

## MAKALAH

### “STUDI PENGARUH PENTANAHAN NETRAL TRAFODAYA 2 X 42 MVA TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE TANAH DENGAN SIMULASI *EMTP*”

(Aplikasi pada SUTT 150 kV P. Limo – GIS Simpang Haru)



MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL. :	20-5-2014
S. POKOK HARGA :	Hd
KOLEKSI :	U1
NO. INVENTARIS :	832/Hd/2014-5-1 (1)
KLASIFIKASI :	

Oleh:

**Elfizon, S.Pd., M.Pd.T**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2014**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang atas rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penyusunan makalah yang berjudul “**Studi Pengaruh Pentanahan Netral Trafo Daya 2 X 42 MVA Terhadap Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Dengan Simulasi *EMTP***”.

Dalam penulisan makalah ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, khususnya kepada :

1. Bapak Drs. H. Aswardi, M.T selaku Pembahas yang telah meluangkan waktu dan pikiran memberikan pengarahan, dorongan dalam rangka penyusunan makalah ini
2. Seluruh Bapak/Ibu Staf Pengajar dan Teknisi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
3. Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih kepada keluarga tercinta yang telah memberikan dorongan dan bantuan serta pengertian yang besar kepada penulis.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam penulisan makalah ini.

Akhirnya penulis berharap semoga Allah memberikan imbalan yang setimpal pada mereka yang telah memberikan bantuan, dan dapat menjadikan semua bantuan ini sebagai ibadah, Amiin Yaa Robbal ‘Alamiin.

Dalam Penulisan makalah ini penulis merasa masih banyak kekurangan-kekurangan baik pada teknis penulisan maupun materi, mengingat akan kemampuan yang dimiliki penulis. Untuk itu kritik dan saran dari semua pihak sangat penulis harapkan demi penyempurnaan pembuatan makalah ini.

Padang, 20 Mei 2014

Penulis

## HALAMAN REKOMENDASI

### STUDI PENGARUH PENTANAHAN NETRAL TRAFODAYA 2 X 42 MVA TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE TANAH DENGAN SIMULASI *EMTP*

(Aplikasi pada SUTT 150 kV P. Limo – GIS Simpang Haru)

Oleh :

**Elfizon, S.Pd.,M.Pd.T**


**Makalah ini telah diperiksa/disetujui oleh Pembahas dan merekomendasikan  
layak untuk dijadikan bahan referensi serta untuk di publikasikan**

Diketahui Oleh  
Ketua Jurusan T. Elektro FT-UNP



**Oriza Candra, S.T., M.T**  
NIP. 19721111-199903 1 002

Padang, 20 Mei 2014  
Pembahas,



**Drs. H. Aswardi, M.T**  
NIP. 19590221 198501 1 014

**STUDI PENGARUH PENTANAHAN NETRAL TRAF0 DAYA 2 X 42  
MVA TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE  
TANAH DENGAN SIMULASI *EMTP*  
(Aplikasi pada SUTT 150 kV P. Limo – GIS Simpang Haru)**

Oleh :

**Elfizon, S.Pd.,M.Pd.T**  
Jurusan Teknik Elektro FT UNP Padang  
Email : elfizon@ft.unp.ac.id

**ABSTRAK**

Penelitian ini adalah penelitian kasus atau penelitian lapangan yang bertujuan untuk melihat Pengaruh Pentanahan Netral Trafo Daya 2x42 MVA terhadap gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dengan simulasi *Electromagnetik Transient Program (EMTP)* yaitu suatu program komputer terintegrasi yang didesain untuk menyelesaikan permasalahan peralihan (*transients*) pada sistem tenaga listrik. Penelitian ini diaplikasikan pada saluran transmisi 150 kV antara GI P. Limo – GIS Simpang Haru Padang.

Hasil Penelitian menunjukkan untuk kondisi gngguan satu fasa ketanah, nilai tahanan pentanahan trafo sangat berpengaruh sekali terhadap besarnya tegangan dan arus gangguan, dengan memvariasikan nilai tahanan pentanahan netral tarafa mulai dari 4 $\Omega$ , 12 $\Omega$ , 40 $\Omega$ , 100 $\Omega$ , 200 $\Omega$  dan 500 $\Omega$  menghasilkan bentuk karakteristik dan nilai puncak gelombang gangguan yang berbeda-beda, semakin besar tahanan pentanahan pada transformator, maka arus gangguan ( $I_{hs}$ ) nya akan semakin kecil. Pada GIS Simpang haru dengan pentanahan netral trafo 40 Ohm, dirasa sudah cukup aman dalam mengamankan gangguan hubung singkat fasa – tanah, dimana dengan arus gangguan hampir mencapai 656,5A sudah mampu untuk mentriapkan relai gangguan tanah (OCGR 300/5A).

**I. PENDAHULUAN**

Saluran transmisi memegang peranan yang sangat penting dalam proses penyaluran daya dari pusat-pusat pembangkit ke pusat-pusat beban. Agar dapat melayani kebutuhan tersebut maka diperlukan sistem transmisi tenaga listrik yang handal dengan tingkat keamanan yang memadai. Keandalan suatu sistem tenaga listrik dapat dilihat dari tingkat gangguan yang terjadi pada sistem tersebut.

Semakin panjang saluran transmisi yang digunakan, maka semakin besar kemungkinan gangguan yang terjadi pada saluran transmisi tersebut. Bagian yang sering mengalami gangguan pada saluran transmisi adalah kawat transmisi, karena bagian ini adalah bagian yang terbuka dan melewati medan

yang berbeda-beda dengan iklim yang berbeda pula. Gangguan yang terjadi pada saluran transmisi secara umum disebabkan oleh beberapa hal antara lain gangguan petir, angin, banjir, gangguan binatang dan kerusakan isolasi serta gangguan sistem seperti tidak normalnya kerja unit pembangkit.

Saluran transmisi 150 kV antara GI P. Limo dengan GIS Simpang Haru dengan panjang saluran sekitar 7 km, merupakan salah satu jaringan transmisi yang sangat dibutuhkan kontinuitas penyaluran tenaga listriknya ke konsumen. Di mana kota Padang merupakan ibu kota propinsi yang memiliki pemakai listrik yang heterogen seperti industri, pusat pelayanan umum, gedung perkantoran, sarana pendidikan serta rumah tangga. Untuk itu memerlukan kontinuitas pelayanan listrik yang efektif dari saluran transmisi, karena padamnya listrik akan mengakibatkan terhentinya seluruh aktivitas pemakai listrik.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dilapangan gangguan tersebut pada umumnya adalah gangguan hubung singkat yang sifatnya temporer (sementara) apakah itu gangguan angin kencang saat hujan lebat ataupun gangguan sambaran petir. Gangguan hubung singkat yang sering terjadi itu adalah gangguan hubung singkat fasa- tanah. Hal ini ditandai dengan relay gangguan tanah atau Ground Fault Relay (GFR) lebih sering terganggu dibandingkan dengan relai – relai yang lainnya.

