

PERANCANGAN SISTEM PENTANAHAN NETRAL TRAFU PADA GARDU TRAFU TIANG 20 KV DENGAN MENGGUNAKAN TAHANAN TINGGI

Yuni Rahmawati

Abstrak: Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pentanahan. Yang dimaksud pentanahan adalah salah satu usaha untuk mengadakan hubungan dengan tanah (bumi) menggunakan penghantar dan elektrode tanah. Pentanahan yang baik pada substation sangat penting untuk keandalan dan keamanan suatu sistem tenaga. Metode yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah (1) pengambilan data; (2) pengolahan data; (3) analisis data; (4) melakukan simulasi dengan Edsa Technical 2005; dan (5) menganalisis data hasil simulasi. Dari simulasi sistem pentanahan dengan menggunakan tahanan 0 ohm sebagai pembanding dengan menggunakan tahanan 500 ohm. Diperoleh hasil bahwa arus yang mengalir pada simulasi sistem pentanahan dengan tahanan 0 ohm sangat besar dibandingkan dengan menggunakan tahanan 500 ohm. Jadi alangkah baiknya jika GTT 20 kV tersebut menggunakan nilai tahanan yang besar, hal ini dikarenakan untuk menjaga keandalan dari sistem dan peralatan tersebut.

Kata Kunci: sistem pentanahan pada GTT 20 kV, tahanan tinggi, edsa 2005.

Tenaga Listrik merupakan suatu kebutuhan pokok bagi masyarakat saat ini, oleh karena itu Tenaga Listrik harus dapat tersedia secara terus menerus dengan mutu dan keadaan yang tinggi, untuk dapat tercapainya hal tersebut salah satu usaha adalah dengan tetap terpeliharanya instalasi Sistem Tenaga Listrik di sisi Pembangkitan, Penyaluran dan Distribusinya. Sebagaimana peralatan pada umumnya, peralatan yang operasi dalam instalasi Tenaga Listrik perlu dipelihara, hal ini bertujuan untuk mempertahankan kerja peralatan tersebut, terpeliharanya instalasi tenaga listrik dengan baik dapat mempertahankan mutu dan kendala penyaluran tenaga listrik. Gardu Trafo Tiang (GTT) adalah merupakan salah satu komponen instalasi tenaga listrik yang terpasang di Jaringan Distribusi berfungsi sebagai trafo daya penurun tegangan dari tegangan menengah ke tegangan rendah, dan selanjutnya

tegangan rendah tersebut disalurkan ke konsumen. Seiring dengan laju pertumbuhan pembangunan dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukungnya seperti tersedianya tenaga listrik yang stabil dan kontinyu. Untuk menjaga kestabilan dan kontinuitas tenaga listrik, maka Universitas Negeri Malang sebagai lembaga pendidikan yang menaungi mahasiswa khususnya mahasiswa teknik elektro akan membangun sebuah Gardu Trafo Tiang 20 kV sebagai laboratorium sistem tenaga elektrik yang nantinya bisa bermanfaat bagi masyarakat. Untuk mengantisipasi ketidakstabilan dan kontinuitas tenaga listrik, dituntut adanya peningkatan pelayanan sistem kelistrikan yang handal dan keamanan yang memadai, tanpa mengesampingkan segi keindahan serta peningkatan kapasitas yang sudah ada selama ini. Untuk membangun Gardu Trafo Tiang 20 kV tersebut kita seharusnya tidak

mengesampingkan segi keamanan dari segala hal contohnya grounding atau pentanahan. Pentanahan ini bertujuan untuk memperoleh potensial yang merata dalam suatu bagian dan peralatan serta untuk memperoleh impedansi yang rendah sebagai jalan balik arus hubungan singkat ke tanah. Pada sistem distribusi 20 kV untuk wilayah jawa timur metode pentanahan yang akan digunakan adalah metode tahanan tinggi.

Topologi Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi berdasarkan letak jaringan terhadap posisi gardu distribusi, dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

- Jaringan distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah).
- Jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah).

