

PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI KOTA PONTIANAK

Hendriyadi

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
adekhendri77@gmail.com

Abstrak - Jaringan tegangan menengah ini mempunyai peranan yang sangat penting bagi kelangsungan suplai energi listrik ke pelanggan. Perhitungan arus gangguan hubung singkat adalah analisa suatu sistem tenaga listrik untuk memperoleh nilai besaran – besaran listrik yang dihasilkan sebagai akibat gangguan hubung singkat tersebut. Pada penelitian ini perhitungan arus hubung singkat dilakukan pada penyulang-penyulang yang mewakili jaringan distribusi kota Pontianak berdasarkan daerah pelayanan penyulang, yaitu : penyulang Kapuas , penyulang Raya 18, penyulang Cemara 4, penyulang Merdeka 3, dan penyulang Khatulistiwa 6. Berdasarkan hasil perhitungan arus gangguan tiga fasa terbesar terjadi pada penyulang Merdeka 3 yaitu sebesar 3.481,711 Ampere, arus gangguan hubung singkat fasa-fasa terbesar terjadi pada penyulang Merdeka 3 yaitu sebesar 3.015,212 Ampere, arus gangguan hubung singkat satu fasa terbesar terjadi pada penyulang Merdeka 3 yaitu sebesar 1.169,134 Ampere. Dari hasil perhitungan arus gangguan penyulang Kota Pontianak menunjukkan bahwa arus hubung singkat tiga fasa lebih tinggi dari arus hubung fasa-fasa dan arus hubung singkat satu fasa, hal ini disebabkan karena pada arus hubung singkat tiga fasa dipengaruhi oleh impedansi urutan positif. Besarnya arus gangguan hubung singkat tertinggi baik gangguan hubung singkat tiga fasa, fasa-fasa maupun satu fasa terjadi pada penyulang Merdeka disebabkan penyulang Merdeka 3 memiliki jarak yang lebih pendek diantara penyulang-penyulang yang dianalisis, sehingga mempengaruhi impedansi urutannya.

Kata kunci : gangguan hubung singkat, gangguan tiga fasa, gangguan fasa-fasa, gangguan satu fasa ke tanah.

1. Pendahuluan

Jaringan pada sistem distribusi tegangan menengah atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM) merupakan bagian dari sistem distribusi yang berhubungan langsung ke pelanggan. Pada operasi sistem tenaga listrik dapat terjadi gangguan yang mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Suatu gangguan distribusi hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam jaringan distribusi ada 3 (tiga), yaitu : gangguan hubung singkat 3 fasa, gangguan hubung singkat 2 fasa (fasa-fasa) dan gangguan hubung singkat 1 fasa (fasa- tanah). Perhitungan arus hubung singkat adalah

analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang di dalam sistem (di jaringan distribusi, transmisi, trafo tenaga atau dari pembangkit) sewaktu gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam sistem tenaga listrik.

Oleh karena itu dalam tugas akhir ini membahas perhitungan arus gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi di kota pontianak oleh karena itu perhitungan arus hubung singkat dilakukan pada beberapa sampel penyulang Kota Pontianak. Kriteria pengambilan sampel penyulang berdasarkan daerah pelayanan beban penyulang tersebut. Adapun penyulang-penyulang Kota Pontianak yang akan dianalisis yaitu Penyulang Kapuas 1, Penyulang Raya 18, Penyulang Cemara 4, Penyulang Merdeka 3, dan Penyulang Khatulistiwa 6. Hal ini diperlukan agar dapat mengetahui besarnya arus gangguan hubung singkat tiga fasa, fasa-fasa, dan satu fasa ke tanah pada penyulang 20 kV sistem distribusi Kota Pontianak.

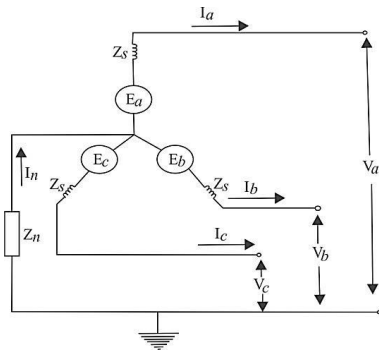
2. Dasar Teori

2.1. Umum

Perhitungan hubung singkat adalah analisis 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. 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. Analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun setelah beroperasi.