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah arus gangguan sangat besar. Sehingga dapat merusak peralatan atau elemen-elemen sirkuit, juga menyebabkan jatuhnya tegangan dan frekuensi sistem, sehingga kerja paralel dari unit-unit pembangkit menjadi terganggu pula. Karena pada saat gangguan satu fasa ketanah, sangat berpengaruh sekali terhadap mesin penggerak mulanya :

Oleh karena itu sistem tenaga listrik harus ditanahkan. Pentanahan system tenaga listrik dilakukan dengan titik netral sistemnya ditanahkan melalui tahanan atau reaktansi. Pemasangan pentanahan system umumnya dapat dilakukan pada generator atau transformator daya dengan hubungan belitan wye (Y). Dengan demikian pada saat hubung singkat tegangan transient

dan arus peralihan yang merambat ke peralatan (trafo) dapat dialurkannya melalui tahanan pentanahan netralnya.

Pemilihan pentanahan yang akan dipasang pada trafo perlu melihat pasokan daya dari pusat listrik ke beban dan besarnya arus gangguan fasa ketanah. Besar arus hubung singkat itu tergantung dari besar kapasitas sumber daya, konfigurasi dari sistem dan jarak gangguan dari unit pembangkit. Sebagaimana pentanahan netral trafo pada GIS Simpang haru adalah menggunakan pentanahan tahanan NGR 40 Ohm untuk kedua trafonya.

Karena seringnya terjadi gangguan hubung singkat fasa – tanah yang berdampak buruk terhadap peralatan Gardu Induk (khususnya trafo) maka dalam penelitian ini penulis akan mencoba mempelajari pengaruh nilai tahanan pentanahan netral pada trafo 2 x 42 MVA jika terjadi gangguan hubung singkat pada saluran 150 kV antara P. Limo – GIS Simpang Haru dengan menggunakan simulasi *Electromagnetic Transients Program (EMTP)*

## II. PERUMUSAN MASALAH

Fokus penelitian secara spesifik menitik beratkan pada beberapa aspek persoalan dalam operasional sistem tenaga listrik, maka untuk melakukan pendekatan analisis dalam persoalan ini dapat diformulasikan dalam bentuk pertanyaan :

“Seberapa besar pengaruh nilai pentanahan netral trafo daya 2 x 42 MVA yang bekerja terhadap gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada saluran 150 kV antara P. Limo – GIS Simpang Haru?”

## III. TUJUAN DAN KEGUNAAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk melihat pengaruh pentanahan netral trafo daya 2 x 42 MVA terhadap gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.
2. Untuk mengetahui berapa besar arus gangguan ( $I_{hs_{max}}$ ) yang terjadi pada titik gangguan akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah
3. Untuk menggambarkan profil arus gangguan saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah.

4. Sebagai bahan perbandingan bagi PT. PLN (persero) khususnya GIS Simpang Haru dalam pemilihan pemasangan tahanan pentanahan netral pada trafo daya 2 x 42 MVA
5. Secara umum dapat mengembangkan dan mempelajari secara mendalam program EMTP untuk menganalisa masalah kelistrikan.

#### IV. LANDASAN TEORI

##### 4.1. Tujuan Pentanahan Titik Netral Sistem

Adapun tujuan pentanahan titik netral sistem adalah sebagai berikut :

1. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
2. Membatasi tegangan-tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
3. Meningkatkan keandalan (*reability*) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
4. Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (*restrike ground fault*).
5. Memudahkan dalam menentukan sistem proteksi serta memudahkan dalam menentukan lokasi gangguan.

##### 4.2. Jenis – jenis Metode Pentanahan Netral Sistem Tenaga

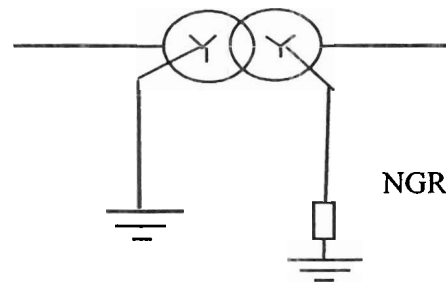
Menurut Hutaeruk (1991 : 1) jenis – jenis metode pentanahan netral sistem tenaga dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya adalah :

- 1) Pentanahan melalui Tahanan (*resistance grounding*)
- 2) Petanahan melalui Reaktor (*reactor grounding*)
- 3) Pentanahan tanpa Impedansi (*soild grounding*)
- 4) Pentanahan dengan kumparan Petersen (*Peterson Coil*)

##### 4.3. Neutral Grounding Resistance (NGR)

NGR adalah tahanan yang dipasang antara titik netral trafo dengan pentanahan dimana berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi sehingga diperlukan proteksi yang praktis dan tidak terlalu mahal karena karakteristik rele dipengaruhi oleh sistem pentanahan titik

netral. NGR trafo dipasang pada titik netral trafo yang dihubungkan Y (bintang), seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 1. NGR pada Transformator Tenaga  
(PT. PLN Persero : Jasdik)

NGR biasanya dipasang pada titik netral trafo 70 kV atau 20 kV, sedangkan pada titik netral trafo 150 kV dan 500 kV digrounding langsung (solid).

Menurut PT. PLN Persero : Jasdik 2005, dalam menentukan nilai tahanan NGR adalah sebagai berikut :

- a) Tegangan 70 kV adalah 40 Ohm
- b) Tegangan 20 kV adalah 4 Ohm, 12 Ohm, 40 Ohm, 100 Ohm, 200 Ohm dan 500 Ohm (tergantung dari besarnya arus gangguan tanah)

Sebagaimana yang diterapkan pada transformator daya 2 x 42 MVA GIS Simpang haru, dimana kedua transformator tersebut pada sisi 150 kV ditanahkan langsung (*Solid Grounding*). Sedangkan pada sisi 20 kV menggunakan pentanahan dengan tahanan NGR 40 ohm.

#### 4.4. Komponen Simetris

Perhitungan hubung singkat adalah suatu analisa kelakuan 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 atau antara kawat fasa yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan.

Didalam sistem tenaga listrik berfasa tiga gangguan hubung singkat yang dapat terjadi adalah :

- 1) Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah
- 2) Gangguan hubung singkat dua fasa
- 3) Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik pada waktu perencanaan maupun setelah beroperasi kelak, kegunaannya antara lain :

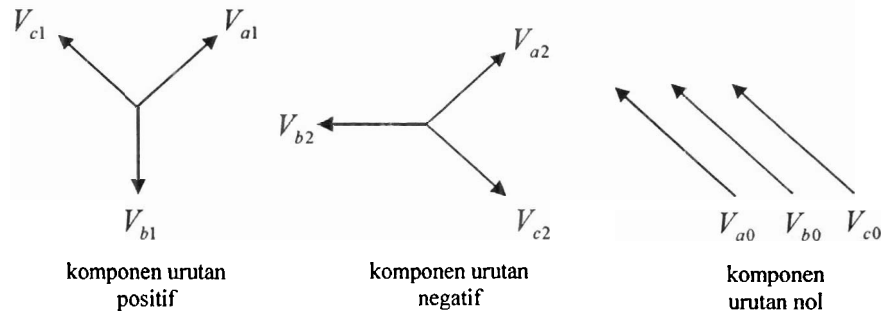
- 1) Untuk menentukan seting dan koordinasi peralatan proteksi.
- 2) Untuk menentukan kapasitas alat pemutus daya.
- 3) Untuk menentukan rating hubung singkat peralatan jaringan
- 4) Untuk menganalisa sistem jika hal-hal yang kurang memuaskan yang terjadi pada waktu sistemnya sudah beroperasi.