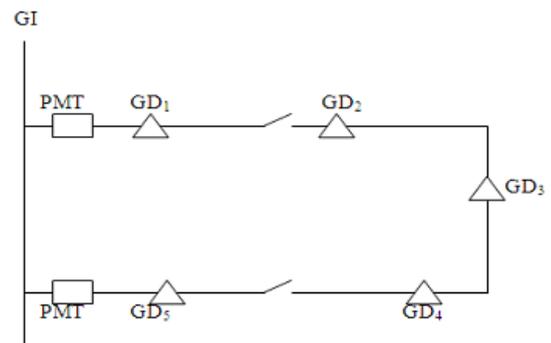
Jaringan distribusi primer (JD-TM) merupakan suatu jaringan yang letaknya sebelum gardu distribusi berfungsi menyalurkan tenaga listrik bertegangan menengah (misalnya 6 kV atau 20 kV). Hantaran dapat berupa kabel dalam tanah atau saluran/kawat udara yang menghubungkan gardu induk (sekunder trafo) dengan gardu distribusi atau gardu hubung (sisiprimer trafo didistribusi).

Jaringan distribusi sekunder (JDTR) merupakan suatu jaringan yang letaknya setelah gardu distribusi berfungsi menyalurkan tenaga listrik bertegangan rendah (misalnya 220 V/380 V). Hantaran berupa kabel tanah atau kawat udarayang menghubungkan dari gardudistribusi (sisi sekunder trafo distribusi) ke tempat konsumen

ataupemakai (misalnya industri ataurumah – rumah). Berdasarkan konfigurasi jaringan, maka sistem jaringan distribusi dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga macam, yaitu sistem jaringan distribusi radial, loop dan spindel.

Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Gambar Sistem Jaringan Distribusi Radial

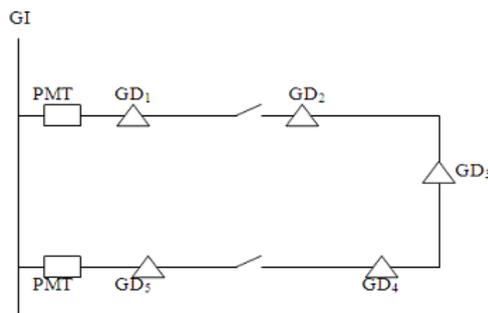
Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah :

- Bentuknya sederhana.
- Biaya inverstasinya murah.
- Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
- Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada

satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

Sistem Jaringan Distribusi Loop

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar 2 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil



Gambar 2. Gambar Sistem Jaringan Distribusi Loop

Bentuk sistem jaringan distribusi loop ini ada 2 macam yaitu :

- Bentuk open loop, bila dilengkapi dengan normally open switch yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
- Bentuk close loop, bila dilengkapi dengan normally close switch yang terletak

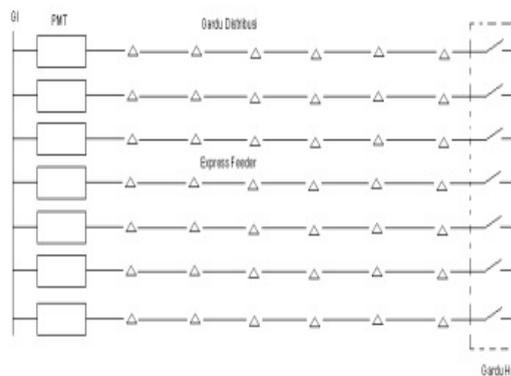
pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah pemutus (PMT), pemisah (PMS). Pada saat terjadigangguan, setelah gangguan dapatdiisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrikke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari strukturini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor tersebut dipilih sehingga dapat menyalurkan seluruh daya listrik beban struktur loop, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial.

Jaringan distribusi loop mempunyai kualitas dan kontinuitas pelayanan daya yang lebih baik, tetapi biaya investasi lebih mahal dan cocok digunakan pada daerah yang padat dan memerlukan keandalan tinggi.

Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Jaringan distribusi spindel (seperti gambar) merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangatcocok di kota-kota besar.