2.1.1. Gangguan Tiga Fasa Seimbang

Tipe gangguan ini didefinisikan sebagai gangguan hubung singkat tiga fasa, dimana gangguan itu jarang terjadi, tetapi merupakan tipe gangguan yang palih parah karena pada setiap saluran arus gangguan sama besarnya. Gambar 1, menunjukkan generator sinkron tiga fasa dengan netral diketanahkan melalui impedansi Z_n . Generator menyuplai beban tiga fasa seimbang.



Gambar 1. Sumber dan Impedansi Tiga Fasa Seimbang
 Sumber : Saadat (1999 : 418)

Mesin sinkron membangkitkan tegangan internal tiga fasa dan direpresentasikan sebagai kelompok fasor urutan positif berikut :

$$E_{abc} = \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha^2 \\ \alpha \end{bmatrix} E_a \dots\dots\dots(1)$$

$$\alpha = 1 \angle 120^\circ = e^{j120^\circ} \quad \alpha^2 = 1 \angle 240^\circ = e^{j240^\circ}$$

Mesin menyuplai beban seimbang tiga fasa. Penerapan hukum Kirchoff untuk tegangan pada setiap fasa menghasilkan :

$$\begin{aligned} V_a &= E_a - Z_s I_a - Z_n I_n \\ V_b &= E_b - Z_s I_b - Z_n I_n \\ V_c &= E_c - Z_s I_c - Z_n I_n \end{aligned} \dots\dots\dots(2)$$

Substitusi untuk $I_n = I_a + I_b + I_c$ dan penulisan persamaan (2) dalam bentuk matriks adalah :

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_s + Z_n & Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_s + Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_n & Z_s + Z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \dots\dots(3)$$

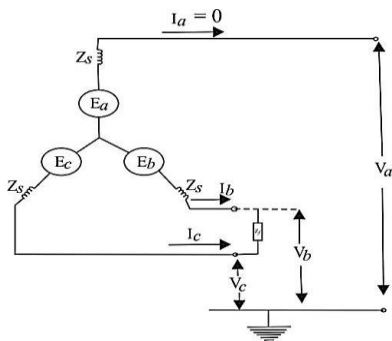
$$\begin{aligned} V_{a0} &= 0 - Z_0 I_{a0} \\ V_{a1} &= E_a - Z_1 I_{a1} \\ V_{a2} &= 0 - Z_2 I_{a2} \end{aligned}$$

Maka Arus saluran :

$$I_a = \frac{E_a}{Z_n} \dots\dots\dots(4)$$

2.1.2. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Gambar 2, mengilustrasikan generator tiga fasa dengan netral diketanahkan melalui impedansi Z_n .



Gambar 2. Gangguan Saluran Ke Netral Pada Fasa a.
 Sumber : Saadat (1999 : 421)

Gangguan fasa ke netral terjadi pada fasa a melalui impedansi Z_f . Dengan menganggap mula – mula generator tanpa beban, syarat batas gangguan titik adalah :

$$V_a = I_a Z_f \dots\dots\dots(5)$$

$$I_b = I_c = 0$$

Tegangan fasa a dalam bentuk komponen simetris adalah :

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \dots\dots\dots(6)$$

$$3Z_f I_{a0} = E_a - (Z_0 + Z_1 + Z_2) I_{a0} \dots\dots\dots(7)$$

Atau

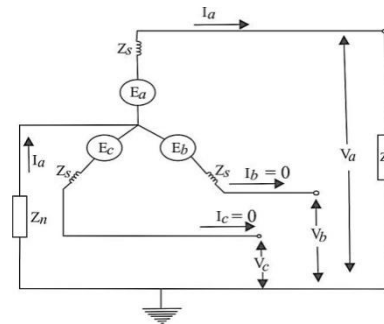
$$I_{a0} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3 Z_f} \dots\dots\dots(8)$$

Arus gangguan adalah :

$$I_a = 3I_{a0} = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3 Z_f} \dots\dots\dots(9)$$

2.1.3. Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa

Gambar 3 memperlihatkan generator tiga fasa dengan gangguan melalui sebuah impedansi Z_f diantara fasa b dan c.