Metoda komponen simetris yang digunakan dalam perhitungan yang berhubungan dengan keadaan yang tidak seimbang pada jaringan listrik tiga fasa, dan secara khususnya untuk perhitungan hubung singkat yang tidak seimbang pada pembangkit listrik.

Komponen-komponen simetris yang seimbang ini dinamakan :

- a. Komponen urutan positif, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan berbeda sudut fasanya  $120^0$  dan mempunyai urutan • yang sama dengan fasa aslinya.
- b. Komponen urutan negatif, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya yang berbeda sudut fasanya  $120^0$  dan mempunyai fasor urutan fasa yang berlawanan dengan fasa aslinya.
- c. Komponen urutan nol, yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan berbeda fasanya  $0^0$ .

Tujuan lain adalah untuk memperlihatkan bahwa setiap fasa dari sistem tiga fasa tak seimbang dapat dipecah menjadi tiga set komponen simetris.

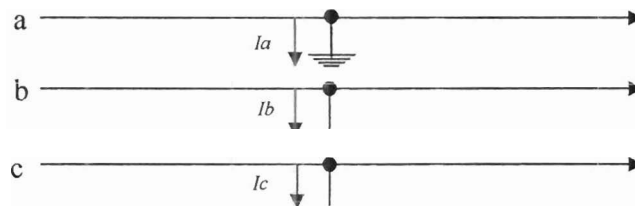


Gambar 2. Vektor diagram untuk komponen urutan  
*Stevenson, Jr (1996 : 261)*

#### 4.5. Gangguan Hubung Singkat

##### 4.5.1. Gangguan Satu Fasa ke Tanah.

Untuk gangguan ini dianggap fasa a mengalami gangguan. Gangguan ini dapat digambarkan pada gambar berikut ini



Gambar 3. Gangguan satu fasa ke tanah  
*Stevenson. Jr (1996 : 299)*

Kondisi terminalnya sebagai berikut :

$$I_b = 0 ; I_c = 0 ; V_a = 0$$

Untuk persamaan arus yang digunakan di dapat dari komponen simetris dari arus :

$$I_{a0} = 1/3(I_a + I_b + I_c) = 1/3 I_a$$

$$I_{a1} = 1/3(I_a + a I_b + a^2 I_c) = 1/3 I_a$$

$$I_{a2} = 1/3(I_a + a^2 I_b + a I_c) = 1/3 I_a$$

$$\text{Jadi, } I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = 1/3 I_a$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa masing-masing arus urutan sama.

Dari persamaan 2.11 diatas bila di turunkan menjadi :

$$V_{a1} = V_f - I_{a1} \cdot Z_1$$

$$V_{a2} = -I_{a2} \cdot Z_2$$

$$V_{a0} = -I_{a0} \cdot Z_0$$

Bila  $I_{a2}$  dan  $I_{a0}$  diganti dengan  $I_{a1}$  kita dapatkan :

$$V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = -I_{a1} \cdot Z_0 + V_f - I_{a1} \cdot Z_1 - I_{a1} \cdot Z_2$$

Karena :  $V_c = V_{a0} - V_{a1} + V_{a2} = 0$  maka didapat :

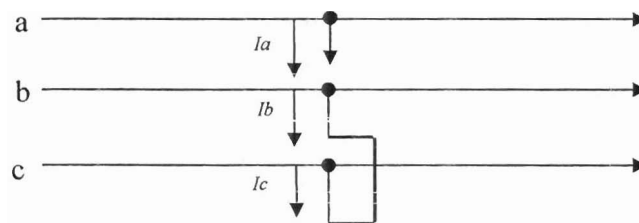
$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

#### 4.5.2. Gangguan Dua Fasa.

Gangguan dua fasa adalah gangguan yang terjadi pada fasa b dan fasa c.

Kondisi pada saat gangguan ;

$$I_a = 0 ; I_b = -I_c ; V_b = V_c$$



Gambar 4. Gangguan dua fasa ke tanah  
*Stevenson. Jr (1996 : 299)*

Dengan  $V_b = V_c$  komponen-komponen simetris tegangan diberikan oleh :

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = 1/3 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$$

*Stevenson, Jr (1996 : 291)*

Maka diperoleh :

$$V_{a1} = V_{a2}$$

Karena  $I_b = -I_c$  dan  $I_a = 0$ , komponen arus simetris diberikan oleh :

$$\begin{vmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{vmatrix} = 1/3 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0 \\ -I_c \\ I_c \end{vmatrix}$$

*Stevenson, Jr (1996 : 291)*

Dan karena itu :

$$I_{a0} = 0$$

Dengan suatu sambungan dari netral transformator ke tanah,  $Z_0$  adalah terbatas (finite) sehingga :

$$V_{a0} = 0$$

Dengan menyelesaikan operasi matrik yang ditunjukkan itu dan memperkalikan persamaan matrik yang dihasilkan dengan matrik baris [1 1- 1] diperoleh :

$$0 = V_f - I_{a1} \cdot Z_1 - I_{a1} \cdot Z_{23}$$

Dan penyelesaian untuk  $I_{a1}$  menghasilkan :

$$= \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

#### 4.5.2. Gangguan Dua Fasa ke Tanah

Fasa yang mengalami gangguan adalah b dan c, keadaan pada gangguan dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$V_b = 0 \quad V_c = 0 \quad I_a = 0$$

Dengan  $V_b = 0$  dan  $V_c = 0$ , komponen-komponen simetris tegangan diberikan oleh :

$$\begin{vmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{vmatrix} = 1/3 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_a \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

*Stevenson, Jr (1996 : 294)*

Oleh karena itu  $V_{a0}$ ,  $V_{a1}$ , dan  $V_{a2}$  sama dengan  $V_a/3$ , dan :

$$V_{a0} = V_{a1} = V_{a2} \quad \text{Dengan menggantikan } V_{a0}, V_{a1}, \text{ dan}$$

$V_{a2}$  dalam persamaan (2.11) dengan :

$V_f - I_{a1} \cdot Z_1$ , dan memperkalikan kedua sisinya dengan  $Z^{-1}$  dimana :

$$Z^{-1} = \begin{vmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{vmatrix}^{-1} = \begin{vmatrix} 1/Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_2 \end{vmatrix}$$

Diperoleh :

$$\begin{vmatrix} 1/Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_f - I_{a1} \cdot Z_1 \\ V_f - I_{a1} \cdot Z_1 \\ V_f - I_{a1} \cdot Z_1 \end{vmatrix} \\ = \begin{vmatrix} 1/Z_0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_1 & 0 & V_f \\ 0 & 0 & 1/Z_2 & 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{vmatrix}$$

Dan dengan menggabungkan suku-sukunya diperoleh :

$$I_{a1} \left( 1 + \frac{Z_1}{Z_0} + \frac{Z_1}{Z_0} \right) = \frac{V_f (Z_2 + Z_0)}{Z_2 Z_0}$$

#### 4.6. Transformator Daya

Transformator Daya adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya ( mentransformasikan tegangan ). Dalam operasi pada umumnya transformator ditanahkan pada titik netral sesuai dengan kebutuhan untuk sistim pengaman atau proteksi, sebagai contoh transformator 150/20 kV ditanahkan secara langsung disisi netral 150 kV nya dan dengan tahanan pentanahan disisi netral 20 kV nya.

