



JURNAL AMPERE

VOL. 2 NO. 1
Januari - Juni 2017



ISSN : 2477-2755



9 772477 275007

Penerbit : Prodi Teknik Elektro Univ.PGRI Palembang

JURNAL AMPERE

Pelindung

Muhammad Firdaus (Univ. PGRI Palembang)

Pengarah

M. Saleh Al Amin (Univ. PGRI Palembang)

Adiguna (Univ. PGRI Palembang)

Aan Sefentry (Univ. PGRI Palembang)

Pimpinan Editorial

Emidiana (Univ. PGRI Palembang)

Dewan Editorial

Sabilal Rasyad (Politeknik Negeri Sriwijaya)

Nefo Alamsyah (Univ. Tridinanti Palembang)

M. Saleh Al Amin (Univ. PGRI Palembang)

Alimin Nurdin (Univ. PGRI Palembang)

Staff Editor

Nita Nurdiana (Univ. PGRI Palembang)

Endang Kurniawan (Univ. PGRI Palembang)

Alamat Redaksi :

Program Studi Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang
Jalan Jend. A. Yani Lorong Gotong Royong 9/10 Ulu Palembang Sumatera Selatan
Telp. 0711-510043 Fax. 0711-514782 e-mail : ampere_pgri@yahoo.com

JURNAL AMPERE

Volume 2, Nomor 1, Januari – Juni 2017

DAFTAR ISI

Artikel Penelitian	Halaman
1. Studi Penerapan Over Load Shediing (OLS) Relay pada Sisi Sekunder Transfor mator Daya 20 MVa Penyulang Aries 20 KV di Gardu Induk Lahat, Dian Eka Putra, Andi Siahaan.....	1-11
2. <i>Pengaruh Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah Terhadap Kinerja Alternator, Emidiana.....</i>	12-18
3. Analisa Penurunan Faktor Kerja Transformator Daya 30 MVA, Irine Kartika Febrianti.,	19-22
4. Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Gardu Induk Talang Ratu Palembang, Nita Nurdiana	23-30
5. Aplikasi Linier Programming Pada Sistim Optimasi Saluran Transmisi, Masayu Anisa, A.N Afandi, Sabilal Rasyad, Evelina, Taufik Roseno.....	31-38
6. Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang dibutuhkan Untuk Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Surya Darma.....	39-53
7. Analisa Penghematan Konsumsi Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara dan Sistem Penerangan di Area Produksi PT. Siwijaya Alam Segar Palembang, Dina Fitria, Yudi Irwansi, Yuwon.....	54--66
Petunjuk Untuk Penulisan	iii
Daftar Pustaka	iv



PENGARUH GANGGUAN HUBUNG SINGKAT 1 FASAKE TANAH TERHADAP KINERJA ALTERNATOR

Emidiana

Dosen Tetap Yayasan pada Prodi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

e-mail : emidianaal@yahoo.com

ABSTRAK

Pelayanan energi listrik hingga sampai ke konsumen tidak lepas dari gangguan. Sebagian besar gangguan yang terjadi merupakan gangguan tidak seimbang (tidak simetris), yang terdiri dari gangguan 1 fasa ke tanah, dua fasa ke tanah dan gangguan fasa ke fasa. Gangguan tidak seimbang yang terjadi pada busbar dapat menyebabkan: kerusakan pada alternator, berkurangnya batasan stabilitas sistem tenaga, rusaknya peralatan dan tegangan rendah yang disebabkan oleh hubung singkat, ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi, dan terpecahnya daerah pelayanan karena rentetan tindakan pengamanan oleh sistem proteksi yang berbeda – beda yang dikenal sebagai “cascading”. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan besar arus gangguan 1 fasa ke tanah, didapat : $-j1,216$ kA, tegangan-tegangan antar saluran saat gangguan 1 fasa ke tanah yang nilainya $V_{ab} = 8,8 \angle 38,8^{\circ}$ kV, $V_{bc} = 11 \angle -87,669^{\circ}$ kV, $V_{ca} = 9,1 \angle -37,04^{\circ}$ kV. Waktu yang diizinkan generator beroperasi dalam keadaan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah adalah : 134,23 detik

Kata kunci : Gangguan, Alternator, Komponen simetris.