Gambar 3. Gangguan Hubung Singkat Fasa b dan Fasa c
 Sumber : Saadat (1999 : 423)

dengan menganggap mula – mula generator tanpa beban, kondisi batas pada titik gangguan adalah :

$$V_b - V_c = Z_f I_b \dots\dots\dots(10)$$

$$I_b + I_c = 0 \dots\dots\dots(11)$$

$$I_a = 0 \dots\dots\dots(12)$$

Dari persamaan diatas dapat ditentukan :

$$I_{a0} = 0 \dots\dots\dots(13)$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3} (\alpha - \alpha^2) I_b \dots\dots\dots(14)$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3} (\alpha^2 - \alpha) - I_b \dots\dots\dots(15)$$

$$I_{a1} = - I_{a2} \dots\dots\dots(16)$$

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \dots\dots\dots(17)$$

$$I_{a2} = - I_{a1} = \frac{-E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

$$I_{a0} = 0$$

Arus gangguan adalah :

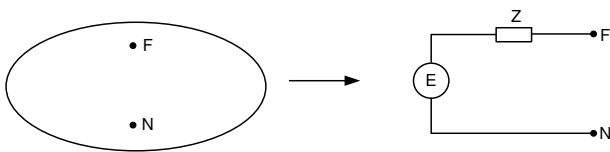
$$I_b = -I_c = (\alpha^2 - \alpha) I_{a1} \dots\dots\dots(18)$$

Atau

$$I_b = -j \sqrt{3} I_{a1} \dots\dots\dots(19)$$

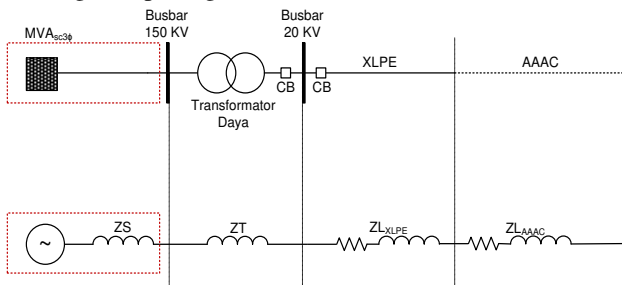
2.2. Rangkaian Ekuivalen Thevenin

Menurut Masykur SJ, (2005 : 1), metode *Thevenin* merupakan salah satu dari sekian metode untuk menghitung arus listrik pada salah satu cabang dari rangkaian listrik yang terdiri dari banyak cabang atau banyak loop (rangkain tertutup) atau dengan kata lain sistem tenaga listrik yang banyak bus. Penerapan metode *Thevenin* dari suatu rangkaian atau jaringan yang rumit yang terdiri dari banyak sumber tegangan dan impedansi-impedansi peralatan, pada prinsipnya adalah menyederhanakan rangkaian yang rumit tersebut menjadi suatu model rangkaian ekuivalen *Thevenin*, yang hanya terdiri dari satu sumber tegangan *Thevenin* yang dihubungkan seri dengan sebuah impedansi *Thevenin*. Model rangkaian ekuivalen *Thevenin* ditunjukkan pada Gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4. Model Rangkaian Ekuivalen *Thevenin*
Sumber : Masykur (2005)

Pada Gambar 4 menunjukkan sebuah lingkaran yang berisi jaringan satu fasa terdiri dari generator, impedansi generator, impedansi transmisi dan impedansi transformator terhubung satu sama lain yang menunjukkan model satu fasa dari sistem tenaga listrik. Kemudian dari model ini ditentukan titik F dan N dimana lokasi arus hubung singkat akan dihitung. Titik N adalah menunjukkan netral atau titik tegangan nol (*zero voltage*) dan besar tegangan antara titik F dan N adalah E yaitu besar tegangan pada lokasi yang ditinjau dalam hal ini lokasi gangguan. Maka model rangkaian ekuivalen *Thevenin* dari rangkaian yang rumit tadi direduksi menjadi satu sumber tegangan E yang terhubung seri dengan satu impedansi Z. Sebelum melakukan perhitungan arus hubung singkat, maka kita harus memulai perhitungan pada rel daya tegangan primer di gardu induk untuk berbagai jenis gangguan, kemudian menghitung pada titik – titik lainnya yang letaknya semakin jauh dari gardu induk tersebut. Untuk itu diperlukan pengetahuan mengenai dasar impedansi urutan rel daya tegangan tinggi atau bisa juga disebut sebagai impedansi sumber, impedansi transformator, dan impedansi penyulang. Ilustrasi penyulang tegangan menengah dapat digambarkan dibawah ini :



Gambar 5. Ilustrasi Penyulang Tegangan Menengah

2.2.1. Menentukan Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber di sisi Busbar 20 KV, maka harus dihitung dulu impedansi sumber di Busbar 150 kV.