Transformator yang digunakan pada saluran transmisi berupa transformator step-up, step-down, dan transformator ukur yang terdiri dari transformator arus (CT) dan transformator tegangan (PT), dipasang pada titik tertentu untuk mengukur arus dan tegangan yang ada pada saluran

transmisi. Pada pembangkit dipasang transformator *step-up*, yang berfungsi untuk menaikkan tegangan pada gardu induk dan menurunkan tegangan pada gardu distribusi dengan menggunakan transformator *step-down*.

#### 4.6.1. Impedansi Urutan Pada Transformator

Transformator adalah alat statis dan ketiga fasanya dapat dianggap simetris. Jadi seperti halnya saluran transmisi tiga fasa impedansi urutan positif sama dengan impedansi urutan negatif. Impedansi urutan nol pada umumnya berbeda dengan impedansi urutan positif. Tapi sebagai pendekatan khususnya dalam sistem tenaga, impedansi urutan nol dari transformator itu diambil sama dengan impedansi urutan positif bila ada hubungan ke tanah, dan bila tidak ada hubungan ke tanah impedansi urutan nol sama dengan tak terhingga. Pengecualian dari ini adalah bila hubungan transformator itu Y/Y ditanahkan.

Suatu transformator 3 fasa dapat dibuat dari tiga buah trafo 1 fasa yang identik, hal ini disebut bank trafo 3 fasa, dengan cara lain, trafo 3 fasa dapat dibuat sebagai satu trafo 3 fasa yang mempunyai satu inti bersama (baik dengan type Shell atau type inti) dan sebuah wadahnya.

Untuk keperluan penyederhanaan disini hanya bank trafo 3 fasa yang akan dibahas. Impedansi dari trafo untuk keduanya arus urutan positif dan arus urutan negatif adalah sama meskipun impedansi seri urutan nol dari unit 3 fasa sedikit berbeda dari impedansi seri urutan positif dan urutan negatif, selalu diasumsikan dalam praktek bahwa impedansi seri dari semua urutan adalah sama tanpa memperhatikan jenis transformator.

Tiga buah transformator fasa tunggal yang identik ini dapat dihubungkan sedemikian rupa sehingga ketiga gulungan dengan suatu tegangan nominal dihubungkan  $\Delta$  dan ketiga gulungan dengan tegangan nominal yang lain dihubungkan Y sehingga membentuk suatu transformator tiga fasa. Transformator semacam ini disebut sebagai terhubung Y -  $\Delta$  atau  $\Delta$  - Y. Kemungkinan hubungan-hubungan lain adalah

Y-Y dan  $\Delta$ - $\Delta$ . Teori untuk transformator tiga fasa adalah sama saja dengan teori untuk gabungan tiga fasa dari transformator fasa tunggal.

#### 4.6.2. Menentukan Nilai Impedansi Transformator

Untuk menentukan nilai impedansi trafo secara matematis diperoleh :

$$Z_B = \frac{\{kV_{L-LB}\}^2}{MVA_B}$$

Jika impedansi trafo diketahui dalam bentuk pu maka terlebih dahulu dikonversikan kedalam bentuk nilai sebenarnya yaitu :

$$Z = Z_{pu} \times Z_B$$

Dimana :

$Z$  adalah impedansi dari transformator ( $\Omega$ )

$Z_{pu}$  adalah impedansi dari tranformator (pu)

$Z_B$  adalah impedansi dasar dari transformator ( $\Omega$ )

#### 4.7. Electromagnetic Transient Program

*Electromagnetic Transients Program (EMTP)* adalah suatu program komputer terintegrasi yang didesain untuk menyelesaikan permasalahan peralihan (*transients*) pada sistem tenaga listrik untuk rangkaian terkonsentrasi (*lumped*), rangkaian terdistribusi, atau kombinasi dari kedua rangkaian tersebut. Program ini pertama kali dikembangkan oleh *H.M. Dommel* yang mengembangkan versi pertama di *Munich Institute of Technology* pada awal tahun 1960-an. H.M. Dommel melanjutkan pekerjaannya tersebut di BPA (*Bonneville Power Administration*) dan bekerja sama dengan *S. Meyer*. Selanjutnya *H.M. Dommel* mengembangkan program ini di *University of British Columbia*.

Seperti disebutkan diatas, *EMTP* lebih ditekankan untuk menyelesaikan persoalan transient pada sistem tenaga listrik, walaupun demikian program ini juga dapat menyelesaikan persoalan tenaga listrik dalam keadaan tunak. *EMTP* dapat digunakan untuk menganalisis transient pada rangkaian yang mengandung parameter terkonsentrasi ( $R$ ,  $L$ ,

dan C), saluran transmisi dengan parameter terdistribusi, saluran yang ditransposisi atau saluran yang tidak ditransposisi. *EMTP* sangat baik digunakan untuk menganalisis transient pada operasi switching surge dan lightning surge karena program ini menyediakan fasilitas pemodelan untuk generator, *CB (Circuit Breaker)*, transformator, arrester, sumber surja petir, dan pemodelan saluran transmisi baik untuk saluran yang tergantung frekuensi maupun tidak (*Dommel, Herman, 1996*)

Penggunaan *EMTP* dibagi dalam dua jenis, pertama desain yang meliputi koordinasi isolasi, rating peralatan, spesifikasi peralatan proteksi, sistem kontrol, peningkatan kualitas dan studi harmonik. Kedua, pemecahan masalah operasi seperti kerusakan peralatan. Secara tipikal *EMTP* dapat mempelajari :

- a) Surja hubung : surja hubung satu kutub, penutupan kontak dengan kecepatan tinggi, surja hubung pada kapasitor, tegangan kapasitor, tegangan pemulihan kerja (*transient recovery voltage*).
- b) Surja petir : tegangan lebih transient (*transient overvoltage*) akibat sambaran surja petir, backflash, surja induksi, surja yang datang pada stasiun.
- c) Koordinasi isolasi : saluran udara, stasiun lur, substation dengan isolasi gas.
- d) Tegangan tinggi DC (HVDC) : pengendalian transient listrik, harmonik.
- e) Kompensasi statik VAR : pengendalian tegangan lebih, harmonik.
- f) Resonansi seri dan shunt.
- g) Starting motor.
- h) Sistem kontrol umum : *Transient Analysis of Control System (TACS)*.
- i) Pentanahan.
- j) Evaluasi arus gangguan asimetris.
- k) Transposisi penghantar phase.
- l) Rugi-rugi saluran bawah tanah.



