

ANALISIS METODE MVA HUBUNG SINGKAT UNTUK MENGHITUNG ARUS GANGGUAN SATU FASA

Armansyah, Ramayulis Nasution, Yusmartato, Zulfadli Pelawi

Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UISU

armansyah@ft.uisu.ac.id; ramayulisanasution@gmail.com; yusmartato@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Untuk mengetahui arus gangguan dalam suatu sistem dapat juga digunakan metode MVA, untuk perhitungan MVA hubung singkat maka perlu mengetahui nilai komponen-komponen urutan untuk sistem yaitu ; nilai komponen urutan positif, nilai komponen urutan negatif dan nilai komponen urutan nol. Setelah mengetahui nilai MVA hubung singkat, maka dapat dihitung arus hubung singkat. Pada perhitungan singkat untuk mendapat hasil yang lebih cepat dan tepat waktu yang singkat maka metode yang digunakan adalah dengan metode MVA hubung singkat. Pada dasarnya di dalam penyelesaian hubung singkat, agar kita bisa melakukan perhitungan terlebih dahulu kita melihat apakah rel tersebut banyak atau sedikit, sehingga dengan memperhatikan maka kita dapat menghitungnya. Perhitungan dengan metode MVA hubung singkat merupakan perhitungan yang sederhana, dimana kita memakai penyederhanaan hubung rangkaian berdasarkan jenis keterhubungan. Dengan menghitung nilai komponen urutan positif, nilai komponen urutan negatif dan nilai komponen urutan nol dengan menggunakan perhitungan MVA hubung singkat total sistem kita dapat mengetahui nilai MVA hubung singkat total sistemnya = 88 MVA, maka kita akan dapatkan nilai arus hubung singkat (I_{hs}) = 0,338 KA.

Kata Kunci : MVA, Arus Gangguan, Hubung Singkat

I. PENDAHULUAN

Secara umumnya, semua gangguan yang terjadi pada sistem daya adalah gangguan tidak simetris, yang mungkin terdiri dari hubung singkat tidak simetris, gangguan tidak simetris melalui impedansi, atau penghantar yang terbuka. Gangguan simetris terjadi sebagai gangguan tunggal satu fasa ke tanah atau gangguan dua fasa ke tanah. Jalur arus gangguan dari saluran ke saluran atau dari saluran ke tanah dapat mengandung atau tidak mengandung impedansi. Satu atau dua penghantar yang terbuka mengakibatkan gangguan tidak simetris, baik melalui pemutusan satu atau dua penghantar atau melalui bekerjanya sekering dan peralatan lain yang tidak akan membuka sekaligus ketiga fasanya. Karena gangguan tidak simetris menyebabkan mengalirnya arus tidak seimbang dalam sistem. Untuk menentukan arus hubung singkat dapat menggunakan metode MVA hubung singkat.

Metode MVA hubung singkat ini merupakan modifikasi dari metode ohmic dimana, impedansi rangkaian merupakan hasil jumlah impedansi-impedansi dari berbagai komponen di dalam rangkaian. Berdasarkan definisi, admitansi adalah kebalikan-kebalikan dari impedansi sistem adalah sama dengan hasil jumlah kebalikan-kebalikan admitansi komponen, disamping itu harga arus atau harga KVA maksimum pada tegangan per-unit yang dapat mengalir melalui rangkaian atau komponen-komponen ke suatu titik gangguan apabila mendapat suplai dari suatu sumber yang kapasitasnya tak terhingga.

Sehubungan dengan gangguan sistem di atas, penulis tertarik untuk menganalisa setiap gangguan yang mungkin terjadi dengan menggunakan analisa

hubung singkat dengan menggunakan metode MVA hubung singkat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Defenisi MVA hubung singkat.