Menurut Kersting (2002 : 291), dengan menggunakan MVA hubung singkat tiga fasa, impedansi ekuivalen sistem urutan positif dalam ohm ditentukan dengan :

$$ZS = \frac{KV^2}{MVA_{sc3\phi}} \text{ Ohm} \dots\dots\dots (20)$$

Karena resistansi pada sumber diabaikan sehingga :

$$ZS = 0 + jXS \text{ Ohm} \dots\dots\dots (21)$$

$$XS = j \frac{KV^2}{MVA_{sc3\phi}} \text{ Ohm} \dots\dots\dots (22)$$

Diasumsikan impedansi dasar :

$$Z_{base} = \frac{KV_{base}^2}{MVA_{base}} \text{ Ohm} \dots\dots\dots (23)$$

Diasumsikan tegangan dasar KV_{base} sama dengan tegangan sumber, dan resistansi sumber diabaikan sehingga impedansi ekuivalen sumber urutan positif dalam pu menjadi :

$$ZS = j \frac{MVA_{base}}{MVA_{sc3\phi}} \text{ pu} \dots\dots\dots (24)$$

Dimana :

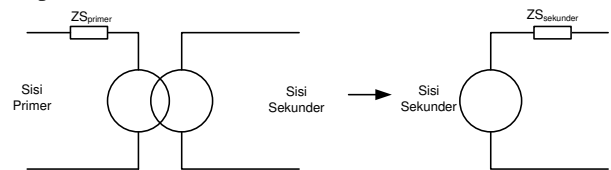
ZS = Impedansi sumber [pu]

MVA_{base} = Daya dasar [MVA]

$MVA_{sc3\phi}$ = MVA hubung singkat tiga fasa [MVA]

KV_{base} = Tegangan dasar [KV]

Arus gangguan hubung singkat di sisi sekunder diperoleh dengan cara mengkonversikan dulu impedansi sumber di sisi primer ke sisi sekunder.



Gambar 6. Konversi Nilai Impedansi Sumber Primer Ke Sekunder

Sumber : Zulkarnaini (2012)

Untuk mengkonversikan impedansi yang terletak di sisi primer ke sisi sekunder dengan menggunakan persamaan (2.77), sebagai berikut :

$$ZS_{sekunder} = \frac{KV_s^2}{KV_p^2} \times ZS_{primer} \text{ pu} \dots\dots\dots (25)$$

dimana :

ZS_{primer} : Impedansi sumber sisi primer [pu]

$ZS_{sekunder}$: Impedansi sumber sisi sekunder [pu]

MVA_{base} : Daya dasar [MVA]

- MVA_{sc} : MVA hubung singkat tiga fasa [MVA]
- KVs : Tegangan dasar sisi sekunder [KV]
- KVp : Tegangan dasar sisi primer [KV]

2.2.2. Menentukan Impedansi Transformator

Pada perhitungan impedansi suatu transformator yang diambil adalah harga reaktansinya, sedangkan tahananannya diabaikan karena harganya kecil. Untuk mencari nilai reaktansi transformator dalam Ohm dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$ZT = \frac{KVT^2}{MVAT} \text{ Ohm} \dots\dots\dots (26)$$

- Dimana :
- ZT : Impedansi transformator [Ohm]
- KVT :Tegangan sisi sekunder transformator [KV]
- $MVAT$: Kapasitas transformator [MVA]

Pada transformator daya pada umumnya informasi nilai reaktansi menggunakan nilai persentase.

Reaktansi transformator daya dengan daya dasar baru :

$$ZT_{new} = ZT_{old} \times \frac{MVA_{new}}{MVA_{old}} \times \frac{KV^2_{old}}{KV^2_{new}} \text{ pu} \dots\dots\dots (27)$$

- Dimana :
- ZT_{new} : Impedansi transformator baru [pu]
- ZT_{old} : Impedansi transformator lama [pu]
- MVA_{new} : Daya dasar baru [MVA]
- MVA_{old} : Daya dasar lama [MVA]
- KV^2_{new} : Tegangan dasar baru [KV]
- KV^2_{old} : Tegangan dasar lama [KV]