*EMTP* juga digunakan untuk menyelesaikan persamaan differensial maupun aljabar yang berhubungan dengan interkoneksi yang berubah-ubah pada sistem tenaga listrik dan komponen sistem kontrol. Secara implisit digunakan aturan integrasi dalam persamaan elemen yang dimodelkan oleh persamaan differensial biasa.

Persamaan-persamaan ini dituliskan dalam bentuk admitansi titik (dengan tegangan baru yang tidak diketahui sebagai variabel) dan diselesaikan dengan faktorisasi trianguler yang teratur. Sifat isolasi pada aturan integrasi trapezoidal diatasi dengan prosedur yang dinamakan CDA (*Critical Damping Adjustment*). CDA membuat simulasi pada elektronika daya menjadi sederhana.

## V. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian lapangan atau penelitian kasus. Dalam hal ini penelitian kasus yang dilakukan adalah untuk menganalisis pengaruh pentanahan netral trafo daya 2 x 42MVA terhadap arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, besar dari arus hubung singkat itu tergantung dari besar kapasitas sumber daya, konfigurasi dari sistem dan jarak gangguan dari unit pembangkit.

Lokasi Kajian Penelitian ini adalah GIS Simpang Haru Padang, dengan asumsi gangguan yang terjadi di busbar sekunder pada transformator GI Pauh Limo sebagai sisi kirim dan GIS Simpang Haru sebagai sisi terima.

Teknik Pengolahan yang telah dikumpulkan diolah secara manual dengan menggunakan rumus-rumus baku dan penyelesaian dengan simulasi perangkat lunak computer yaitu *EMTP*, dengan menggunakan parameter-parameter saluran yang diasumsikan kedalam bentuk simulasi pemrograman *EMTP*. Adapun Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan arus gangguan hubung singkat pada jaringan yang disuplai dari Gardu Induk 150 kV
  - a. Perhitungan Impedansi Sumber 150 kV

Pada sisi 150 kV dengan data MVA hubung singkat yang ada, maka:

$$Z_s = \frac{kV^2}{MVA_{hs}} \quad (\text{PLN, 2004 : 15})$$

- b Perhitungan Impedansi Trafo sisi 150 kV

$$Z_{t1} = \frac{\%Z_T (V_{L-L})^2}{MVA}$$

$$Z_{t0} = 3(Z_{t1}) \quad (\text{Turan Gonen ,1986:551})$$

- c Perhitungan Impedansi Penghantar 150 kV

$$Z_{p1} = Z_{p2} = l \times (R_1 + jX_1)$$

$$Z_{p0} = l \times (R_0 + jX_0) \quad (\text{PLN,1995:34})$$

- d Perhitungan Impedansi Urutan Total (ekivalen)

Untuk menghitung nilai impedansi ekivalen jaringan adalah:

$$Z_1 = Z_1 = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_{p1}$$

$$Z_0 = Z_{t0} + 3 R_N + Z_{p0} \quad (\text{PLN,1995:34})$$

- e Perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

$$I_{-hs} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (\text{Turan Gonen ,1986:548})$$

2. Perhitungan nilai setiap parameter saluran untuk simulasi *EMTP*

- a. Menghitung Amplitudo Sumber (Amp)

$$\text{Amp} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times V_{dsr}$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar pembangkit

- b Menghitung Impedansi Sumber Pembangkit, Trafo Sisi Kirim dan Trafo Sisi Terima

$$Z_{dsr} = \frac{(V_{dsr})^2}{S_{dsr}} \angle \theta = \frac{(KV)^2}{MVA} \angle \theta \quad (\text{Stevenson, 1996:30})$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar (primer)

$S_{dsr}$  adalah daya dasar

$\text{Cos } \theta = \text{faktor kerja}$

- c Menghitung Impedansi Beban Trafo 1 & 2 GIS Simpang Haru

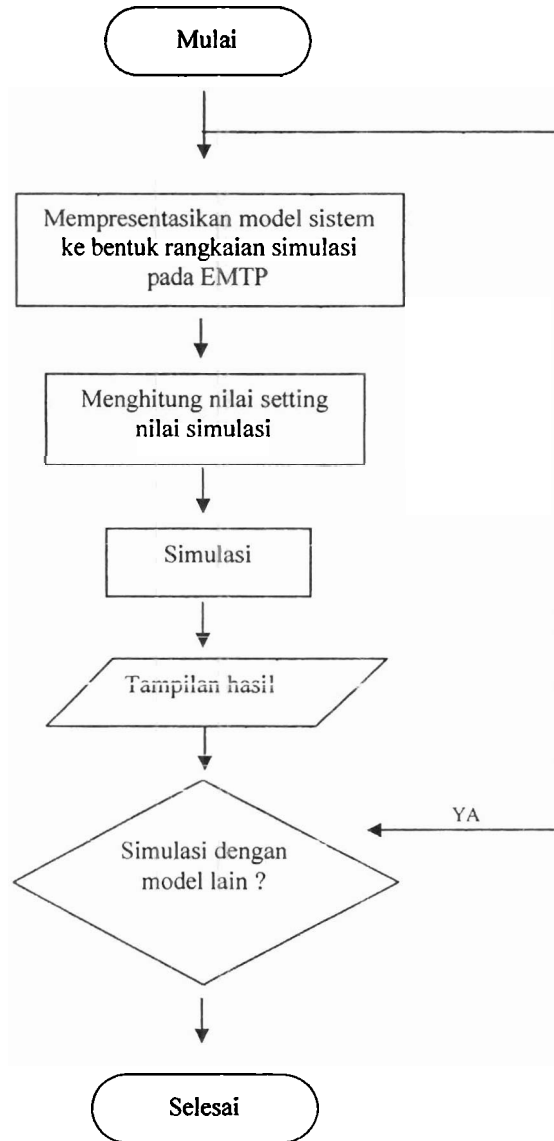
$$Z_{dsr} = \frac{(V_{dsr})^2}{S_{dsr}} \angle \theta = \frac{(KV)^2}{MVA} \angle \theta$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar sisi kirim (primer)

$S_{dsr}$  adalah daya dasar

$\cos \theta$  = Faktor kerja

Dalam pengolahan data mempunyai aturan-aturan khusus dalam pemasukan data untuk dianalisis dengan program *EMTP* yang disebut sebagai prosedur simulasi seperti ditunjukkan pada gambar 5 dibawah:



