

Analisis Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Relai Gangguan Tanah Pada PLN Transmisi APP Malang (Aplikasi GI Sengkaling)

M. Hasbi Ashshiddiqi¹, Bambang Dwi Sulo², Bambang Minto B³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ²³Dosen Teknik Elektro, Universitas Islam Malang

Email: muhammadhasbi21@gmail.com

ABSTRAK

Proteksi terhadap sistem kelistrikan serta peralatannya adalah hal yang sangat dibutuhkan. Sistem proteksi berperan penting dalam mendeteksi adanya gangguan dan dapat mencegah kerusakan yang diakibatkan gangguan. Koordinasi sistem proteksi yang baik akan mengisolasi daerah gangguan dan mencegah pemadaman di daerah lain. Pada GI sengkaling terdapat beberapa penyulang dimana penyulang tersebut berfungsi sebagai sarana untuk pendistribusian tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen. Tetapi dalam kenyataannya penyulang tersebut sering mengalami gangguan, diantaranya adalah gangguan hubung singkat. Oleh karena itu untuk melokalisasi gangguan tersebut diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, keandalan, selektivitas dan kecepatan yang semuanya bergantung pada ketepatan setting peralatan proteksinya. Proteksi yang biasa digunakan untuk penyulang tegangan menengah adalah relai arus lebih (Over Current Relay) dan relai gangguan tanah (Ground Fault Relay), yaitu relai yang berfungsi untuk menginstruksikan pemutus tenaga untuk membuka, sehingga saluran udara tegangan menengah dipisahkan dari jaringan. Data pada penyulang panorama di GI sengkaling terdapat gangguan fasa ke tanah dimana diketahui Ia sebesar 56,50 A, Ib sebesar 59,50 A, dan Ic 82,00 A. Sehingga diketahui arus gangguan yang muncul di netral yaitu sebesar 31,37 A. Dalam hal ini akan dibahas seberapa besar pengaruh ketidakseimbangan beban tersebut terhadap relai gangguan tanah.

Kata Kunci : Sistem Proteksi, Relai Gangguan Tanah, Gangguan, GI Sengkaling.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada sistem distribusi tiga fasa keseimbangan sistem merupakan hal yang penting, karena sistem yang tidak seimbang akan menyebabkan dampak yang negatif pada sistem itu sendiri maupun beban, ataupun lingkungan di sekitar sistem. Ketidakseimbangan sistem ini dapat disebabkan oleh impedansi fasa tidak seimbang dan beban yang tidak seimbang pula.

Ketidakseimbangan sistem dapat dibagi dua yaitu ketidakseimbangan tetap (static) dan ketidakseimbangan sistem dinamis. Ketidakseimbangan sistem dinamis merupakan ketidakseimbangan yang bervariasi terhadap waktu. Keadaan ini dapat berlangsung dalam beberapa menit, detik dan bahkan lebih kecil lagi. Fluktuasi beban merupakan penyebab utama dari ketidakseimbangan dinamis ini.

Fungsi relai gangguan tanah adalah untuk mendeteksi suatu gangguan tanah.

Gangguan tanah yang menetap tidak boleh dibiarkan terlalu lama, walau kecil sekalipun,

karena dapat membawa efek negatif pada sistem maupun makhluk hidup di sekitar daerah gangguan. Titik gangguan harus dialokalisasi dan diperbaiki. (Nandafebriadi, 2008)

Bekerjanya relai gangguan tanah, bilamana terjadi aliran arus urutan nol (residu) pada relai gangguan tanah. Untuk mendapatkan arus residu ini ada beberapa metode yang harus dipergunakan dan salah satunya ada yang berdasarkan ketidakseimbangan arus fasa yang terjadi akibat gangguan fasa ke tanah. (Sutarto, 2009)

Ketidakseimbangan beban dapat ditandai dengan tidak seimbangannya aliran arus pada masing-masing fasanya dalam sistem tiga fasa. Jika hal ini dihubungkan dengan salah satu metode untuk mendapatkan arus residu, hubungan ini menunjukkan adanya aliran arus residu pada relai gangguan tanah akibat ketidakseimbangan arus fasa. Dari keterkaitan ini tampak bahwa ketidakseimbangan beban dapat menyebabkan terjadinya aliran arus residu pada relai gangguan tanah.

Gardu Induk Sengkaling merupakan sisi penerima tegangan 150 kV, menyalurkan daya listrik dengan tegangan 70 kV ke GI Blimbing, Selorejo dan Mendalan. (A.N Affandi, 2011)

GI sengkaling sendiri terdapat beberapa gangguan diantaranya beban tidak

seimbang. Ketidakseimbangan beban itu muncul karena beberapa sebab diantaranya yaitu tidak seimbangnya arus pada masing – masing fasanya, terjadinya arus gangguan satu fasa ke tanah. Pada GI sengkaling dalam mendeteksi adanya arus gangguan fasa ke tanah telah di proteksi dengan pengaman yang disebut rele gangguan tanah. Oleh karena itu penulis akan membahas tentang bagaimana pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap kerja rele gangguan tanah itu sendiri.