2.2.3. Menentukan Impedansi Penyulang

Impedansi penyulang adalah :

$$ZL = \frac{Z_{penyulang}}{Z_{base}} \text{ pu} \dots\dots\dots (28)$$

- Dimana :
- Z_{base} : Impedansi dasar [ohm]
- $Z_{penyulang}$: Impedansi penyulang [ohm]
- ZL : Impedansi penyulang [pu]

2.2.4. Menentukan Impedansi Ekuivalen Penyulang

Perhitungan yang akan dilakukan di sini adalah perhitungan besarnya nilai impedansi ekuivalen urutan positif. Karena dari sejak sumber ke titik gangguan impedansi yang terbentuk adalah tersambung seri maka perhitungan impedansi ekuivalen urutan positif (Z_1) dapat langsung dengan cara menjumlahkan impedansi tersebut. Sehingga untuk impedansi ekuivalen penyulang dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

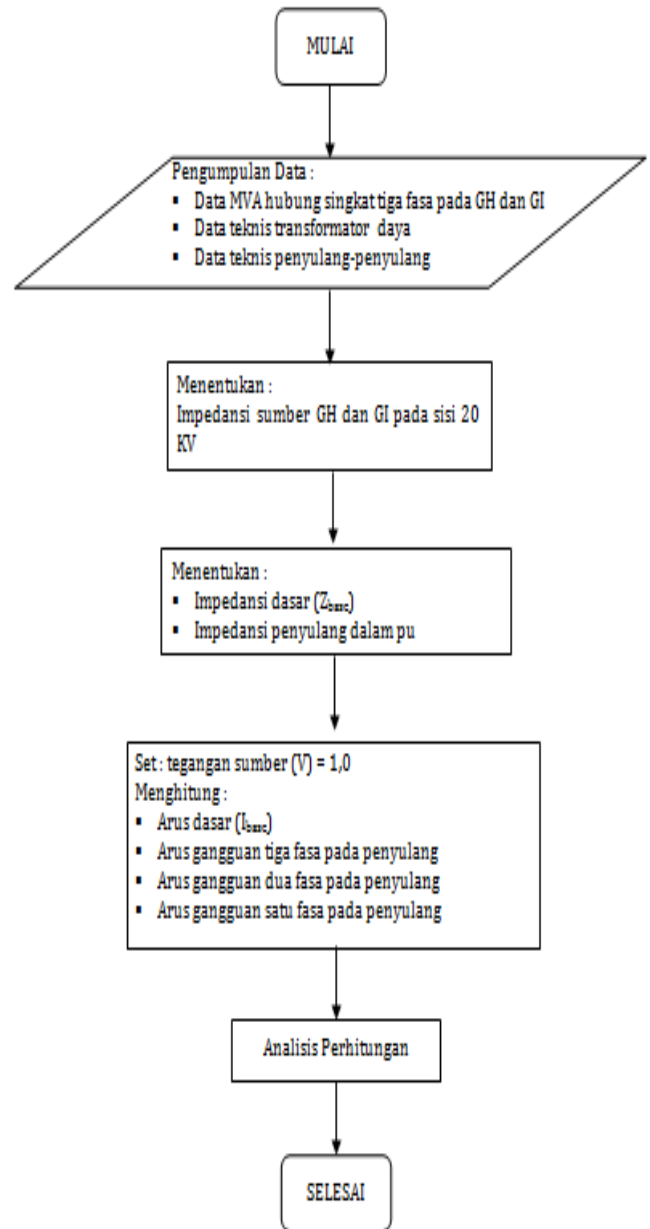
$$Z_1 = ZS_1 + ZT_1 + ZL_1 \text{ pu} \dots\dots\dots (29)$$

Dimana :

- Z_1 : Impedansi ekuivalen urutan positif [pu]
- ZS_1 : Impedansi sumber urutan positif sisi sekunder [pu]
- ZT_1 : Impedansi transformator urutan positif [pu]
- ZL_1 : Impedansi penyulang urutan positif [pu]

2.3. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir perhitungan arus hubung singkat pada penyulang-penyulang kota ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 7. Diagram Alir Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Penyulang Kota Pontianak

