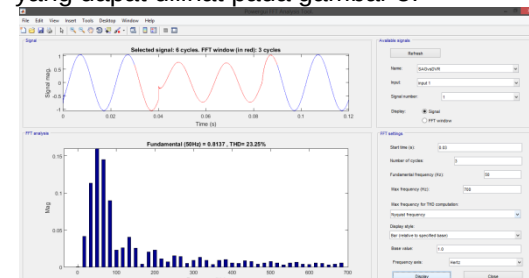
Gangguan yang terjadi disimulasi pemulihan kedip tegangan diasumsikan 0.04 detik sampai 0.08 detik dan resistansi gangguan 30 Ω .

Hasil simulasi pemulihan kedip tegangan 1 fasa ke tanah dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil simulasi pemulihan kedip tegangan 1 fasa ke tanah

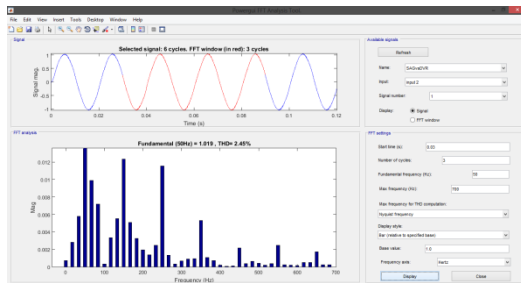
Dengan bantuan FFT tools pada Matlab-Simulink akan diperoleh kandungan THD dan keluaran gelombang pada beban yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Beban tanpa DVR

Pada beban tanpa DVR diperoleh kandungan THDv sebesar 23,25% dengan tegangan fundamental sebesar 0,8137pu.

Pada gambar 6 dapat dilihat hasil simulasi pada beban yang terpasang DVR.

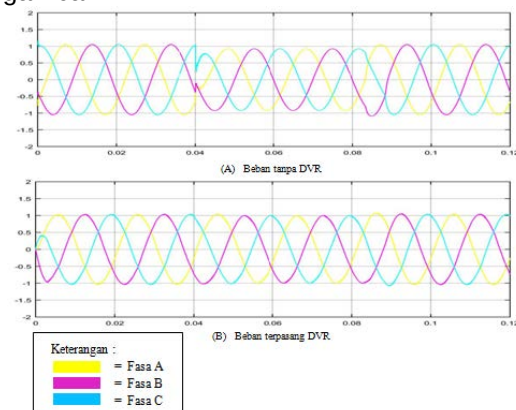


Gambar 6. Beban terpasang DVR

Pada beban yang terpasang DVR diperoleh kandungan THDv sebesar 2,45% dengan tegangan fundamental sebesar 1,019 pu.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa DVR telah mereduksi THDv dan memulihkan tegangan sebesar 0,2053 pu dengan waktu pemulihan 0,01 detik.

Hasil simulasi pemulihan kedip tegangan tiga fasa dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi pemulihan kedip tegangan 3 fasa

Kandungan THD dan keluaran gelombang tegangan pada beban masing-masing fasa dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Simulasi Pemulihan Kedip Tegangan Tiga Fasa

Fasa	Vfundamental (pu)		THDv (%)		V injeksi (pu)	Waktu Pemulihan (s)
	Tanpa DVR	DVR	Tanpa DVR	DVR		
A	0,9454	1,019	16,25	6,18	0,0736	0,01
B	0,9533	1,004	14,78	4,65	0,0507	0,01
C	0,9134	1	17,20	5,20	0,0866	0,01

Hasil simulasi menunjukkan keluaran dari filter pasif telah mereduksi THDv dan DVR telah melakukan injeksi

tegangan pada fasa A, fasa B dan fasa C yang mengalami penurunan nilai tegangan dengan waktu pemulihan 0.01 detik.

5. SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil dari pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- Hasil perhitungan kedip tegangan 1 fasa ke tanah pada titik lokasi gangguan 25%, 50%, 75%, dan 100% yang terjadi di penyulang Abang diperoleh sebesar 114 V, 169 V, 229 V, 287 V dan kedip tegangan akibat gangguan 3 fasa diperoleh sebesar 98 V, 194 V, 279 V, 376 V.
- Hasil simulasi pemulihan kedip tegangan 1 fasa ke tanah adalah pada beban tanpa DVR terlihat fasa A mengalami penurunan tegangan, sedangkan pada beban terpasang DVR terlihat DVR telah melakukan injeksi tegangan sebesar 0.2053 pu dengan waktu pemulihan 0.01 s. Hasil simulasi pemulihan kedip tegangan 3 fasa adalah pada beban tanpa DVR terlihat fasa ABC mengalami penurunan tegangan, sedangkan pada beban terpasang DVR terlihat DVR telah melakukan injeksi pada fasa A sebesar 0.0736 pu, fasa B sebesar 0.0507 pu dan fasa C sebesar 0.0866 pu dengan waktu pemulihan 0.01 s.

6. DAFTAR PUSTAKA

- IEEE Standard 1159-1995. *Power Quality Monitoring*. IEEE Standard Boards.
- Sitepu, R.E. Perhitungan Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang Unib Sistem Distribusi PLN Bengkulu. Bengkulu: Universitas Bengkulu; 2014.
- IEC Standard 909. *Short Circuit Analysis*.
- Sembiring, S.T, Gultom, G. Analisis Pemulihan Kedip Tegangan Akibat Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Menggunakan Dynamic Voltage Restore Pada Sistem Tiga Fasa Dengan Beban Bervariasi. 2012; 20(3). 1113-1131.