1.2. Rumusan Masalah

Dari permasalahan diatas dapat dirumuskan permasalahannya yaitu :

1. Bagaimana keadaan yang menyebabkan ketidakseimbangan sistem maupun beban itu sendiri ?
2. Seberapa besar pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap rele gangguan tanah itu sendiri ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan skripsi ini antara lain :

1. Perhitungan untuk mencari arus residu hanya disinggung pada penggunaan komponen simetris dan operator serta menggunakan impedansi urutan sendiri.
2. Perhitungan besar faktor ketidak seimbangan beban pada sistem yang dipasang rele gangguan tanah.
3. Perhitungan besar setting arus pada rele gangguan tanah.

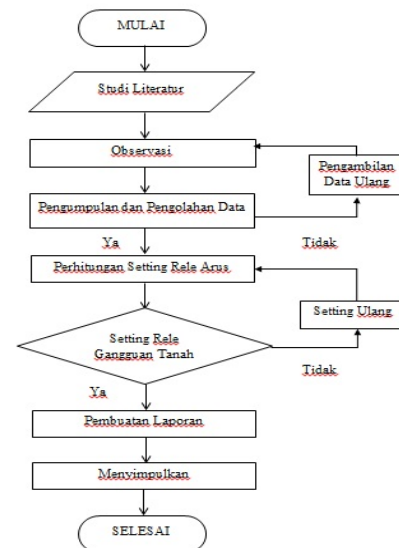
1.4. Tujuan Penelitian

Penulisan ini bertujuan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui faktor – faktor yang menyebabkan terjadinya ketidak seimbangan beban dan pengaruhnya terhadap rele gangguan tanah pada gardu induk distribusi.
2. Untuk mencari dan memperoleh besar ketidak seimbangan beban yang diizinkan pada sistem yang dipasang rele gangguan tanah pada gardu induk distribusi.
3. Pengaruh arus residu ketika bekerjanya rele gangguan tanah pada gardu induk distribusi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penyelesaian Masalah



Gambar 2.1 Flowchart Penelitian

2.2. Analisa Kebutuhan

Untuk menyelesaikan analisis ini, kebutuhan yang perlu disediakan yaitu:

1. Data beban beban
2. Single line diagram
3. Spesifikasi Relay

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Kerja Rele Gangguan Tanah

Rele gangguan tanah merupakan peralatan proteksi gangguan tanah yang arus urutan nol (arus residu) merupakan sumber penggerakannya. Arus urutan nol muncul bukan saja saat terjadinya suatu gangguan, namun terjadi juga pada faktor seperti beban yang tidak seimbang.

Seperti ketidakseimbangan beban pada sistem daya listrik, belum tentu akan menghasilkan arus urutan nol pada rele gangguan tanah. Tetapi hal ini perlu diperhatikan kondisi sistem dan beban maupun metode deteksi arus urutan nol untuk rele gangguan tanah.

Pada uraian bab-bab terdahulu, telah dipaparkan bahwa arus urutan nol terjadi pada keadaan beban tidak seimbang pada kondisi sistem dan beban ditanahkan serta metode arus urutan nol. Terjadinya arus urutan nol pada rele gangguan tanah akan mempengaruhi kerja rele gangguan tanah. Pada uraian berikut ini akan diterangkan bagaimana pengaruh terjadinya dan seberapa

jauh ketidakseimbangan beban dapat mempengaruhi rele gangguan tanah.

Menurut standard IEC ketidakseimbangan beban yang diijinkan adalah sebesar 5% (Sulistiyowati, 2012). Dengan tingginya ketidakseimbangan beban berpengaruh terhadap besarnya arus netral, dimana arus netral yang besar mengakibatkan losses bertambah dan kualitas tenaga yang rendah sehingga berpengaruh terhadap kualitas sistem penyaluran tenaga listrik. Berdasarkan hal tersebut maka perlu untuk melakukan perhitungan besarnya ketidakseimbangan beban tersebut.

Di GI Sengkaling sendiri terdapat beberapa masalah yaitu beban yang tidak seimbang. Penyebab ketidakseimbangan beban itu sendiri diakibatkan oleh adanya gangguan arus hubung singkat antar fasa maupun gangguan fasa ke tanah. Di bawah ini merupakan kondisi ketidakseimbangan beban pada penyulang di GI Sengkaling.