3. Perhitungan dan Analisis

3.1. Perhitungan Arus Hubung Singkat pada Penyulang Kapuas 1

Penyulang Kapuas 1 disupply dari Gardu Hubung Sungai Raya (Bus 13), penghantar yang digunakan yaitu AAAC dengan luas penampang 150 mm². Penyulang Kapuas 1 memiliki panjang 11,28 Kms. Perhitungan arus hubung singkat penyulang Kapuas 1 melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut :

3.1.1. Impedansi Sumber

Untuk memudahkan proses perhitungan, impedansi sumber pada GH. Sungai Raya ditentukan dengan hasil perhitungan MVA hubung singkat tiga fasa dan impedansi urutan pada GH. Sungai yaitu :

MVA hubung singkat (MVA_{sc}) = 159,5132 MVA

Impedansi urutan positif (Z_{S1}) = 0,020 + j 0,6270 pu

Impedansi urutan negatif (Z_{S2}) = 0,020 + j 0,6270 pu

Impedansi urutan nol (Z_{S0}) = 0,240 + j 2,7400 pu

3.1.2. Impedansi Penyulang Kapuas 1

Data teknis penghantar penyulang Kapuas 1 berdasarkan data PT. PLN (Persero) APDP Kalimantan Barat sebagai berikut :

Jenis Penghantar	= AAAC
Luas Penampang	= 150 mm ²
Panjang	= 11,28 Km
Tegangan Sistem	= 20 KV
Impedansi Urutan Positif (Z_{L1})	= 0,216 + j0,330 Ω/Km
Impedansi Urutan Negatif (Z_{L2})	= 0,216 + j 0,330 Ω/Km
Impedansi Urutan Nol (Z_{L0})	= 0,363 + j 1,618 Ω/Km

Untuk memudahkan perhitungan, nilai impedansi saluran penyulang Kapuas 1 diubah dalam satuan per unit (pu), sebagai berikut :

Diketahui :

Daya dasar (MVA_{base}) = 100 MVA

Tegangan dasar (KV_{base}) sistem 20KV = 20 KV

Impedansi dasar :

$$Z_{base} = \frac{KV_{base}^2}{MVA_{base}}$$

$$Z_{base} = \frac{20^2}{100} = 4 \text{ Ohm}$$

Maka,

Impedansi urutan positif dan negatif penyulang Kapuas 1 dalam satuan per unit :

$$Z_{L1} = Z_{L2} = \frac{(0,216 + j0,330) \times 11,28}{4} \text{ pu}$$

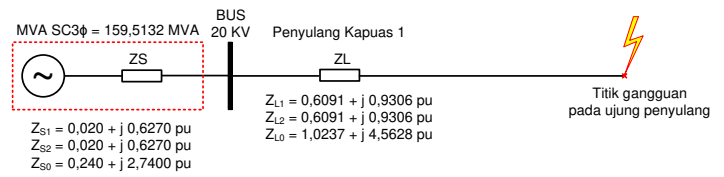
$$Z_{L1} = Z_{L2} = 0,6091 + j0,9306 \text{ pu}$$

Impedansi urutan nol saluran penyulang Kapuas 1 dalam satuan per unit :

$$Z_{L0} = \frac{(0,363 + j1,618) \times 11,28}{4} \text{ pu}$$

$$Z_{L0} = 1,0237 + j4,5628 \text{ pu}$$

Dari perhitungan impedansi diatas, ekivalen diagram satu garis penyulang Kapuas 1 dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 8. Ekivalen Diagram Satu Garis Penyulang Kapuas 1

3.1.3. Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Pada Penyulang Kapuas 1

Perhitungan arus hubung singkat tiga fasa pada penyulang Kapuas 1 dijelaskan secara detail sebagai berikut :

Diketahui :

Daya dasar (MVA_{base}) = 100 MVA

Tegangan dasar (KV_{base}) = 20 KV

Tegangan dalam pu (V) = 1,0 pu

Arus dasar sebesar :

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times KV_{base}} \times 1000 \text{ Ampere}$$

$$I_{base} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 20} \times 1000 = 2.886,75 \text{ Ampere}$$

$$I_{hs(3\phi)} = \frac{V}{Z_{S1} + Z_{L1}} \text{ pu}$$

$$I_{hs(3\phi)} = \frac{1,0}{0,0200 + j0,6270 + 0,6091 + j0,9306} \text{ pu}$$

$$I_{hs(3\phi)} = \frac{1,0}{0,6291 + j1,5576} \text{ pu}$$

$$I_{hs(3\phi)} = \frac{1,0}{1,6798 \angle 68,01^\circ} \text{ pu}$$

$$I_{hs(3\phi)} = 0,5953 \angle -68,01^\circ \text{ pu}$$

$$I_{hs(3\phi)} = 0,5953 \times 2.886,75 = 1.718,453 \text{ Ampere}$$

Jadi arus gangguan tiga fasa pada ujung penyulang Kapuas 1 sebesar 1.718,453 Ampere.