Suatu metode yang meniadakan kebutuhan akan sarana dasar dengan merepresentasikan elemen sistem daya dalam bentuk MVA dan menghadiri suatu proses yang lebih sederhana sehingga tidak rentan dengan kesalahan yang tidak dikehendaki. Pada dasarnya metode MVA hubung singkat dalam suatu modifikasi dari metode ohmic di mana, impedansi rangkaian merupakan hasil penjumlahan impedansi-impedansi dari berbagai komponen di dalam rangkaian. Oleh karena berdasarkan definisi admitansi adalah kebalikan dari impedansi, maka dengan sendirinya kebalikan dari admitansi sistem adalah sama dengan hasil jumlah kebalikan-kebalikan admitansi komponen. Di samping itu harga admitansi suatu rangkaian atau komponen sama dengan harga arus atau harga KVA maksimum pada tegangan per-unit yang akan mengalir melalui rangkaian atau komponen ke suatu titik gangguan bila mana mendapat suplai dari suatu sumber yang kapasitasnya tak berhingga. Jelasnya secara sistematis dituliskan sebagai berikut :

$$Y = \frac{1}{Z}$$

$$V = I \cdot Z \text{ atau } Y = \frac{I}{V}$$

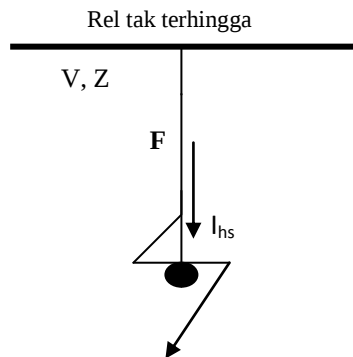
$$\text{Karena } V = 1 \text{ pu maka } Y = \frac{I}{1} = I$$

Sedangkan KVA sama dengan $V \cdot I = 1 \cdot I = I$

Jadi, $Y = 1$ pada $V = 1$

Dimana:

- Y = Admitansi (Mho)
 Z = Impedansi (Ohm)
 V = Tegangan (Volt)
 I = Arus (Ampere)
 KVA = Rating daya (KVA atau MVA)



Gambar 1. Diagram satu garis

Dari Gambar 1 .Untuk gangguan yang terjadi dititik F , jika V dan Z diketahui, maka arus hubung singkat pada titik tersebut adalah :

$$I_{hs} = \frac{V}{Z}$$

$$MVA_{hs} = \frac{1000 K(V)^2}{Z}$$

$$MVA_{hs} = \frac{(KV)^2}{Z}$$

atau

$$MVA_{hs} = \frac{(MVA)}{Z_{pu}}$$

Di mana :

- V_{LL} = Tegangan fasa ke fasa (Volt)
 I_{hs} = Arus hubung singkat (Ampere)
 V = Tegangan fasa ke netral (Volt)
 Z = Impedansi (Ohm)
 Z_{pu} = Impedansi (pu)
 MVA_{hs} = Daya hubung singkat (MVA)
 MVA = Rating daya (MVA)

Pada prinsipnya, penggunaan metode ini dilakukan dengan melihat rangkaian komponen-komponen kemudian menghitung MVA hubung singkat tiap komponen, menghitung MVA hubung singkat total (sistem) lalu menghubungkannya ke rel tak terhitung.

2.2. Komponen Simetris

Suatu sistem tak seimbang yang terdiri dari n fasor-fasor yang berhubung dapat diuraikan menjadi n buah sistem dengan fasor-fasor seimbang yang

dinamakan komponen-komponen simetris dari fasor-fasor aslinya.

N buah fasor pada setiap himpunan komponen-komponen adalah sama panjang, dan sudut-sudut diantara fasor-fasor yang bersebelahan dalam himpunan itu adalah sama besarnya.

Jadi tiga fasor tak seimbang dari suatu sistem tiga fasa dapat diuraikan menjadi tiga sistem fasor yang seimbang. Himpunan-himpunan seimbang dari komponen-komponen itu adalah :

- Komponen-komponen urutan positif, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besar, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya.
- Komponen-komponen urutan negatif, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor-fasor aslinya.
- Komponen-komponen urutan nol, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan dengan pergeseran fasa nol antara fasa yang satu dengan yang lain.