Gambar 5. Diagram Flowchart simulasi EMTP

## VI. ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Perhitungan yang digunakan untuk menganalisa data adalah dengan menentukan nilai arus gangguan hubung singkat pada jaringan yang disuplai dari Gardu Induk 150 kV adalah :

a. Impedansi Sumber sisi bus 150 kV

Data hubung singkat bus 150 kV P. Limo – GIS S. Haru adalah sebesar 677,2 A

$$\begin{aligned} Z_s &= \frac{kV^2}{MVA_{hs}} \text{ Ohm} \\ &= \frac{(150)^2}{677,2} \text{ Ohm} \\ &= j 33,225 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

b. Impedansi Trafo sisi 150 kV

$$\begin{aligned} Z_{t1} = Z_{t2} &= \frac{\%Z_T (V_{L-L})^2}{MVA} \text{ Ohm} \\ &= \frac{10,5\% (150)^2}{27} \text{ Ohm} \\ &= j 87,5 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_t &= 3(Z_{t1}) \\ &= 3 (j 87,5) = j 262,5 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Impedansi Penghantar 150 kV

$$\begin{aligned} Z_{p1} = Z_{p2} &= 1 \times (R_1 + jX_1) \\ &= 7 \times (0,121 + j 0,402) \\ &= 0,847 + j 2,814 \text{ Ohm} \\ &= 2,939 \angle 73,248 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{p0} &= 1 \times (R_0 + jX_0) \\ &= 7 \times (0,622 + j 1,815) \\ &= 4,354 + j 12,705 \text{ Ohm} \\ &= 13,431 \angle 71,083 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Impedansi Urutan Total (ekivalen) antara GI P. Limo – GIS

Simpang Haru

$$Z_1 = Z_1 = Z_{s1} + Z_t + Z_{p1}$$

$$\begin{aligned}
&= j 33,225 + j 87,5 + 0,847 + j 2,814 \\
&= 0,814 + j 123,539 \text{ Ohm} \\
&= 123,542 \angle 89,622 \text{ Ohm} \\
Z_0 &= Z_{r0} + 3R_N + Z_{p0} \\
&= 262,5 \angle 0 + 3(4) + 13,471 \angle 71,083 \text{ Ohm} \\
&= 287,971 \angle 71,083 \text{ Ohm}
\end{aligned}$$

e. Perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

$$\begin{aligned}
I_{hs} &= \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \\
&= \frac{150000\sqrt{3}}{246,904 \angle 89,622 + 287,971 \angle 71,083} \\
&= 902,2 \text{ A}
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilai arus gangguan hubung singkat ( $I_{hs}$ ), dengan memasukan nilai tahanan pentanahan netral ( $R_n$ ) yang dimulai dari  $4\Omega$ ,  $12\Omega$ ,  $40\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $200\Omega$  dan  $500\Omega$ , dapat dilihat pada table di bawah:

Tabel 1. Tabulasi arus gangguan hubung singkat terhadap nilai pentanahan netral dengan perhitungan manual

$R_n$ ( $\Omega$ )	$I_{hs}$ (A)
4	902,2
12	832,79
40	656,13
100	451,08
200	296,53
500	146,29

Perhitungan data yang digunakan untuk simulasi *EMTP* adalah dengan menggunakan parameter-parameter simulasi *EMTP*, adapun perhitungan data-data simulasi adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Amplitudo Sumber (Amp)

$$\text{Amp} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times V_{dsr}$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar pembangkit = 150 KV

$$\text{maka : Amp} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 150 \text{KV} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 150000 \text{V} = 122474,4871 \text{kV}_{peak}$$

## 2. Menghitung Impedansi Sumber Pembangkit ( $Z_{Gen}$ )

$$Z_{dsr} = \frac{(V_{dsr})^2}{S_{dsr}} \angle \theta = \frac{(KV)^2}{MVA} \angle \theta$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar sisi kirim (primer) = 11 KV

$S_{dsr}$  adalah daya dasar = 26.688 MVA

$$\text{Cos } \theta = 0,8 \text{ dan } \cos^{-1} 0,8 = 36,869$$

$$\text{maka : } Z_{dsr} = \frac{(11)^2}{26,668} \angle 36,869$$

$$\begin{aligned} Z_{dsr} &= \frac{121}{26,668} \angle 36,869 \\ &= 4,537 \angle 36,869 \Omega \\ &= 3,629 + j 2,722 \Omega \end{aligned}$$

Karena :  $Z = R + jXL$

Sehingga:

$$R = 3,629 \Omega$$

$$jXL = 2,722 \Omega$$

$$jXL = 2 \pi fL$$

Dengan harga frekuensi (f) = 50 Hz

$$\text{Maka : } L = \frac{XL}{2\pi f}$$

$$L = \frac{jXL}{2\pi f} = \frac{2,722}{2 \times 3,14 \times 50} = \frac{2,722}{314}$$

$$L = 8,668 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$L = 8,668 \text{ mH}$$

## 3. Menghitung Impedansi Trafo Sisi Kirim ( $Z_{Tr Up}$ )

$$Z_{dsr} = \frac{(V_{dsr})^2}{S_{dsr}} \angle \theta = \frac{(KV)^2}{MVA} \angle \theta$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar sisi kirim (primer) = 11 KV

$S_{dsr}$  adalah daya dasar = 27 MVA

$$\cos \theta = 0,8 \text{ dan } \cos^{-1} 0,8 = 36,869$$

maka :

$$Z_{dsr} = \frac{(11)^2}{27} \angle 36,869$$

$$Z_{dsr} = \frac{121}{27} \angle 36,869$$

$$Z_{dsr} = 4,481 \angle 36,869 \Omega$$

$$= 3,584 + j 2,688 \Omega$$

Karena :

$$Z = R + jXL$$

maka :  $R = 3,584 \Omega$

$$jXL = 2,688 \Omega$$

$$jXL = 2 \pi fL$$

Dengan harga frekuensi (f) = 50 Hz

Maka :

$$L = \frac{XL}{2\pi f}$$

$$L = \frac{jXL}{2\pi f} = \frac{2,688}{2 \times 3,14 \times 50} = \frac{2,688}{314}$$

$$L = 8,56 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$L = 8,56 \text{ mH}$$

#### 4. Menghitung Impedansi Trafo Sisi Terima ( $Z_{Tr1}$ Dw dan $Z_{Tr2}$ Dw)

$$Z_{dsr} = \frac{(V_{dsr})^2}{S'_{dsr}} \angle \theta = \frac{(KV)^2}{MVA} \angle \theta$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar sisi kirim (primer) = 150 KV

$S_{dsr}$  adalah daya dasar = 42 MVA

$$\cos \theta = 0,8 \text{ dan } \cos^{-1} 0,8 = 36,869$$

maka :

$$Z_{dsr} = \frac{(150)^2}{42} \angle 36,869$$

$$Z_{dsr} = \frac{22500}{42} \angle 36,869$$

$$Z_{dsr} = 535,714 \angle 36,869 \Omega$$

$$= 428,576 + j 321,421 \Omega$$

Karena :

$$Z = R + jXL$$

maka :  $R = 428,576 \Omega$

$$jXL = 321,421 \Omega$$

$$jXL = 2 \pi fL$$

Dengan harga frekuensi (f) = 50 Hz

$$L = \frac{XL}{2\pi f}$$

$$L = \frac{jXL}{2\pi f} = \frac{321,421}{2 \times 3,14 \times 50} = \frac{321,421}{314}$$

$$L = 1023,633 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$L = 1023,633 \text{ mH}$$

