

ANALISA KEDIP TEGANGAN PADA SALURAN UDARA 20 KV AKIBAT GANGGUAN SATU PHASA KE TANAH BERDASARKAN JENIS KONDUKTOR PENYULANG

Oleh :

Hendi Matalata

Jurusan Teknik Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

dermahadihendi@yahoo.co.id

Abstrak

Sistem tenaga listrik dapat dikatakan memiliki keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan konsumen secara kontinyu, pada kenyataannya permasalahan yang dihadapi penyaluran sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (voltage sags) yang diakibatkan gangguan hubung singkat pada sisi penyulang. Penelitian ini menganalisa kedip tegangan yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV akibat gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah berdasarkan jenis konduktor yang digunakan pada sisi penyulang, kajian dilakukan dengan asumsi sistem penyaluran tanpa gardu hubung dan menggunakan konduktor AAC dan AAAC. Hasil penelitian menunjukkan besar magnitud arus gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah pada kedua konduktor menyerupai disepanjang penyulang, sedangkan besar kedip tegangan yang terjadi disepanjang penyulang menyerupai jika terjadi gangguan dititik 0% - 25% panjang penyulang dan terdapat perbedaan besar kedip tegangan apabila gangguan terjadi diatas 25% panjang penyulang. Dari penelitian ini dapat digunakan keperluan penyetelan proteksi pada sisi penyulang untuk menjaga keamanan dari penyaluran energi listrik.

kata kunci: hubung singkat, AAC, AAAC dan kedip tegangan

1. PENDAHULUAN

Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen sangat penting untuk dipelajari karena proses penyalurannya melalui beberapa tahap yaitu mulai dari pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) langsung ke gardu induk, dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), biasanya saluran ini energi listrik sudah dimanfaatkan industri berkapasitas besar. Melalui jaringan SUTM ini tenaga listrik disalurkan melalui gardu distribusi sekunder Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dan melalui SUTR tenaga listrik di salurkan ke konsumen.

Jaringan Distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk, dimana penyalurannya menggunakan konduktor saluran kabel melalui saluran udara. Gangguan-gangguan yang dialami oleh jaringan yang terpasang pada saluran udara tegangan menengah 20 KV, adalah gangguan-gangguan diakibatkan oleh petir,

binatang dan pohon yang terkena jaringan tenaga listrik sehingga dapat menimbulkan gangguan 1 phasa ketanah, gangguan 2 phasa dan gangguan 3 phasa, akibatnya penyaluran tenaga listrik terganggu atau mengalami pemadaman[1]. Analisa hubung singkat adalah bagian dari sistem tenaga listrik, guna menjaga keamanan dari penyaluran energi listrik. perlu memperhitungkan besar arus gangguan hubung singkat untuk keperluan penyetelan proteksi pada sisi penyulang.

Pada penelitian ini dilakukan kajian kedip tegangan (*voltage sags*) yang diakibatkan gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah berdasarkan jenis konduktor pada sisi penyulang, dimana konduktor yang digunakan adalah AAC (*All Aluminium Conductor*) dan AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kedip tegangan yang terjadi akibat gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah menggunakan persamaan sebagai berikut[1]:

2.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Pada gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang harus diperhatikan adalah impedansi yang digunakan, yaitu penjumlahan impedansi urutan positif, urutan negatif dan impedansi urutan nol nilai ekuivalen ($Z_{1+} Z_{2+} Z_0$) dan tegangan yang digunakan 3 x tegangan fasa ($3 \times V_{ph}$).

$$I_{f1ph} = \frac{(3 \cdot V_{ph})}{(Z_{1ekivalen} + Z_{2ekivalen} + Z_{0ekivalen})} \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} Z_{0ekivalen} &= 3 \cdot R_n + Z_0 \text{trafo} + Z_0 \text{penyulang} \\ Z_{1ekivalen} &= Z_{1ekivalen} \\ &= Z_{1trafo} + Z_{1sumber} + \\ &Z_{1penyulang} \end{aligned}$$

karena $Z_1 = Z_2$, maka :
 $R_1 = R_2$, $X_1 = X_2$, dan $X_{1T} = X_{2T}$, $X_{1G} = X_{2G}$

$$I_{f1ph} = \frac{3 \cdot V_{ph}}{\sqrt{((2R_{1jar} + R_{0jar} + 3R_n)^2 + ((2X_{1G}) + (2X_{1T}) + (2X_{1jar}) + X_{0jar} + X_{0T})^2)}} \dots\dots\dots (2)$$