Telah terjadi kebiasaan umum, ketika memecahkan permasalahan dengan menggunakan komponen simetris bahwa ketiga fasa dari sistem dinyatakan sebagai a , b dan c dengan cara yang demikian sehingga urutan fasa tegangan dan arus dalam sistem adalah abc , sedangkan urutan fasa dari komponen negatif adalah acb . Jika fasor aslinya adalah tegangan, maka tegangan tersebut dapat dinyatakan dengan V_a , V_b , dan V_c . Ketiga himpunan komponen simetris dinyatakan dengan subskrip tambahan 1 untuk komponen urutan positif, 2 untuk komponen urutan negatif, dan 0 untuk komponen urutan nol. Komponen urutan positif dari V_a , V_b dan V_c adalah V_{a1} , V_{b1} , dan V_{c1} . Demikian pula, komponen urutan negatif adalah V_{a2} , V_{b2} , dan V_{c2} , sedangkan komponen urutan nol adalah V_{a0} , dan V_{c0} . Gambar 2.1. menunjukkan tiga himpunan komponen simetris semacam itu. Fasor arus akan dinyatakan dengan I dengan subskrip seperti untuk tegangan tersebut.

Karena setiap fasor tak seimbang, yang asli adalah juga komponen fasor asli yang dinyatakan dalam suku-suku komponennya adalah :

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0}$$

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

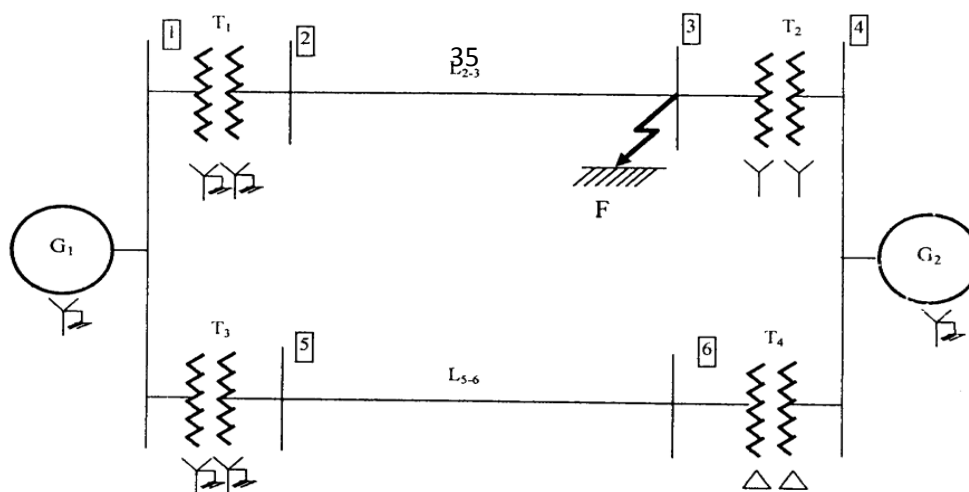
3.1. Data

Untuk dapat menghitung hasil dari hubung singkat dengan metode MVA hubung singkat maka disini akan diberi data-data sebagai berikut:

Tabel 1. Data-data sistem tenaga listrik untuk contoh perhitungan MVA hubung singkat sesuai dengan Gambar 2

Komponen	Kemampuan (MVA)	Tegangan (KV)	X_d	X'_d	X''_d
G_1	100	12.7	21	14	6
G_2	100	11.6	21	14	6
T_1	100	12.7/150	21	21	21
T_2	100	11.6/150	31	3	31
T_3	100	12.7/150	25	25	25
T_4	100	11.6/150	35	35	35
L_{2-3}	100	150	15	15	35
L_{5-6}	100	150	22	22	55