#### 5. Menghitung Impedansi Beban Trafo 1 GIS Simpang Haru

$$Z_{dsr} = \frac{(V_{dsr})^2}{S_{dsr}} \angle \theta = \frac{(KV)^2}{MVA} \angle \theta$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar sisi kirim (primer) = 150 KV

$S_{dsr}$  adalah daya dasar = 6,2 MW

$$\cos \theta = 0,8 \text{ dan } \cos^{-1} 0,8 = 36,869$$

maka :

$$Z_{dsr} = \frac{(150)^2}{6,2 / 0,8} \angle 36,869$$

$$Z_{dsr} = \frac{22500}{7,75} \angle 36,869$$

$$Z_{dsr} = 2903,225 \angle 36,869 \Omega$$

$$= 2322,607 + j 1741,898 \Omega$$

Karena :

$$Z = R + jXL$$

maka :  $R = 2322,607 \Omega$

$$jXL = 1741,898 \Omega$$

$$jXL = 2 \pi fL$$



Dengan harga frekuensi (f) = 50 Hz

$$L = \frac{XL}{2\pi f}$$

$$L = \frac{jXL}{2\pi f} = \frac{1741,898}{2 \times 3,14 \times 50} = \frac{1741,898}{314}$$

$$L = 5,547 \text{ H}$$

$$L = 5547 \text{ mH}$$

6. Menghitung Impedansi Beban Trafo 2 GIS Simpang Haru

$$Z_{dsr} = \frac{(V_{dsr})^2}{S_{dsr}} \angle \theta = \frac{(KV)^2}{MVA} \angle \theta$$

dimana :  $V_{dsr}$  adalah tegangan dasar sisi kirim (primer) = 150 KV

$S_{dsr}$  adalah daya dasar = 5,6 MW

$$\cos \theta = 0,8 \text{ dan } \cos^{-1} 0,8 = 36,869$$

maka :

$$Z_{dsr} = \frac{(150)^2}{5,6/0,8} \angle 36,869$$

$$Z_{dsr} = \frac{22500}{7} \angle 36,86$$

$$Z_{dsr} = 3214,286 \angle 36,869 \Omega$$

$$= 2571,459 + j 1928,531 \Omega$$

Karena :

$$Z = R + jXL$$

$$\text{maka : } R = 2571,459 \Omega$$

$$jXL = 1928,531 \Omega$$

$$jXL = 2 \pi fL$$

Dengan harga frekuensi (f) = 50 Hz

$$L = \frac{XL}{2\pi f}$$

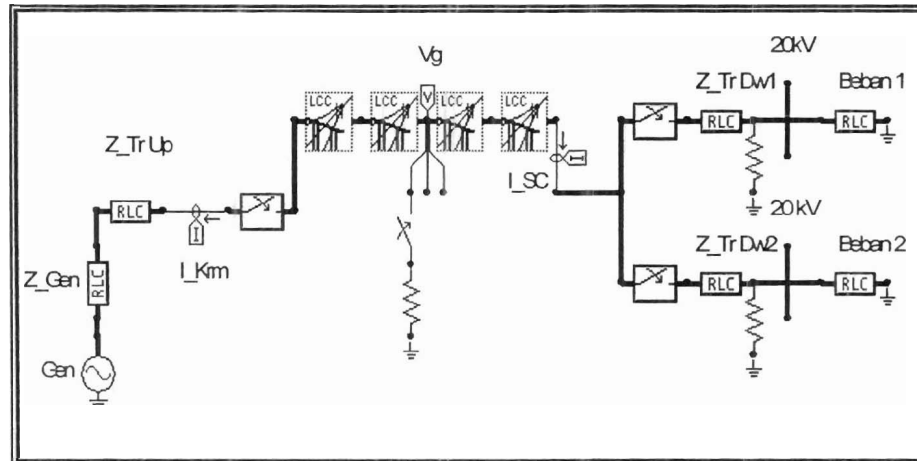
$$L = \frac{jXL}{2\pi f} = \frac{1928,531}{2 \times 3,14 \times 50} = \frac{1928,531}{314}$$

$$L = 6,142 \text{ H}$$

$$L = 6142 \text{ mH}$$

## 7. Simulasi data dengan *EMTP*

Rangkaian simulasi yang digunakan ini dibuat dengan pemodelan yang berdasarkan representasi peralatan atau komponen listrik dari diagram satu garis sistem tenaga listrik PLTG Pauh Limo – GI Simpang Haru, lalu disesuaikan dengan model yang disediakan EMTP. Untuk pemodelan rangkaian simulasi dengan EMTP adalah :



Gambar 6. Rangkaian Simulasi Dalam Keadaan Gangguan

Simulasi gangguan ini dilakukan dengan mengansumsikan gangguan 1 fasa ke tanah terjadi pada pertengahan saluran transmisi. Dengan menggunakan metoda *EMTP*, proses simulasi dilakukan dengan mengatur  $T_{cl} = 0$  detik dan  $T_{op} = 0,35$  detik pada PMT. Sedangkan untuk *switch*  $T_{cl} = 0$  detik dan  $T_{op} = 0.3$  detik. Berdasarkan dari rangkaian simulasi yang dapat dilihat pada gambar 4.2, maka besarnya arus hubung singkat ( $I_{hs}$ ) serta profil gelombang gangguan yang dihasilkan dengan melihat pengaruh pentanahan netral trafo yang divariasikan dari dari  $4\Omega$ ,  $12\Omega$ ,  $40\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $200\Omega$  dan  $500\Omega$ .

Berdasarkan percobaan simulasi diatas, nilai arus gangguan puncak ( $I_{hs_{max}}$ ) yang timbul akibat gangguan satu fasa ketanah dengan variasi nilai tahanan pentanahan netral trafo adalah :

Tabel 2. Tabulasi arus gangguan maksimum hubung singkat terhadap nilai pentanahan netral dengan simulasi EMTP

$R_n (\Omega)$	$t_{cl} (dtk)$	$t_{op} (dtk)$	$t (dtk)$	$I_{hs_{max}} (A)$
4	0	0,3	0,012	902,11
12	0	0,3	0,012	832,44
40	0	0,3	0,012	656,23
100	0	0,3	0,012	451,82
200	0	0,3	0,012	296,57
500	0	0,3	0,012	146,31

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan hasil simulasi dapat ditarik kesimpulan bahwa arus gangguan hubung singkat ( $I_{hs_{max}}$ ) pada simulasi dikatakan sama dengan perhitungan manual, hal ini merupakan proses simulasi arus gangguan adalah penerapan dari formula perhitungan manual ( $I_{hs} = V_f / Z_1 + Z_2 + Z_3$ ) tersebut. Ini berarti simulasi *EMTP* dapat dikatakan valid.