3.1.4. Arus Hubung Singkat Fasa - Fasa Pada Penyulang Kapuas 1

Perhitungan arus hubung singkat fasa-fasa pada penyulang Kapuas 1 dijelaskan secara detail sebagai berikut :

Diketahui :

Daya dasar (MVA_{base}) = 100 MVA

Tegangan dasar (KV_{base}) = 20 KV

Tegangan sumber (V) = 1,0 pu

Arus dasar sebesar :

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times KV_{base}} \times 1000 \text{ Ampere}$$

$$I_{base} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 20} \times 1000 = 2.886,75 \text{ Ampere}$$

$$I_{hs(\phi-\phi)} = \frac{\sqrt{3}V}{Z_{S1} + Z_{L1} + Z_{S2} + Z_{L2}} pu$$

$$I_{hs(\phi-\phi)} = \frac{\sqrt{3}V}{2 \times [Z_{S1} + Z_{L1}]} pu$$

$$I_{hs(\phi-\phi)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,0}{2 \times [0,0200 + j0,6270 + 0,6091 + j0,9306]} pu$$

$$I_{hs(\phi-\phi)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,0}{1,2582 + j3,1152} pu$$

$$I_{hs(\phi-\phi)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,0}{3,3597 \angle 68,01^\circ} pu$$

$$I_{hs(\phi-\phi)} = 0,5155 \angle -68,01^\circ pu$$

$$I_{hs(\phi-\phi)} = 0,5155 \times 2.886,75 = 1.488,120 \text{ Ampere}$$

Jadi arus gangguan fasa-fasa pada ujung penyulang Kapuas 1 sebesar 1.488,120 Ampere.

3.1.5. Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Pada Penyulang Kapuas 1

Perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada penyulang Kapuas 1 dijelaskan secara detail sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Daya dasar } (MVA_{base}) = 100 \text{ MVA}$$

$$\text{Tegangan dasar } (KV_{base}) = 20 \text{ KV}$$

$$\text{Tegangan sumber } (V) = 1,0 pu$$

Arus dasar sebesar :

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times KV_{base}} \times 1000 \text{ Ampere}$$

$$I_{base} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 20} \times 1000 = 2.886,8 \text{ Ampere}$$

$$I_{hs(1\phi)} = \frac{3 \times V}{Z_{S1} + Z_{L1} + Z_{S2} + Z_{L2} + Z_{S0} + Z_{L0}} pu$$

$$I_{hs(1\phi)} = \frac{3 \times V}{2 \times [Z_{S1} + Z_{L1}] + Z_{S0} + Z_{L0}} pu$$

$$I_{hs(1\phi)} = \frac{3 \times 1,0}{1,2582 + j3,1152 + 0,240 + j2,7400 + 1,0237 + j4,5628} pu$$

$$I_{hs(1\phi)} = \frac{3 \times 1,0}{2,5219 + j10,4180} pu$$

$$I_{hs(1\phi)} = \frac{3,0}{10,7189 \angle 76,39^\circ} pu$$

$$I_{hs(1\phi)} = 0,2799 \angle -76,39^\circ pu$$

$$I_{hs(1\phi)} = 0,2799 \times 2.886,75 = 808,002 \text{ Ampere}$$

Jadi arus gangguan satu fasa ke tanah pada ujung penyulang Kapuas 1 sebesar 808,002 Ampere.