3.2. Rangkaian Diagram Satu Garis.

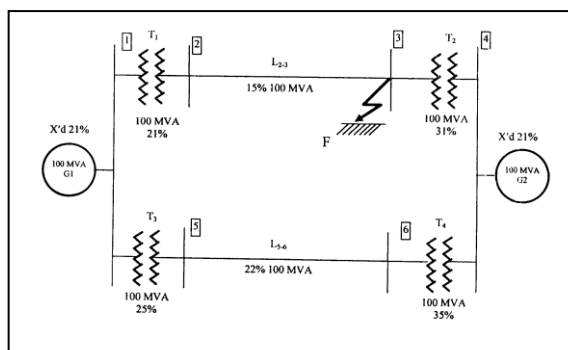


Gambar 2. Diagram satu garis sistem tenaga listrik untuk gangguan hubung singkat di Rel (Busbar) 3.

IV. PERHITUNGAN

4.1. Perhitungan MVA Hubung Singkat Komponen-Komponen Sistem.

➤ Urutan Positif



Gambar 3. Diagram urutan positif

➤ Transformator.

$$T_1 = 100 \text{ MVA}, X = 21 \% = 0.21$$

$$MVA_{hs} - T_1 = \frac{100}{0.21} = 476$$

$$T_2 = 100 \text{ MVA}, X = 31 \% = 0.31$$

$$MVA_{hs} - T_2 = \frac{100}{0.31} = 322$$

$$T_3 = 100 \text{ MVA}, X = 25 \% = 0.25$$

$$MVA_{hs} - T_3 = \frac{100}{0.25} = 400$$

$$T_4 = 100 \text{ MVA}, X = 35 \% = 0.35$$

$$MVA_{hs} - T_4 = \frac{100}{0.35} = 285$$

➤ Generator

$$* G_1 = 100 \text{ MVA} ; X'_d \text{ 21\%} = 0.21$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0.21} = 476 \text{ MVA}$$

$$G_1 = G_2$$

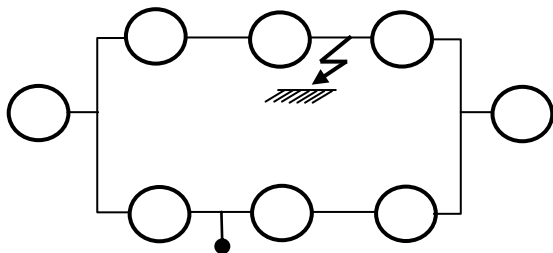
➤ Saluran :

$$* L_{2-3} = 100 \text{ MVA} ; X'_d = 15\% = 0.15$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0.15} = 666 \text{ MVA}$$

$$* L_{5-6} = 100 \text{ MVA} ; X'_d = 22 \% = 0.22$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0.22} = 454 \text{ MVA}$$



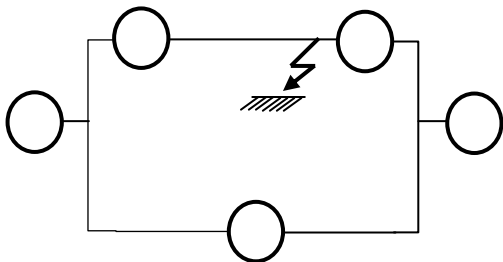
Gambar 4. Diagram satu garis MVA_{hs} hubungan singkat komponen urutan positif

$$* \frac{476.666}{476 + 666} = \frac{317016}{1142} = 277 \text{ MVA}$$

$$* \frac{1}{400} + \frac{1}{454} + \frac{1}{285} = 0.0025 + 0.0022 + 0.0035 = 0.0082 \text{ A}$$

$$= 121 \text{ MVA}$$

➤ Urutan Positif



Gambar 5. Diagram satu garis MVA hubungan singkat komponen urutan positif Penyederhanaan Gambar 4.