- dimana :
- I_{f1ph} = arus gangguan satu fasa (Amper)
 - R_n = tahanan pentanahan trafo (Ohm)
 - R_{1jar} = resistansi urutan positif jaringan (Ohm/Km)
 - X_{1G} = reaktansi induktif urutan positif generator pembangkit (Ohm)

$$X_{1G} = \frac{(\text{Tegangan Sekunder})^2}{(\text{MVA}) \text{ hubung singkat}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\begin{aligned} X_{1T} &= \text{reaktansi induktif urutan positif} \\ &\text{trafo} \\ &(\text{Ohm}) \end{aligned}$$

$$X_{1T} = \frac{(\text{Tegangan Sekunder})^2}{(\text{MVA}) \text{Kapasitas Trafo}} \times \% \text{Reak. trafo} \dots\dots\dots (4)$$

- X_{1jar} = reaktansi induktif urutan positif jaringan (Ohm/Km)
- X_{0T} = reaktansi induktif urutan nol trafo (Ohm)

jika mempunyai belitan DELTA

$$X_{0T} = \frac{\text{Kapasitas Trafo (MVA)}}{\text{Kapasitas belitan Delta (MVA)}} \times X_{1T} \dots\dots\dots (5)$$

jika tidak mempunyai belitan DELTA

$$X_{0T} = 10 \times X_{1T}$$

X_{0jar} = reaktansi induktif urutan nol jaringan (Ohm/Km)

2.2 Kedip Tegangan (voltage sags)

1. Tegangan Urutan Positif
Persamaan tegangan riel dan imajiner urutan positif adalah sebagai berikut:

$$V_{+rirel} = V_{bus+} - \left(\frac{I_{f1ph}}{3} \times Z_{+ \text{penyulang}} \times \cos(\alpha) \right) \dots\dots\dots (6)$$

$$V_{+imj} = 0 - \left(\frac{I_{f1ph}}{3} \times Z_{+ \text{penyulang}} \times \sin(\alpha) \right) \dots\dots\dots (7)$$

2. Tegangan Urutan Negatif
Persamaan tegangan riel dan imajiner urutan negatif adalah sebagai berikut:

$$V_{-rirel} = 0 - \left(\frac{I_{f1ph}}{3} \times Z_{- \text{penyulang}} \times \cos(\alpha) \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$V_{-imj} = 0 - \left(\frac{I_{f1ph}}{3} \times Z_{- \text{penyulang}} \times \sin(\alpha) \right) \dots\dots\dots (9)$$

3. Tegangan Urutan Nol
Persamaan tegangan riel dan imajiner urutan nol adalah sebagai berikut:

$$V_{0rirel} = 0 - \left(\frac{I_{f1ph}}{3} \times Z_0 \text{penyulang} \times \cos(\alpha) \right) \dots\dots\dots (10)$$

$$V_{0imj} = 0 - \left(\frac{I_{f1ph}}{3} \times Z_0 \text{penyulang} \times \sin(\alpha) \right) \dots\dots\dots (11)$$

dimana:

- V_{+} = tegangan urutan positif (Volt)
- V_{-} = tegangan urutan negatif (Volt)
- V_0 = tegangan urutan nol (Volt)
- V_{bus+} = tegangan di bus urutan positif (Volt)
- α = penjumlahan sudut arus dan sudut impedansi (rad)
- $Z_{\text{penyulang}}$ = Impedansi jaringan sesuai lokasi gangguan (Ohm)

2.3 Konduktor Saluran 20 KV

Pada konduktor AAC (*All Aluminium Conductor*) dan AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) saluran 20 KV, untuk luas penampang 240 mm², GMR (*Geometric Mean Radius*) 6,6238 mm. Impedansi kawat

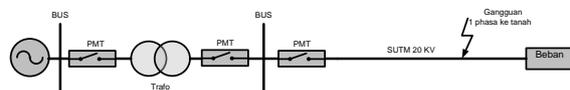
penghantar menurut SPLN 64 : 1995 diperlihatkan pada Tabel 1[2].

Tabel 1. Impedansi Konduktor

AAC (All Aluminium Conductor)		
Luas Penampang (mm ²)	Impedansi urutan Posotif (Ohm/Km)	Impedansi urutan Nol (Ohm/Km)
240	0,1225+ j0,3157	0,2705+ j1,6032
AAAC (All Aluminium Alloy Conductor).		
Luas Penampang (mm ²)	Impedansi urutan Posotif (Ohm/Km)	Impedansi urutan Nol (Ohm/Km)
240	0,1344+ j0,3158	0,2824+ j1,6034

3. METODOLOGI

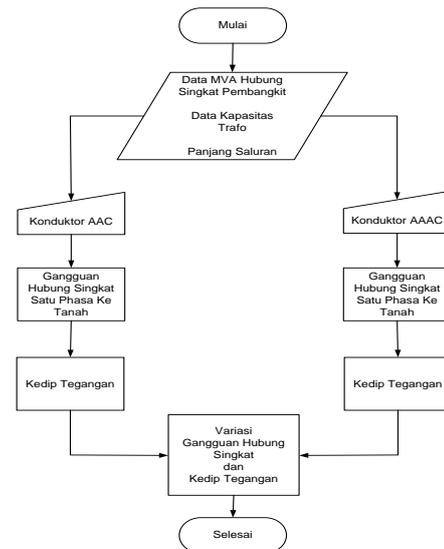
Penelitian ini mengkaji kedip tegangan pada sistem penyaluran 20 KV akibat gangguan satu fasa ke tanah, tanpa gardu hubung. SingleLine kajian penelitian ini di tunjukan pada gambar 1. dibawah.