3.2. Analisis Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan arus hubung singkat yang telah diuraikan diatas, rekapitulasi arus hubung singkat yang terjadi pada penyulang-penyulang Kota Pontianak ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Rekapitulasi Arus Hubung Singkat Penyulang Kota Pontianak

No	Penyulang	Perhitungan Arus Hubung Singkat					
		Tiga Fasa (3 ϕ)		Dua Fasa ($\phi - \phi$)		Satu Fasa (1 ϕ - T)	
		pu	Amp	pu	Amp	pu	Amp
1	Kapuas 1	0,5953	1.718,483	0,5155	1.488,120	0,2799	808,002
2	Raya 18	0,3841	1.108,801	0,3326	960,133	0,1709	493,346
3	Cemara 4	0,4213	1.216,188	0,3649	1.053,376	0,1790	516,728
4	Merdeka 3	1,2061	3.481,711	1,0445	3.015,212	0,4050	1.169,134
5	Khatulistiwa 6	0,6813	1.966,744	0,5901	1.703,472	0,3100	894,893

Dari hasil perhitungan arus gangguan penyulang Kota Pontianak menunjukkan bahwa arus hubung singkat tiga fasa lebih tinggi dari arus hubung fasa-fasa dan arus hubung singkat satu fasa, hal ini disebabkan karena pada arus hubung singkat tiga fasa dipengaruhi oleh impedansi urutan positif. Besarnya arus gangguan hubung singkat tertinggi baik gangguan hubung singkat tiga fasa, fasa-fasa maupun satu fasa terjadi pada penyulang Merdeka disebabkan penyulang Merdeka 3 memiliki jarak yang lebih pendek diantara penyulang-penyulang yang dianalisis, sehingga mempengaruhi impedansi urutannya.

4. Kesimpulan

Dari perhitungan arus hubung singkat yang telah dilakukan pada penyulang-penyulang di Kota Pontianak, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan arus gangguan penyulang Kota Pontianak menunjukkan bahwa arus hubung singkat tiga fasa lebih tinggi dari arus hubung fasa-fasa dan arus hubung singkat satu fasa, hal ini disebabkan karena pada arus hubung singkat tiga fasa dipengaruhi oleh impedansi urutan positif.
2. Dari hasil perhitungan arus gangguan penyulang Kota Pontianak menunjukkan bahwa arus hubung singkat tiga fasa lebih tinggi dari arus hubung fasa-fasa dan arus hubung singkat satu fasa, hal ini disebabkan karena pada arus hubung singkat tiga fasa dipengaruhi oleh impedansi urutan positif.

3. Besarnya arus gangguan hubung singkat tertinggi baik gangguan hubung singkat tiga fasa, fasa-fasa maupun satu fasa terjadi pada penyulang Merdeka disebabkan penyulang Merdeka 3 memiliki jarak yang lebih pendek diantara penyulang-penyulang yang dianalisis, sehingga mempengaruhi impedansi urutannya.

Menyetujui :
Pembimbing Utama,

Dr. Ir. H.M. Iqbal Arsyad, MT
NIP. 196609071992031002

Referensi

- [1] Zulkarnaini, Eko Saputran H, “*Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi Pada Feeder Distribusi Tenaga Listrik (GH. Tanjung Ampalu Sijunjung)*”, Jurnal Teknik Elektro ITP, Vol 1, No. 1, Januari 2012.
- [2] Masykur, SJ “*Analisa Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Thevenin*”, Jurnal Sistem Teknik Industri Vol. 6, No. 3, Juli 2005.
- [3] Furqan, Harry, “*Untuk Kerja Sistem Proteksi Arus Lebih Gardu Induk 150 KV Sei. Raya Pontianak*”, Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 2015.
- [4] Gonen, Turan., “*Modern Power System Analysis*”, John Wiley & Sons Inc, USA, 1988.
- [5] Mustamin., “*Evaluasi Rele Jarak Pada SUTT 150 kV Interkoneksi PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat*”, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 2006.
- [6] Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. New York :McGraw-Hill Book Company.
- [7] Sirait, Bonar. 2012. *Diktat Kuliah Sistem Distribusi. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*.
- [8] Stevenson, Jr, W.D., “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”, Edisi ke (4) empat, Erlangga, Jakarta, 1983.
- [9] Kersting H, William., “*Distribution System Modelling and Analysis*”, CRC Press, New Mexico, 2002.
- [10] T, S. Hutahuruk, Prof. Ir. MSc., “*Transmisi Daya Listrik*” Erlangga, Jakarta, 1985.
- [11] Warrington, A. R. Van C., “*Protecticve Relays: Their Theory and Practice*” Chapman and Hall Ltd, London, 1982.

Biography

Hendriyadi, lahir di Sintang pada tanggal 12 September 1990. Menempuh Pendidikan Program Strata I (S1) di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2010. Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro konsentrasi Teknik Tenaga Listrik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.