Gambar 3. Gambar Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

a. Dalam keadaan normal semua saluran digardu hubung (GH) terbuka sehingga semua SKTM beroperasi radial.

b. Dalam keadaan normal saluran ekspres tidak dihubungkan dengan rel di gardu hubung dan digunakan sebagai pemasok cadangan dari gardu hubung.

c. Bila salah satu seksi dari SKTM mengalami gangguan, maka saklar beban di kedua ujung seksi yang terganggu dibuka. Kemudian seksi – seksi sisi gardu induk (GI) mendapat suplai dari GI, dan seksi – seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran ekspres.

Sistem jaringan distribusi spindel sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan – kebutuhan antara lain:

a. Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.

b. Menurunkan atau menekan rugi – rugi akibat gangguan.

c. Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki

kerapatan beban yang cukup tinggi.

d. Perluasan jaringan mudah dilakukan.

Macam-Macam Pentanahan

1. Pentanahan titik netral sistem
Adalah Pentanahan yang dilakukan dengan menghubungkan netral transformator daya ke tanah.

2. Pentanahan peralatan, adalah penyetanahan dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus. Bila terjadi hubungan singkat suatu penghantar dengan suatu peralatan, maka akan terjadi beda potensial (tegangan), yang dimaksud peralatan disini adalah bagian-bagian yang bersifat konduktif yang pada keadaan normal tidak bertegangan seperti bodi trafo, bodi PMT, bodi PMS, bodi motor listrik, dudukan Baterei dan sebagainya.

Tujuan Pentanahan Titik Netral Sistem

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 (reliability) 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

kan dalam menentukan lokasi gangguan.

Tujuan Pentanahan Peralatan

1. Untuk mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya bagi manusia dalam daerah itu
2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
3. Untuk memperbaiki penampilan (performance) dari sistem.

Metode-Metode Pengetanahan Netral Sistem

1. Sistem pentanahan tidak diketanahkan
2. Sistem pentanahan diketanahkan langsung
3. Sistem pentanahan dengan tahanan
4. Sistem pentanahan dengan reactor
5. Sistem pentanahan dengan gulungan Petersen.

Penetapan Pengetanahan Sistem 20 Kv

Menurut hutauruk (1987;34) pengetanahan netral 20 kV beserta pengamanannya ditetapkan sebagai berikut:

1. Pengetanahan netral untuk sistem ini adalah pengetanahan dengan tahanan.
2. Pengamanan sistem dilaksanakan sebagai berikut:

- a. Bagi saluran udara maupun saluran dalam tanah dipakai pemutus dengan rele arus lebih untuk gangguan hubung singkat fasa ke fasa dan reletanah untuk gangguan hubung singkat fasa ke tanah.
- b. Bagi saluran udara dipakai pula penutup cepat atau lambat, sedang bagi saluran dalam tanah tidak dipakai penutup kembali.

Dalam standart SPLN 26: 1980 telah ditetapkan besar tahanan pengetanahan dan besar arus gangguan yang diizinkan untuk setiap macam tahanan pengetanahan sebagai berikut :

- (a) Tahanan rendah 12 ohm dan arus gangguan tanah maksimum 1000 Amper dipakai pada jaringan kabel tanah. Tahanan jenis ini biasanya digunakan untuk wilayah Jakarta.
- (b) Tahanan rendah 40 ohm dan arus gangguan maksimum 300 Amper dipakai pada jaringan saluran udara dan campuran saluran udara dengan kabel tanah. Tahanan jenis ini biasanya digunakan untuk wilayah Bali.
- (c) Tahanan tinggi 500 ohm dan arus gangguan maksimal 25 Ampere dipakai pada saluran udara biasanya digunakan untuk wilayah Jawa Timur.