Gambar 1. SingleLine Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Pada Sisi Penyulang

Untuk mengkaji kedip tegangan di sisi penyulang maka terlebih dahulu menghitung besar arus gangguan hubung singkat. Tujuan perhitungan gangguan hubung singkat adalah untuk menghitung magnitud arus hubung singkat maksimum dan minimum, sehingga dapat menentukan besar kedip tegangan yang terjadi disepanjang penyulang[3].

3.1. Model Alur Penelitian



Gambar 2. Alur Penelitian

3.2. Parameter - parameter Penelitian

Data yang di jadikan parameter untuk analisa kedip tegangan adalah data Trafo, data penyulang 20 KV dan MVA hubung singkat sisi pembangkit, dimana titik gangguan berada pada 25% dan 75% dari panjang penyulang menggunakan konduktor AAC dan konduktor AAAC, berikut asumsi parameter kajian penelitian yang dilakukan:

Tabel 1. Asumsi Data Kajian Penelitian

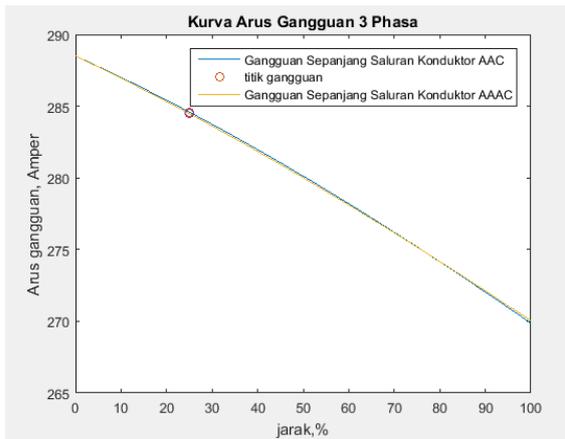
DATA TRAFO	
Daya	60 MVA
Tegangan Sekunder	150 KV
Tegangan Primer	20 KV
Rasio CT Trafo Tenaga	2000/5
Hubungan Delta Trafo	Ada
Kapasitas Belitan Delta	20 MVA
Reaktansi (%)	12
Ground Resistor	40
Rasio CT (trafo arus)	300/5
DATA PENYULANG (SUTM 20 KV)	
Panjang Penyulang	10 Km
AAC	240 mm ²
AAAC	240 mm ²
PEMBANGKIT	
MVA Hubung Singkat	4547 MVA
Arus Beban	280 Amper

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini didapat dari perhitungan dengan bantuan Software MATLAB menggunakan skrip m.file pada

MATLAB (*pure script*)[4], dimana proses perhitungan dilakukan secara manual berdasarkan persamaan matematis yang dibahas pada Bab sebelumnya.

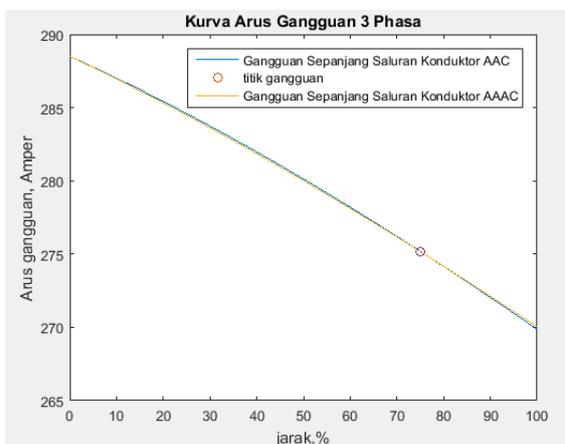
Sebelum melakukan perhitungan besar kedisip tegangan, langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung besar arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada masing-masing konduktor yang digunakan (AAC dan AAAC). Magnitud besar arus gangguan hubung singkat dari kedua jenis konduktor diperlihatkan pada gambar 3 dan gambar 4 dibawah.



Gambar 3. Kurva Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Dititik Gangguan 25% Sepanjang Saluran

Pada gambar 3 diatas terdapat Gangguan hubung singkat sepanjang saluran antara konduktor AAC dan AAAC dimana besar magnitud arus gangguan pada titik 25 % panjang penyulang didapat masing-masing 284,5909 Amper dan 284,4790 Amper.