PENDAHULUAN

Pelayanan energi listrik hingga sampai ke konsumen tidak lepas dari gangguan. Gangguan tersebut mungkin berasal dari sistem pembangkit itu sendiri (gangguan internal) atau berasal dari luar (gangguan eksternal). Gangguan eksternal terdiri dari gangguan simetris, yaitu gangguan 3 fasa ke tanah dan gangguan tidak simetris (gangguan tidak seimbang), yang terdiri dari gangguan 1 fasa ke tanah, 2 fasa ke tanah dan gangguan fasa ke fasa. Kebanyakan gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetris. Gangguan – gangguan tersebut akan mengakibatkan sistem pembangkit bekerja tidak seimbang, termasuk diantaranya generator.

Penelitian ini akan membahas gangguan-gangguan tak seimbang (asimetris) yang mungkin terjadi pada busbar yang akan mempengaruhi kinerja generator, menghitung besar arus dan menentukan waktu maksimum generator bekerja dalam keadaan gangguan agar tidak merusak generator tersebut. Gangguan yang akan dihitung adalah gangguan tidak seimbang 1 fasa ke tanah

TINJAUAN PUSTAKA

Gangguan adalah suatu ketidaknormalan dalam sistem tenaga listrik yang menyebabkan mengalirnya arus tidak seimbang atau dapat didefinisikan sebagai kecacatan yang mengganggu aliran normal arus ke beban (Adrian Mardensyah, 2008)

Hubung singkat gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem tenaga listrik, baik itu hubung singkat antarfasa ke tanah maupun hubung singkat antarfasanya. Saat gangguan terjadi, arus gangguan yang mengalir menuju pusat gangguan sangatlah besar, sehingga akan mempengaruhi kestabilan sistem secara keseluruhan, (A. Amira, 2014)

Gangguan hubung singkat dibagi menjadi :

- Gangguan simetris, misalnya 3 fasa ke tanah
- Gangguan asimetris, misalnya : hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa dan dua fasa ke tanah.

Secara umum besarnya arus gangguan dihitung menggunakan rumus :

$$I_f = \frac{V_s}{Z_s + Z_L + Z_f}$$

Dimana,

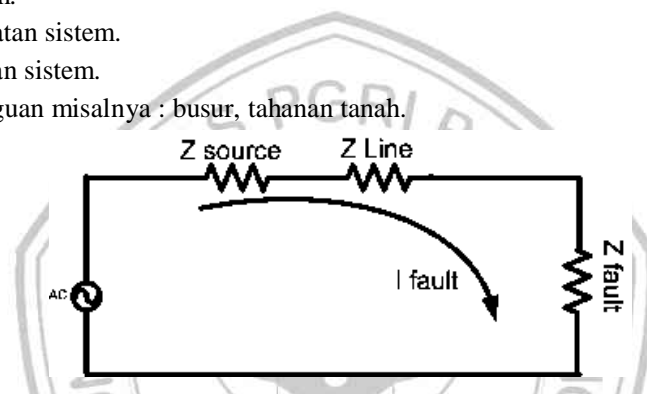
I_f = Arus gangguan

V_s = tegangan sistem.

Z_s : impedansi peralatan sistem.

Z_L : impedansi saluran sistem.

Z_f : impedansi gangguan misalnya : busur, tahanan tanah.



Gambar 1 Gambar rangkaian pada keadaan gangguan

Kebanyakan gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan asimetris (tidak simetris), dimana besar tegangan serta arus yang mengalir pada setiap fasa berbeda. Komponen simetris merupakan metode yang dikembangkan *C.L. Fortescue* pada tahun 1918. Perhitungannya dilakukan menggunakan komponen simetris. Metode ini memperlakukan tiga fasa yang tidak seimbang pada sistem tenaga listrik seolah-olah sistem tersebut seimbang (*Cristof Naek Halomoan*) Perhitungannya dilakukan menggunakan komponen simetris. Metode ini memperlakukan tiga fasa yang tidak seimbang pada sistem tenaga listrik seolah-olah sistem tersebut seimbang.