$$Y_1 = 277 ; Y_2 = 322 ; Y_3 = 121$$

$$\frac{Y_1 Y_2 + Y_2 Y_3 + Y_3 Y_1}{Y_1} = \frac{\Delta}{Y_1}$$

$$= \frac{277.322 + 322.121 + 121.277}{277}$$

$$= \frac{89194 + 38962 + 33517}{277}$$

$$= \frac{161673}{277}$$

$$= 583 \text{ MVA}$$

$$Y_B = \frac{\Delta}{Y_2}$$

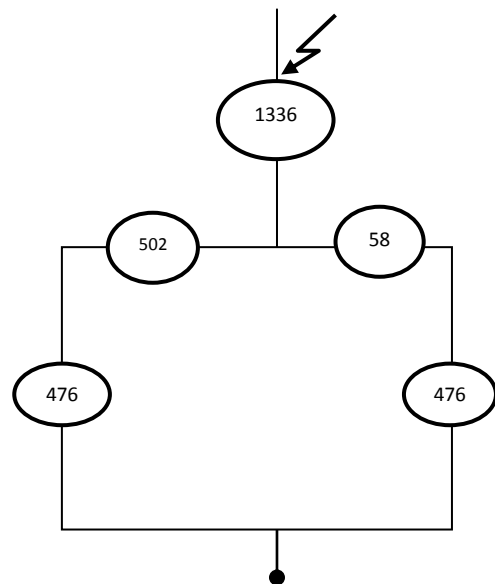
$$= \frac{161673}{322}$$

$$= 502 \text{ MVA}$$

$$Y_C = \frac{\Delta}{Y_3}$$

$$= \frac{161673}{121}$$

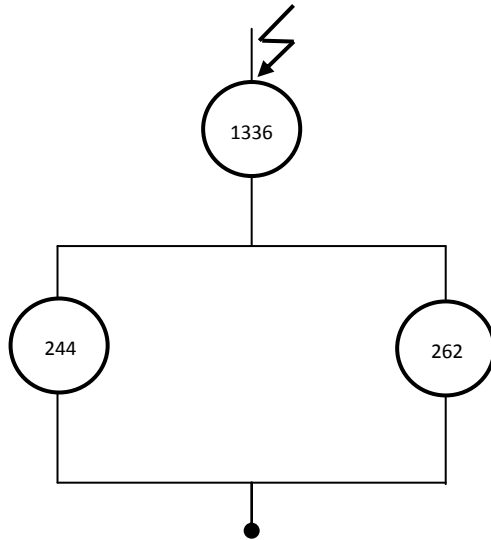
$$= 1336 \text{ MVA}$$



Gambar 6. Diagram satu garis MVA hubungan singkat komponen urutan positif penyederhanaan Gambar 5

$$➤ \frac{476.502}{476 + 502} = \frac{238952}{978} = 244 \text{ MVA}$$

$$\Rightarrow \frac{476.583}{476 + 583} = \frac{277508}{1059} = 262 \text{ MVA}$$

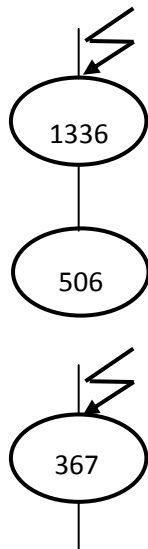


Gambar 7. Diagram satu garis MVA hubung singkat komponen urutan positif penyederhanaan Gambar 6

$$\Rightarrow 244 + 262 = 506 \text{ MVA}$$

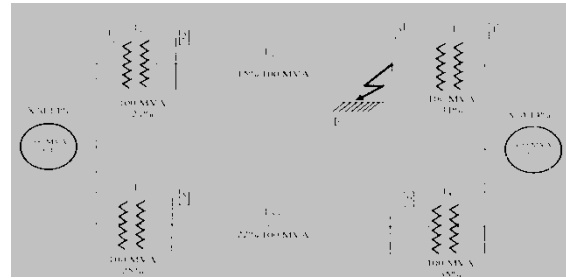
$$\Rightarrow \frac{1336.506}{1336 + 506} = \frac{676016}{1842} = 367 \text{ MVA}$$