Sedangkan gangguan yang terjadi di titik 75 % diperlihatkan pada gambar 4 dibawah.

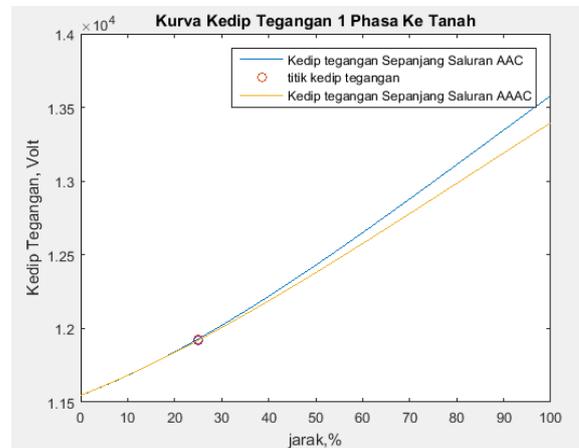


Gambar 4. Kurva Gangguan Hubung Singkat

Satu Fasa Ke Tanah Dititik Gangguan 75% Sepanjang Saluran

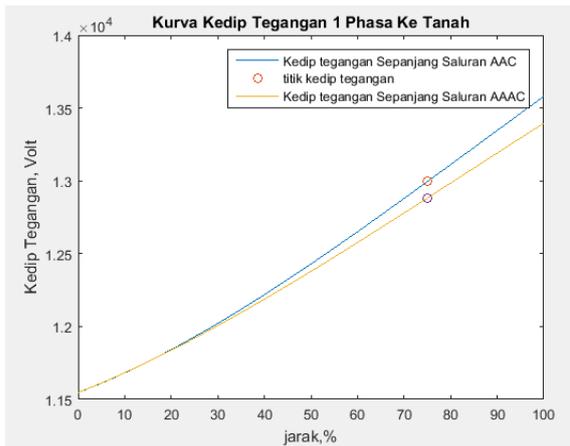
Gambar 4 diatas memperlihatkan magnitud arus gangguan hubung singkat sepanjang saluran antara konduktor AAC dan AAAC pada titik 75 % panjang penyulang, masing-masing besar magnitud arus gangguan adalah 275,1871 Amper dan 275,1743 Amper.

Analisa kedisip tegangan dari kedua titik gangguan, 25% dan 75% panjang penyulang dari masing-masing konduktor jika terjadi gangguan satu fasa ke tanah diperlihatkan pada gambar 5 dan gambar 6 dibawah.



Gambar 5. Kurva Kedisip Tegangan Dititik 25% Sepanjang Saluran

Kedisip tegangan pada titik gangguan 25% panjang penyulang yang diperlihatkan pada gambar 5 diatas didapat masing-masing 11.929 Volt \perp 2,1416⁰ dan 11.920 Volt \perp 1,7693⁰. Sedangkan kedisip tegangan pada titik gangguan 75% diperlihatkan pada gambar 6 dibawah.



Gambar 6. Kurva Kedip Tegangan Dititik 75% Sepanjang Saluran

Gambar 6 diatas memperlihatkan besar kedip tegangan di titik gangguan 75% antara kedua konduktor masing-masing 12.995 Volt $\pm 4,0517^0$ dan 12.882 Volt $\pm 3,2974^0$.

5. KESIMPULAN

Dari analisa perhitungan yang dilakukan, besar kedip tegangan yang didapat dari masing-masing konduktor dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar magnitud arus hubung singkat Konduktor AAC dan Konduktor AAAC menyerupai satu sama lain jika terjadi gangguan di sepanjang penyulang.
2. Besar kedip tegangan menyerupai jika terjadi gangguan dititik 0% sampai 25% panjang penyulang
3. Terdapat perbedaan besar kedip tegangan dari titik gangguan 25% sampai 100% panjang penyulang
4. Besar kedip tegangan dapat digunakan sebagai acuan pada sistem proteksi sisi penyulang

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pribadi.K dan Wahyudi.S, Pelatihan Proteksi Distribusi, 2005, Udiklat Padang, PT PLN (Persero)
- [2] Impedansi Kawat Penghantar Menurut SPLN 64:1995
- [3] I Made.Y.D, I Wayan.R dan I Made.S, 2016, Analisa Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang Abang Di Karang Asem, E-Journal SPEKTRUM Vol.3, No.2

- [4] MATLAB User's Guide, 1989, The Mathwork, inc.
- [5] M.W.Nasution, Teguh.Y dan Ontoseno.P, 2012, Pengaruh Kedip Tegangan dan Koodinasi Rele Arus Lebih pada Pabrik Semen, Jurnal Teknik ITS Vol.1, No.1