Komponen yang tidak simetris dapat dijabarkan menjadi tiga buah set komponen simetris, yaitu:

- Komponen urutan positif.
Terdiri dari tiga fasor yang besar magnitudenya sama, masing-masing terpisah 120° , memiliki fasa yang sama dengan fasa sistem. Komponen ini biasanya ditulis menggunakan indeks 1
- Komponen urutan negatif .
Terdiri dari tiga fasor yang besar magnitudenya sama, masing-masing terpisah 120° , memiliki fasa yang berkebalikan dengan fasa sistem. Komponen ini biasanya ditulis menggunakan indeks 2
- Komponen urutan nol.
Komponen ini terdiri dari tiga fasor yang memiliki magnitude dan fasa yang sama. Komponen ini biasanya ditulis menggunakan indeks 0.

Total arus maupun tegangan pada sistem tenaga listrik merupakan penjumlahan masing-masing komponen simetris. (Stevenson, 1983 : 261)

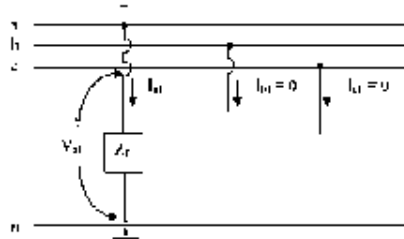
Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung lama pada sistem tenaga, akan menyebabkan:

- Berkurangnya batas-batas kestabilan suatu sistem tenaga.

- b. Rusaknya peralatan yang berada dekat gangguan yang disebabkan karena tidak seimbang, atau tegangan rendah yang disebabkan oleh hubung singkat.
- c. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadi hubung singkat, dan yang dapat menyebabkan
- d. Terpecah-pecahnya daerah pelayanan suatu sistem tenaga karena rentetan tindakan pengamanan yang dilakukan oleh sistem proteksi yang berbeda – beda yang dikenal sebagai “cascading”. (Stevenson, 1983: 317)

Gangguan Satu Fasa ke Tanah.

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi ketika sebuah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah (misal pada fasa a).



Persamaan ketika gangguan ini terjadi adalah :

$$I_B = 0$$

$$I_C = 0$$

$$V_A = 0$$

Sehingga didapat :

$$I_{A0} = \frac{1}{3} (I_A + 0 + 0)$$

$$I_{A1} = \frac{1}{3} (I_A + a (0) + a^2 (0))$$

$$I_{A2} = \frac{1}{3} (I_A + a^2 (0) + a (0))$$

$$I_{A0} = I_{A1} = I_{A2} = \frac{1}{3} I_A$$

Pada fasa generator, misal pada fasa A dengan menggunakan hukum kirchoff didapat :

$$V_{A1} = V_f - I_{A1} Z_1$$

$$V_{A2} = - I_{A2} Z_2$$

$$V_{A0} = - I_{A0} Z_0$$

$$V_A = V_{A1} + V_{A2} + V_{A0} = V_f - I_{A1} Z_1 - I_{A2} Z_2 - I_{A0} Z_0 = 0$$

$$V_B = a^2 V_{A1} + a V_{A2} + V_{A0}$$

$$V_C = a V_{A1} + a^2 V_{A2} + V_{A0}$$

Besar tegangan antar saluran saat gangguan adalah :

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

$$V_{BC} = V_B - V_C$$

$$V_{CA} = V_C - V_A$$

dengan :

$$V_A = V_{A1} + V_{A2} + V_{A0}$$

$$V_B = a^2 V_{A1} + a V_{A2} + V_{A0}$$

$$V_C = a V_{A1} + a^2 V_{A2} + V_{A0}$$

Besar arus gangguan = $I_{A1} = I_{A2} = I_{A0} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$

METODOLOGI PENELITIAN

1. Menentukan Arus Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi ketika sebuah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah

$$\text{Besarnya arus gangguan} = I_{A1} = I_{A2} = I_{A0} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

2. Menentukan Tegangan Antar Saluran

Tegangan antar saluran ditentukan dengan menggunakan rumus sbb :