Data pada GI Sengkaling terdapat gangguan fasa ke tanah pada penyulang Panorama dimana diketahui arus perfasanya yaitu:

$I_a = 56,50 \text{ A}$ $I_n = 31,37 \text{ A}$
 $I_b = 59,50 \text{ A}$
 $I_c = 82,00 \text{ A}$

3.2. Batas Ketidakseimbangan Beban Yang Dapat Mempengaruhi Kerja Rele Gangguan Tanah

Arus residu yang mengalir pada rele gangguan tanah akibat beban yang tidak seimbang dalam sistem daya listrik tiga fasa, bergantung dari besar dan kecilnya beban yang terjadi dan faktor ketidakseimbangan beban. Beban yang berbeda dengan faktor ketidakseimbangan beban yang sama tidak akan memberikan arus residu yang sama. Beban yang besar akan memberikan arus residu yang kecil pula.

Aliran arus residu pada rele gangguan tanah melebihi dari setting rele gangguan tanah itu sendiri akan membuat rele gangguan tanah bekerja. Aliran arus residu pada rele gangguan tanah akibat beban yang tidak seimbang akan dipengaruhi oleh kenaikan beban dan faktor ketidakseimbangan beban.

Batas ketidakseimbangan beban yang dapat mempengaruhi kerja rele gangguan tanah, bilamana arus residu yang terjadi akibat beban

tidak seimbang melewati setting rele gangguan tanah. Untuk memperbesar batasan ketidakseimbangan ini adalah dengan memperbesar setting rele gangguan tanah.

Ketidakseimbangan beban dapat mempengaruhi kerja rele gangguan tanah faktor terutama pada beban yang cukup besar. Dalam penentuan setting rele gangguan tanah faktor ketidakseimbangan beban perlu mendapatkan perhatian. Supaya rele gangguan tanah tidak berpengaruh terhadap beban yang tidak seimbang, setting rele gangguan tanah harus lebih besar dari arus residu yang terjadi akibat beban yang tak seimbang pada beban maksimum dan faktor ketidakseimbangan lainnya.

Arus beban diatur dengan anggapan faktor daya untuk ketiga fasa adalah sama, jadi arus fasanya mempunyai selisih sudut satu dengan yang lainnya 120°. Ketidakseimbangan arus diatur sehingga didapatkan arus residu sama dengan setting primer arus rele gangguan tanah.

Ketidakseimbangan arus ini dapat menentukan besar komponen arus simetrisnya, faktor ketidakseimbangan beban dan daya yang dihasilkan.

Dimana :

Arus Residu : I_n
 $= 3I_{a0} = I_a + I_b + I_c$
Arus urutan positif :
 $I_{a1} = 1/3 (I_a + aI_b + a^2I_c)$
Arus urutan negatif :
 $I_{a2} = 1/3 (I_a + a^2I_b + aI_c)$
Faktor ketidakseimbangan beban :
 $(I_{a2}/I_{a1}) \times 100\%$
Daya yang dihasilkan :
 $ST = V_{an}I_a + V_{bn}I_b + V_{cn}I_c$

3.3. Setting Arus Rele Gangguan Tanah

1. Setting Waktu dan Arus Rele Gangguan Tanah

Dalam menghitung setting arus rele gangguan tanah, karakteristik yang digunakan pada jaringan listrik adalah jenis normally invers, maka untuk perhitungannya digunakan rumus:

$$t = (0,14 \times T_{ms}) / [I_{fault} / I_{set}]$$

Dimana :

t = Waktu operasi rele (detik)

T_{ms} = Time multiple setting

Ifault = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (Amp)
 Iset = Arus yang disetting pada rele (Amp)

2. Setting Arus Rele Gangguan Tanah di Feeder 20kV (Outgoing)

✓ Setelan Arus Rele Gangguan Tanah

Untuk menentukan Iset rele gangguan tanah biasanya dipilih 10% - 20% dari Iset OCRnya dimana untuk setelan arus OCR dihitung berdasarkan arus beban mengalir di penyulungan atau incoming transformator:

- Untuk rele arus lebih yang terpasang di penyulang dihitung berdasarkan arus beban maksimum yang mengalir di penyulang tersebut.
- Untuk rele arus lebih yang terpasang di incoming trafo dihitung berdasarkan arus nominal trafo tersebut.

Rele invers biasanya diset sebesar $(1,05-1,1) \times I$ beban. Sedangkan relay definite diset sebesar $(1,02-1,3) \times I$ beban.

3. Setting Arus Rele Gangguan Tanah Di Incoming Transformator

Diketahui data sebagai berikut :

Merk = Unindo
 Kapasitas Transformator = 60 MVA

3.4. Perhitungan Pengaruh Ketidakseimbangan Beban

Perhitungan ini dilakukan pada sistem distribusi tiga fasa tiga kawat 20 kV mempergunakan transformator daya 60 MW. Pentanahan netralnya melalui tahanan 40 Ohm dan setting primer rele gangguan tanah pada setting sensitive yaitu 10% dari arus tanah maksimum yang terjadi pada sistem impedansi induktif urutannya adalah $X_1 = X_2 = X_0 = 38,3\%$.