## VII. PEMBAHASAN

Sesuai dengan perhitungan manual pentanahan netral trafo sangat berpengaruh terhadap besarnya arus gangguan hubung singkat dimana semakin besar tahanan pentanahan maka arus gangguannya semakin kecil. Untuk tahanan  $4\Omega$  besarnya arus gangguan ( $I_{hs}$ ) sebesar 902,2A. Untuk tahanan  $12\Omega$  besarnya arus gangguan ( $I_{hs}$ ) sebesar 832,79A. Untuk tahanan  $40\Omega$  besarnya arus gangguan ( $I_{hs}$ ) sebesar 656,13A. Untuk tahanan  $100\Omega$  besarnya arus gangguan ( $I_{hs}$ ) sebesar 451,08A. Untuk tahanan  $200\Omega$  besarnya arus gangguan ( $I_{hs}$ ) sebesar 296,53A. Untuk tahanan  $500\Omega$  besarnya arus gangguan ( $I_{hs}$ ) sebesar 146,29A

Dalam kondisi normal (tanpa gangguan) system bekerja menyalurkan tegangan dimana sisi kirim dari Pauh Limo sebesar 149.98 kV sementara sisi terima (Simpang Haru) sebesar 149.96 kV, terjadi penurunan tegangan hal ini dipengaruhi oleh panjang saluran, impedansi, dan juga rugi-rugi daya. Sedangkan Arus pada sisi kirim (Pauh Limo) adalah sebesar

159.99A dan pada sisi terima dalam kondisi kedua trafo bekerja yaitu juga sebesar 159.99A. Dapat disimpulkan GI P. Limo menyalurkan arus ke GIS S. Haru sebesar 159.99A. Hal ini sesuai dengan arus normal yang diterima Gis Simpang Haru yaitu sebesar 160A.

Dari hasil simulasi untuk kondisi gangguan satu fasa ketanah, nilai tahanan pentanahan trafo sangat berpengaruh terhadap besarnya arus gangguan seperti beberapa tampilan simulasi diatas dengan memvariasikan nilai tahanan pentanahan trafo mulai dari  $4\Omega$ ,  $12\Omega$ ,  $40\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $200\Omega$  dan  $500\Omega$ . Dimana profil gelombang gangguan yang dihasilkan untuk gangguan puncak ( $I_{hs\_max}$ ) dari masing – masing nilai tahanan netral trafo tersebut hampir sama dengan hasil perhitungan sebagai berikut: Besarnya arus gangguan puncak untuk  $R_n = 4\Omega$  sebesar 902.11A,  $R_n = 12\Omega$  sebesar 832.44A,  $R_n = 40\Omega$  sebesar 656.23A,  $R_n = 100\Omega$  sebesar 451.82A,  $R_n = 200\Omega$  sebesar 296.57A dan  $R_n = 500\Omega$  sebesar 146,31A.

Untuk Gis Simpang Haru dengan nilai tahanan NGR = 40 Ohm sudah cukup mampu untuk mengkoordinasikan relay gangguan tanah untuk mentripan PMT. Dari hasil simulasi dengan memvariasikan nilai pentanahan netral pada trafo, untuk GIS Simpang Haru tahanan  $4\Omega$ ,  $12\Omega$ ,  $40\Omega$  dan  $100\Omega$  dapat diterapkan.

## VIII. PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tahanan pentanahan netral transformator berpengaruh terhadap arus gangguan pada saat terjadi hubung singkat fasa – tanah, hal ini terlihat dari hasil perhitungan manual dan simulasi *EMTP* untuk pemilihan besar kecilnya nilai pentanahan disesuaikan dengan besarnya arus gangguan tanah.
2. Karakteristik arus gangguan ( $I_{hs}$ ) dari beberapa model simulasi, menghasilkan bentuk karakteristik dan nilai puncak gelombang

gangguan yang berbeda-beda, semakin besar tahanan pentanahan pada transformator, maka arus gangguan ( $I_{hs}$ ) nya akan semakin kecil.

3. Pada GIS Simpang haru dengan pentanahan netral trafo 40 Ohm, dirasa sudah cukup aman dalam mengamankan gangguan hubung singkat fasa – tanah, dimana dengan arus gangguan hampir mencapai 656.5A sudah mampu untuk mentriapkan relai gangguan tanah (OCGR 300/5A).
4. Dari hasil simulasi dengan memvariasikan nilai pentanahan netral pada trafo, untuk GIS Simpang Haru tahanan  $4\Omega$ ,  $12\Omega$ ,  $40\Omega$  dan  $100\Omega$  dapat diterapkan.

### **Saran / Rekomendasi**

1. Penggunaan EMTP dalam penyelesaian tugas akhir ini sebagai metodologi penelitian hanya sebatas untuk melihat tampilan harga dan bentuk profil gelombang arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ( $I_{hs}$ ) yang terjadi pada saluran transmisi 150 kV P. Limo – GIS S. Haru dengan memvariasikan nilai tahanan pentanahan netral trafo pada GIS S. Haru.
2. Dengan memvariasikan nilai pentanahan netral trafo terlihatlah besar tegangan dan arus gangguan yang terjadi, hal ini dapat dijadikan sebagai gambaran dalam pemilihan pemasangan pentanahan netral trafo dengan melihat besarnya gangguan tanah yang pernah terjadi. Dan juga dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam melakukan setting relay gangguan tanah.
3. Kemudian hendaknya EMTP ini dapat disosialisasikan kepada mahasiswa, sehingga bagi yang berminat untuk melakukan penelitian dengan menggunakan EMTP tidak hanya mengenal EMTP disaat akan melaksanakan analisis saja. Dan EMTP ini dapat juga dijadikan sebagai sarana dan salah satu metoda untuk menyelesaikan dan menganalisis permasalahan transients pada sistem tenaga listrik, rangkaian control, mesin-mesin listrik, maupun masalah tegangan tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, S. Kawahara. (2004). *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik, Jilid III*. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Aslimeri, (1999). *Transmisi Tenaga Listrik*, Padang : DIP UNP
- Aslimeri, (2007). *Teknik Transmisi Tenaga Listrik*, Padang : Direktorat Pembinaan SMK Depertemen Pendidikan Nasional
- Badan Standarisasi Nasional BSN, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000 )*
- Domel, Herman W. (1996). *Electromagnetic Transient Program (EMTP Theory Book)*, Vencouver Canada
- Gonen, Turan. (1986) *Electric Power Distribution System Engineering*. University of Missouri at Columbia.
- Hutauruk T.S, (1992). *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, Jakarta : Erlangga.
- Hutauruk, T.S, (1996). *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- Johny BR, (1992). *Keterampilan Teknik Listrik Praktis*, Yrama Widya Dharma, Bandung
- Pabla, A. S, (1996). *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Jakarta : penerbit Eriangga
- PT PLN (Persero), *Sistem Proteksi Peralatan Pembangkit Dan Gardu Induk*, Pusat Pendidikan Dan Latihan. Pusklat Padang, 2005
- Stevenson, W.D, Jr, 1996, *Analisa Sistem Tenaga Listrik Edis IV*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Sumanto, (1991). "*Transformator*", Andi, Yogyakarta.
- Wu Jun, *Simulation of Power Quality Problem an a University Distribution System*, <http://www.itee.uq.edu.au/~saha/pqpaper.pdf>, akses: 20 Mei 2008
- Yon Rijono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik* Edisi Revisi, 2004
- Zuhal, (1995). *Dasar Teknik Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Penerbit PT. Gramedia.