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

$$V_{BC} = V_B - V_C$$

$$V_{CA} = V_C - V_A$$

dengan :

$$V_A = V_{A1} + V_{A2} + V_{A0}$$

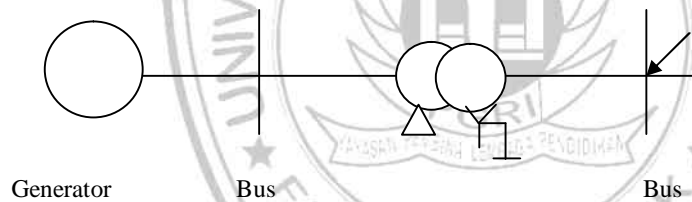
$$V_B = a^2 V_{A1} + a V_{A2} + V_{A0}$$

$$V_C = a V_{A1} + a^2 V_{A2} + V_{A0}$$

3. Menentukan waktu maksimum yang diizinkan generator beroperasi pada saat terjadi gangguan dengan menggunakan ketentuan berdasarkan jenis generator dan rumus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram Satu Garis



Suatu sistem pembangkit tenaga listrik dengan data sbb :

- Generator (terdiri dari 5 generator)
 - Daya = 5 x 20 MVA
 - Tegangan = 11 KV
 - $X'' = 0,045$ pu
 - $X_0 = 0,025$ pu
- Trafo Daya
 - Daya = 55 MVA
 - Rating tegangan = 150/120 KV
 - $X = 12\%$

Perhitungan

Diambil dasar dari generator dengan daya dasar 20 MVA dan tegangan dasar 11 KV, didapat impedansi generator :

$$Z_g = Z_{\text{diberikan}} (\text{pu}) = \left[\frac{MVA_{\text{dasar}}}{MVA_{\text{ada}}} \right] \left[\frac{KV_{\text{ada}}^2}{KV_{\text{dasar}}^2} \right]$$

$$Z_1 = Z_2 = 0,045 \left[\frac{100 MVA}{20 MVA} \right] \left[\frac{11 KV^2}{11 KV^2} \right]$$

$$Z_1 = Z_2 = 0,225 \text{ pu}$$

$$Z_0 = 0,025 \left[\frac{100 \text{ MVA}}{20 \text{ MVA}} \right] \left[\frac{11 \text{ KV}^2}{11 \text{ KV}^2} \right]$$

$$Z_0 = 0,125 \text{ pu}$$

Impedansi Trafo Daya

$$Z_{\text{dasar}} = \left[\frac{\text{KV}^2}{\text{MVA}} \right] = \frac{20^2}{55} = 7,27 \text{ ohm}$$

$$Z_{\text{trafo}} = 12\% \times 7,27 = 0,87 \text{ ohm}$$

$$Z_{\text{trafo}} = \frac{0,87}{7,27} = 0,12 \text{ pu}$$

$$Z_1 = Z_2 = 0,12 \text{ pu}$$

Z_0 untuk trafo yang terhubung delta :

$$Z_0 = 3 \times Z_1 = 3 \times 0,12 = 0,36 \text{ pu}$$

Ambil tegangan pada titik gangguan $E_a = 1 \text{ pu}$

$$I_{\text{dasar}} = \frac{\text{MVA}}{\sqrt{3} \text{KV}} = \frac{20 \text{NMVA}}{\sqrt{3} \cdot 11} = 1049,73 \text{ A}$$

Untuk gangguan 1 fasa ke tanah :

Fasa yang mengalami gangguan adalah fasa a, maka :

$$I_b = 0, I_c = 0, V_a = 0$$

$$Z_1 = Z_2 = j0,045 + j0,12 + j0,2 = j0,365$$

$$Z_0 = j0,36 + j1,5$$

$$\text{Arus urutan positif : } I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{1,0}{j0,356 + j0,365 + j1,86} = -j0,386 \text{ pu}$$

$$\text{Arus urutan negatif : } I_{a2} = I_{a1} = -j0,386 \text{ pu}$$

$$\text{Arus urutan nol : } I_{a0} = I_{a1} = -j0,386 \text{ pu}$$

$$\text{Sehingga didapat arus gangguan } I_a = 3I_{a1} = 3 \times (-j0,386) = -j1,158 \text{ pu}$$

$$I_a = -j1,158 \times 1049,73 \text{ A} = -j1,216 \text{ kA}$$

Komponen-komponen simetris antara titik a dan tanah adalah :

$$V_{a1} = E_a - I_{a1} Z_1 = 1 - (-j0,386)(j0,385) = 1 - 0,141 = 0,859 \text{ pu}$$

$$V_{a2} = -I_{a2} Z_2 = - (j0,386 \times j0,365) = -0,141 \text{ pu}$$

$$V_{a0} = -I_{a0} Z_0 = - (j0,386 \times j1,86) = -0,718 \text{ pu}$$

Tegangan-tegangan dari saluran ke tanah adalah :