MVA hubung singkat urutan positif = 367 MVA



Gambar 8. Diagram satu garis MVA hubung singkat komponen urutan positif penyederhanaan Gambar 7

➤ Urutan Negatif



Gambar 9. Diagram satu garis sistem tenaga listrik komponen urutan negatif

➤ Generator

$$* G_1 = 100 \text{ MVA} ; X''_d = 14 \% = 0.14$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0,14} = 714 \text{ MVA}$$

$$* G_1 = G_2$$

➤ Saluran

$$* L = 100 \text{ MVA} ; X''_d = 15 \% = 0.15$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0,15} = 666 \text{ MVA}$$

$$* L = 100 \text{ MVA} ; X''_d = 22 \% = 0.22$$

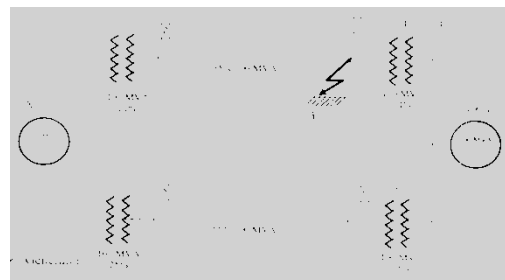
$$MVA_{hs} = \frac{100}{0,22} = 454 \text{ MVA}$$

$$* = \frac{476.666}{476 + 666} = \frac{317016}{1142} = 277 \text{ MVA}$$

$$* = \frac{1}{400} + \frac{1}{454} + \frac{1}{285} \\ = 0.0025 + 0.0022 + 0.0035 = 0.0082 \text{ A} \\ = 121 \text{ MVA}$$

Setelah dihitung untuk urutan negatif yaitu :
MVA hubung singkat urutan negatif = 420 MVA

➤ Urutan Nol



Gambar 10. Diagram satu garis sistem tenaga listrik komponen urutan nol

➤ Generator

$$* G_1 = 100 \text{ MVA} ; X''_d = 6 \% = 0.06$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0,06} = 1666 \text{ MVA}$$

$$G_1 = G_2$$

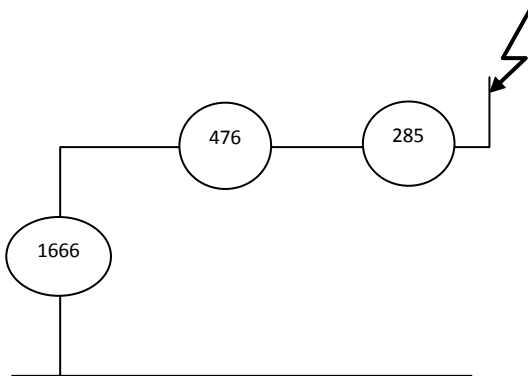
➤ Saluran

$$* L_{2-3} = 100 \text{ MVA} ; X''_d = 35 \% = 0.35$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0,35} = 285 \text{ MVA}$$

$$L_{5-6} = 100 \text{ MVA} ; X''_d = 55 \% = 0.55$$

$$MVA_{hs} = \frac{100}{0,55} = 181 \text{ MVA}$$

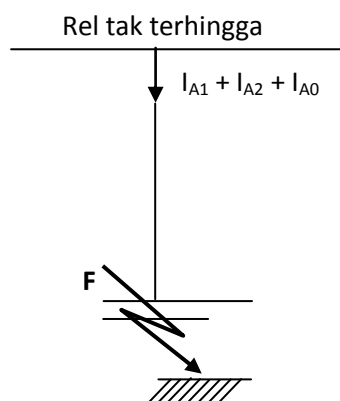


Gambar 11. Diagram satu garis MVA hubung singkat komponen urutan nol Penyederhanaan Gambar 10