Hal-Hal Yang Mempengaruhi Tahanan Tanah

1. Panjang/ kedalaman elektroda pentanahan
2. Diameter elektroda pentanahan

3. Jumlah elektroda pentanahan

Menghitung Tahanan Pentanahan

Rumus yang digunakan untuk mengetahui tahanan pentanahan yaitu:

$$R = E_f / I$$

dimana :

R = Tahanan (Ohm)

E_f = Tegangan fasa ke netral (V)

I = Arus beban penuh dari transformator(Ampere)

Elektrode Pentanahan

Elektrode pentanahan adalah penghantar yang di tanam di dalam tanah dan membuat kontak langsung dalam tanah. Elektrode pentanahan harus mempunyai tiga komponen,yaitu:

1. Tahanan pasaknya sendiri dan sambung-sambungannya.
2. Tahanan kontak antara pasak dengan tanah sekitar.
3. Tahanan tanah disekelilingnya.

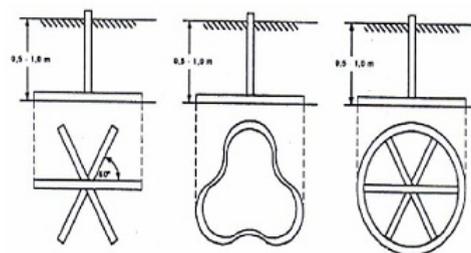
Macam-Macam Elektroda Pentanahan

1. Elektroda Batang, elektrode bentuk batang ini adalah berbentuk pipa, atau batang profil atau logam lainnya. Menurut PUIL 2000 (2000:93) Elektrode batang ini dimasukkan ke dalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistansi pembedaan yang diperlukan.



Gambar 4. Elektrode Batang

2. Elektrode Pita, menurut PUIL 2000 (2000:90) elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat atau penghantar pilin yang pada umumnya di tanam secara dangkal. Elektrode ini bisa ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala-jala atau kombinasi dari bentuk tersebut seperti gambar dibawah ini yang ditanam sejajar permukaan tanah dengan kedalaman antara 0,5 m – 1 m.



Gambar 5. Elektrode Pita

3. Elektroda Pelat adalah elektrode dari pelat logam, dibawah ini contoh pentanahan dengan menggunakan elektrode pelat.

METODE

Metode perencanaan meliputi:

A. Studi Pustaka

1. Mengetahui spesifikasi trafo distribusi.
2. Sistem pentanahan yang akan digunakan.

3. Nilai resistansi atau hambatan dan arus gangguan yang terjadi.
4. Cara mentanahkan titik netral Gardu Trafo Tiang 20kV.
5. Cara pengukuran tahanan jenis tanah
6. Metode pemeliharaan sistem pentanahan
7. Simulasi sistem pentanahan dengan software EDSA 2005

Pengembangan dan Perencanaan

Trafo Distribusi 20 KV 1. Spesifikasi Trafo

- Code name : IEC-200/20/4H2
- Size : 200
- Cooling type : Dry-type Self-Co
- Description : 200 kVA 3 phase medium duty
- Source : ABB stromberg (Finland)
- Vrating from : 20000
- Vrating to : 400
- %R+ : 1,38000
- %X+ : 5,13600
- %R0 : 1,48000
- %X0 : 5,22000

2. Sistem pentanahan yang digunakan adalah dengan tahanan tinggi.

3. Nilai tahanan yang digunakan yaitu sebesar 500 ohm.

4. Untuk mengetahui nilai arus gangguan yang terjadi yaitu dengan menggunakan rumus:

$$I_{hs} = \frac{V}{1.73 R}$$

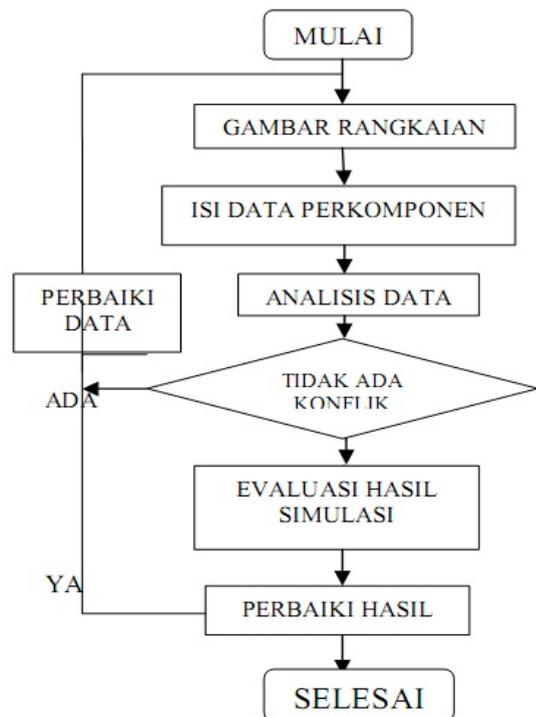
Keterangan:

I_{hs} = Arus gangguan yang terjadi (A)

V = Tegangan pada trafo distribusi (KV)

R = Tahanan pentanahan ()

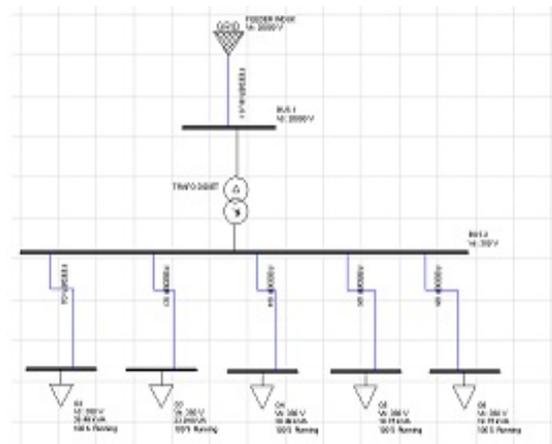
Flowchart Aplikasi Dalam Bentuk Software Edsa



Gambar 6. Flowchart Aplikasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Rangkaian Sistem Pentanahan dengan Tahanan Tinggi Pada GTT 20 kV Menggunakan Software EDSA 2005



Gambar 7. Simulasi rangkaian

Pembebanan Daya GTT 20 Kv

Tegangan dan arus output trafo distribusi

Bagian output unit trafo termasuk sisi sekunder dan bertegangan rendah, sesuai dengan ketentuan SPLN No. 1-1995, sebagai berikut: Referensi tegangan trafo : 400/231 Volt

Referensi arus sekunder trafo :

$I_{nom} \times \text{faktor pembebanan}$

Faktor pembebanan trafo : 0,8

Daya trafo (fase-fase) :

$$S = V (P-P) \times I \times \sqrt{3}$$

Daya trafo (fase-netral) :

$$S = V(P-N) \times I \times \sqrt{3}$$

Maka Arus sekunder trafo sesuai spesifikasinya:

$$S = 200 \text{ kVA} = 200000 \text{ VA}$$

$$V(P-P) = 400 \text{ V}$$

$$S = V \times I \times \sqrt{3} \quad I = \frac{3400}{200000} = 288,67 \text{ A}$$

B. Daya dalam kVA pada masing-masing gedung

Gedung G2 : 39,491 kVA

Gedung G3 : 23,036 kVA

Gedung G4 : 39,491 kVA

Gedung G5 : 19,745 kVA

Gedung G6 : 19,745 kVA

C. Jenis penghantar yang digunakan

1. A3C 95 mm²

2. A3C 70 mm²

D. Jarak feeder yang direncanakan dari trafo distribusi 20 kv

Feeder G2 : 100 meter

Feeder G3 : 80 meter

Feeder G4 : 5 meter

Feeder G5 : 50 meter

Feeder G6 : 100 meter

Hasil Keadaan Umum Simulasi Menggunakan Software EDSA 2005**Tabel 1. Hasil Tegangan Bus**

Bus Name	Type	V	DROP	ANG	P
<i>Q</i>	<i>PF</i>	(KVOLTS)	(%)	(DEG)	(MW)
(MVAR)	(%)				
FEEDER INDUK	Swing	20.000	0.00	0.0	0.12
0.08	84.05				
BUS 1	None	20.000	0.00	+0.0	0.12
0.08	84.04				
BUS 2	None	0.370	2.53	+31.2	0.12
0.08	84.96				
G2	P_Load	0.363	4.41	+31.2	+0.03
0.02	85.00				
G3	P_Load	0.367	3.40	+31.2	+0.02
0.01	85.00				
G4	P_Load	0.370	2.61	+31.2	+0.03
0.02	85.00				
G5	P_Load	0.369	2.99	+31.2	+0.02
0.01	85.00				
G6	P_Load	0.367	3.46	+31.2	+0.02
0.01	85.00				