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

$$V_a = 0,859 - 0,141 - 0,718 = 0$$

$$V_b = a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_b = 0,859 (-0,5 - j0,866) - 0,141 (-0,5 + j0,866) - 0,718$$

$$V_b = -1,077 - j0,866 = 1,382 \angle 38,8^\circ$$

$$V_c = a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_c = 0,859 (-0,5 + j0,866) - 0,141(-0,5 - j0,866) - 0,718$$

$$V_c = -1,1475 + j0,866 = -1,4376 \angle -37,04^\circ$$

Tegangan-tegangan antar saluran adalah :

$$V_{ab} = V_a - V_b = 0 - (-1,077 - j0,866) = 1,077 + j0,866 = 1,382 \angle 38,8^\circ$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = -1,077 - j0,866 - (-1,1475 + j0,866)$$

$$V_{bc} = 0,0705 - j 1,732 = 1,7334 \angle -87,669^\circ$$

$$V_{ca} = V_c - V_a = -1,1475 + j0,866 - (0) = -1,1475 + j0,866 = 1,4376 \angle -37,04^\circ$$

Dalam satuan volt :

$$V_{ab} = 1,382 \times \frac{11}{\sqrt{3}} = 8,8 \angle 38,8^\circ \text{ kV}$$

$$V_{bc} = 1,7334 \times \frac{11}{\sqrt{3}} = 11 \angle -87,669^\circ \text{ kV}$$

$$V_{ca} = 1,4376 \times \frac{11}{\sqrt{3}} = 9,1 \angle -37,04^\circ \text{ kV}$$

Pengaruh Komponen Arus Urutan Terhadap Alternator

- Arus urutan positif gangguan akan mengalir melalui impedansi-impedansi urutannya saja. Komponen arus urutan-negatif akan mengalir pada belitan stator dan berotasi pada kecepatan sinkron dengan arah yang berlawanan dengan arah putaran rotor yang menyebabkan panas pada belitan stator, dan menyebabkan hubung singkat

Tabel 1 Nilai Kapabilitas Mesin Sinkron

Tipe mesin sinkron	Nilai $I_2^2 t$ yang diizinkan
Generator kutub salient	40
Generator sinkron	30
Generator rotor silinder dengan pendingin langsung	20
Generator rotor silinder tanpa pendingin langsung	10

Generator pada penelitian, bertipe rotor silinder dengan pendingin langsung mempunyai nilai kapabilitas 20.

Nilai $I_2^2 t$ yang diizinkan = 20

Nilai t yang diizinkan = $\frac{20}{I_2^2} = \frac{20}{(-j0,386)^2} = 134,23$ detik

- Komponen arus urutan-nol tidak membahayakan alternator karena tidak menghasilkan fluksi pada celah udara antara rotor dan stator. (Daya Sari, 2009 : 72)

KESIMPULAN

1. Besar arus gangguan 1 fasakanah : -j1,216 kA
2. Tegangan-tegangan antar saluran saat gangguan 1 fasakanah adalah :
 $V_{ab} = 8,8 \angle 38,8^0$ kV
 $V_{bc} = 11 \angle -87,669^0$ kV
 $V_{ca} = 9,1 \angle -37,04^0$ kV
3. Waktu yang diizinkan generator beroperasi dalam keadaan gangguan hubung singkat 1 fasakanah adalah : 134,23 detik

DAFTAR PUSTAKA

1. Adrian Mardensyah, 2008
<http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/124057-R030814-Studi%20perencanaan-Literatur.pdf>
2. Cristof Naek Halomoan
<https://qtop.files.wordpress.com/2008/12/gangguan-pada-sistem-tenaga-listrik.pdf>
3. William D Stevenson, Jr, “Analisis Sistem Tenaga Listrik”, Penerbit Erlangga, Jakarta
4. A. Amira
<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=168834&val=5447&title>
5. Daya Sari, “Studi Tentang Pengaruh Gangguan Tidak Seimbang Pada Busbar Terhadap Generator Di Gardu Induk Paya Pasir”, Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro PPSE Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009