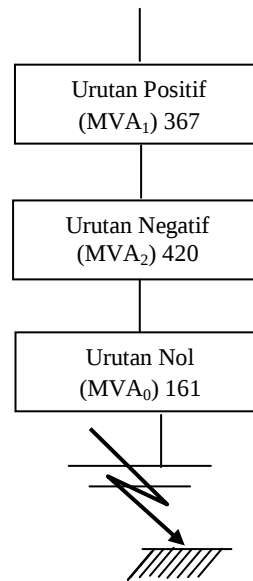
MVA hubung singkat urutan nol = 161 MVA

Perhitungan MVA Hubung Singkat Total Sistem.

Hubung Singkat Satu Fasa Ke tanah



Rel tak terhingga



Gambar 12. Diagram satu garis sistem tenaga listrik MVA hubung singkat total

$$MVA_T = MVA_1 || MVA_2 || MVA_0$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{367} + \frac{1}{420} + \frac{1}{161}}$$

$$= \frac{(24816540/367) + (24816540/420) + (24816540/161)}{24816540}$$

$$= \frac{67620 + 59087 + 154140}{24816540}$$

$$= \frac{280847}{24816540}$$

$$= \frac{24816540}{280847} = 88 \text{ MVA}$$

$$MVA_T = 88$$

$$\text{Arus hubung singkat} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} K V_{LL}}$$

$$= \frac{88.1000}{\sqrt{3} 150}$$

$$= \frac{88000}{259,8}$$

$$= 338$$

$$= 0,338 \text{ KA}$$

V. KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kita dapat mengetahui nilai komponen-komponen sistem dengan menggunakan perhitungan MVA hubung singkat komponen-komponen sistem yang terdiri dari beberapa urutan yaitu:
 - Nilai komponen urutan positif = 366 MVA
 - Nilai komponen urutan negatif = 420 MVA
 - Nilai komponen urutan nol = 161 MVA
2. Dengan menghitung nilai komponen urutan positif, nilai komponen urutan negatif dan nilai komponen urutan nol dengan menggunakan perhitungan MVA hubung singkat total sistem kita dapat mengetahui nilai MVA hubung singkat total sistemnya = 88 MVA, maka kita akan dapatkan nilai arus hubung singkat (I_{hs}) = 0,338 KA.
3. Pada perhitungan singkat untuk mendapat hasil yang lebih cepat dan tepat waktu yang singkat maka metode yang digunakan adalah dengan metode MVA hubung singkat.
4. Perhitungan dengan metode MVA hubung singkat merupakan perhitungan yang sederhana, dimana kita memakai penyederhanaan hubung rangkaian berdasarkan jenis keterhubungan

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Chen, T, H. 1994, *Complex Short Circuit MVA Method For Power System Studies*, IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., 141 (2) (81 – 84).
- [2]. Chen, T, H. 1996, *Application of The Complete Short-Circuit MVA Method to Power Flow Studies*, Electric Power System Research (38) (135-143).
- [3]. Grainger, John, J., Stevenson, Jr., William, D., 1994, *Power System Analysis*, McGraw Hill, Inc.
- [4]. Knable, Alvin H., 1967, *Electric Power Systems Engineering, Problems and Solutions*, McGraw-Hill Book Company.
- [5]. Stevenson, Jr, William, D. 1984, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Edisi ke empat penerbit Erlangga.
- [6]. Turan Gonen. *Modern Power System Analysis*.
- [7]. Tobing, Bonggas L, 1999, *Peralatan Tegangan Tinggi*, Universitas Sumatera Utara.
- [8]. Uppal S.I, 1980, *Electrical Power*, Delhi – 6 : Khana Publishers.
- [9]. W.F. Tinney and C.E. Hart, 1967, *Power Flow Solution By Newton's Method*, Trans. IEEE Power Appar. Syst., Pas – 86 (1449 – 1460).