Pada G2 dan G4 terjadi perbedaan pada drop tegangan padahal pada G2 dan G4 memiliki kapasitas daya dan jenis penghantar yang sama, hal ini dikarenakan pada G2 dan G4 memiliki jarak feeder yang

berbeda yaitu pada G2 sepanjang 100 m sedangkan pada G4 hanya 5 m. Hasil Keadaan Gangguan Simulasi Menggunakan Software EDSA 2005

Tabel 2. Gangguan *Setengah Cycle Symetrical 3P, LL, LG, & LLG* Tahanan 0 Ohm

Bus Name	Pre-Ft V	3P Ft A	LL Ft A	LG Ft A	LLG Ft A	Tahanan Imped Complex		
						Z+(pu)	Zo(pu)	3PX/R
BUS 1	20000	2883	2500	2887	2887	10000	1.0000	20.000
BUS 2	380	6478	5611	6523	6552	234521	22.9744	3.2228

Tabel 3. Gangguan *Setengah Cycle Symetrical 3P, LL, LG, & LLG* Tahanan 500 ohm

Bus Name	Pre-Ft V	3P Ft A	LL Ft A	LG Ft A	LLG Ft A	Tahanan Imped Complex		
						Z+(pu)	Zo(pu)	3PX/R
BUS 1	20000	2887	2500	2887	2887	10000	1.0000	20.000
BUS 2	380	6478	5611	0,446	5611	234521	-	3.2228

Dari tabel 2 dan tabel 3 di atas dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan pada nilai gangguan yang terjadi pada simulasi dengan menggunakan nilai tahanan 0 ohm dan 500 ohm. Untuk gangguan 5 cycle dan 30 cycle hampir sama dengan gangguan setengah cycle.

KESIMPULAN

Mengingat pentingnya sistem penyetanahan dalam suatu instalasi listrik maupun peralatan listrik, dengan tujuan agar tercapai keandalan sistem dalam penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit sampai konsumen disamping keselamatan peralatan terpasang dan keselamatan jiwa

manusianya adalah sebagai berikut:

- mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah tersebut
- memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan.

Dari tabel 2 dan 3 dapat disimpulkan juga keefektifan sistem pentanahan dengan menggunakan tahanan tinggi. Untuk tabel 2 nilai impedansi sangat tinggi sedangkan pada tabel 3 nilai impedansi tidak ada hal ini dikarenakan pada simulasi tersebut menggunakan

tahanan. Salah satu persyaratan sistem pentanahan itu dikatakan efektif yaitu nilai impedansi dapat ditekan, yang dimaksud sapat di tekan yaitu dapat dikurangi atau dapat dihilangkan.

DAFTAR RUJUKAN

Badruddin, Ir. 2006. Sistem Distribusi. Pusat Pengembangan Bahan AjarUMB, 1(10): 18.

Hutauruk, T.S. 1987 Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan. Jakarta: Erlangga.

Moediyono. Grounding Sistem Dalam Distribusi Tenaga Listrik 20 Kv. (online), (<http://www.google.com>) , diakses 14 April 2009)

PTPLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan. 2006. Sistem Pentanahan Titik Netral. Panduan: PLN Pandaan. Standar Nasional Indonesia. 2000.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000. Jakarta: Yayasan PUIL. Standart Perusahaan Listrik Negara, Pentanahan netral sistemtransmisi dan distribusi besarta pengamannya, SPLN2 : 1980.

Standart Perusahaan Listrik Negara, Pedoman Penerapan sistem distribusi 20 kV, Fasa Tiga, 3-Kawat Dengan Tahanan Rendah dan Tahanan Tinggi, SPLN 26:1980.

Waluyanti, Sri. Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 2. 2008. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Mene-ngah Kejuruan.