➤ Penentuan Setting Rele Gangguan Tanah

Arus gangguan tanah :

$$I_G = \frac{3V_{L-N}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3(Z_G + R_n)}$$

Dimana :

I_G = Arus gangguan tanah
 V_{L-N} = Tegangan fasa ke netral
 Z_1, Z_2, Z_0 = impedansi urutan positif, negatif dan nol
 R_n = Tahanan pentanahan

Z_G = Impedansi gangguan

Arus gangguan maksimum bilamana $Z_G = 0$ maka Persamaan (4-6) menjadi:

$$I_G = \frac{3V_{L-N}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3R_n}$$

Perhitungan ini didasarkan pada transformator 60 MW (MVA)

3.5. Pengaturan Arus Beban

Arus beban diatur dengan anggapan faktor daya untuk ketiga fasa adalah sama, ketidakseimbangan yang diatur hanya besaran saja, jadi arus fasanya mempunyai selisih sudut satu dengan yang lainnya 120° . Ketidakseimbangan arus diatur sedemikian rupa sehingga didapat arus residu sama dengan setting primer arus rele gangguan tanah. Pengaturan ini dilakukan dari beban kecil sampai dengan arus beban penuh, fasa yang diaturnya hanya satu yaitu fasa b saja.

Ketidakseimbangan arus ini dapat menentukan besar komponen arus simetrisnya, dimana:

$$\text{Arus residu} : I_n = I_{a0} = I_a + I_b + I_c$$

$$\text{Arus urutan positif} : I_{a1} = 1/3 (I_a + aI_b + a^2I_c)$$

$$\text{Arus urutan negatif} : I_{a2} = 1/3 (I_a + a^2I_b + aI_c)$$

3.6. Perhitungan Arus

$$I_a = 115 \angle 0^\circ = 115 \text{ Ampere}$$

$$I_b = 110 \angle -120^\circ = -85 - j147,22 \text{ Ampere}$$

$$I_c = 115 \angle 120^\circ = -100 + j173,2 \text{ Ampere}$$

3.7. Faktor Ketidakseimbangan Beban

$$S_T = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} \times 100\%$$

$$= \frac{20 \angle -60^\circ}{113 \angle 0^\circ} \times 100\%$$

$$= 17,6\%$$

Dengan diperoleh dari nilai faktor ketidakseimbangan beban di atas, maka nilai tersebut akan membuat rele gangguan tanah akan bekerja dan memberikan sinyal kepada PMT untuk memutuskan sistem jaringan listrik tersebut.

3.8. Daya Yang Mengalir Pada Beban

$$S_A = V_{an} \cdot I_a ; S_B = V_{bo} \cdot I_b ; S_C = V_{cn} \cdot I_c$$

$$S_T = S_A + S_B + S_C = V_{an} (I_a + I_b + I_c)$$

$$\begin{aligned}
S_r &= \frac{20}{\sqrt{3}} \text{KB} (I_a + I_b + I_c) \\
&= \frac{20}{\sqrt{3}} \text{KV} (115 + 110 + 115) \\
&= 11,56 \text{ KV} \times 340 \text{ A} \\
&= 3.930,4 \text{ KVA}
\end{aligned}$$

4. PENUTUP

1. Ketidakseimbangan beban merupakan hal yang wajar apabila tidak melebihi batas toleransinya. Namun apabila ketidakseimbangan beban melebihi batas yang telah ditentukan akan berdampak pada gangguan maupun kerusakan pada jaringan dan peralatan itu sendiri.
2. Dari hasil perhitungan yang dilakukan diperoleh faktor ketidakseimbangan bebannya, (ST) = 17,6%. Nilai ini akan membuat rele gangguan tanah akan trip sesaat tetapi tidak mengakibatkan sampai terjadinya pemadaman listrik di konsumen. Hanya menyebabkan berkurangnya supply daya listrik pada fasa-fasa tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa di GI Cawang*. Universitas Indonesia.

Franky. 2008. *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Tiga Fasa Terhadap Hasil Pengukuran*. Universitas Indonesia.

Husodo, Budi Yanto. 2014. *Analisa Perhitungan dan Pengaturan Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Kubikel Cakra 20 kV di PT XYZ*. Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Sutarto, 2009. *Analisa Perhitungan Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Pentanahan Pada Panel Utama Tegangan Rendah di PT. Sinar Inti Elektrindo Raya*. Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Yasin, Mohammad. 2006. *Studi Aliran Daya Untuk Beban Tak Seimbang (Studi Kasus Sistem Tenaga Listrik 150 kV Jawa Tengah dan DIY)*. Universitas Negeri Gorontalo.