



# JURNAL SUTET

Volume 6 - Nomor 1

Januari - Mei 2016

ISSN : 2356-1505

SISTEM PROTEKSI GENERATOR DENGAN TAHANAN TINGGI PADA PLTU LABUHAN ANGIN TERHADAP GANGGUAN SATU FASA KE BUMI

*Rinna Hariyati; Heri Suyanto; Marisa Dosma Sitanggang*

STUDI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA GI YANG MENDAPAT SUPLAI MELALUI KOMBINASI SUTT DAN KABEL TANAH

*Wahyudi SN; Tony Koerniawan; Pramudani Wanda Saraswati*

PERANCANGAN PENYULANG SPINDEL PADA MOTOR INDUKSI POMPA BANJIR

*Irvan Buchari Tamam; Aas Wasri Hasanah; Raka Primipara*

EVALUATION OF MEDIUM VOLTAGE PROTECTION NETWORK 20 KV IN PLTD MERAWANG BANGKA

*Juara Mangapul Tambunan; Albert Gifson; Harry Saputra*

EVALUASI PERENCANAAN KELISTRIKAN

*Zalmadi Syamsudin; Andi Makkulau; Lutfian Nizar*

STUDI RELE DIFFERENSIAL PADA TRAFU INTERBUS DI GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI GANDUL

*Agung Hariyanto; Oktaria Handayani; Daru Kurniawan*

ANALISIS PENGARUH KABEL TANAH TERHADAP TRANSFER VOLTAGE DENGAN VARIASI LUAS PENAMPANG KABEL DAN JARAK GARDU

*Budi Santoso; Muchamad Nur Qosim; Husnul Khatimah Azhari*



9 772356 150005

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

JURNAL SUTET

VOL. 6

NO. 1

HAL.1 - 47

JANUARI - MEI 2016

ISSN : 2356-1505

# ANALISIS PENGARUH KABEL TANAH TERHADAP TRANSFER VOLTAGE DENGAN VARIASI LUAS PENAMPANG KABEL DAN JARAK GARDU

Budi Santoso<sup>1)</sup>, Muchamad Nur Qosim<sup>2)</sup>, Husnul Khatimah Azhari<sup>3)</sup>

Teknik Elektro, STT-PLN

<sup>1)</sup>budi.santoso@sttpln.ac.id

<sup>2)</sup>mn\_qosim@yahoo.com

<sup>3)</sup>husnul12@gmail.com

**Abstract :** Connection between substations and distribution substations using ground cables often occurs due to mechanical, thermal, and over voltage faults or due to defective or damaged materials. The disturbance flow will flow on metal parts of the equipment and also flow in the ground around the substation. The purpose and benefits of this study was to analyze the differences in the impedance value of the cable sheath at the distribution substation to the value of the voltage change (transfer voltage) dipengaruhi by land lines, using data cable PT Sucaco Tbk, cable type of three core types NA2XSEBY with cross-section  $70 \text{ mm}^2$ ,  $150 \text{ mm}^2$ ,  $240 \text{ mm}^2$  and two substations are a substation a and substations b with different distances of 400m, 500m, 600m, 700m, and 800m, assumed soil resistivity is  $100\Omega\text{m}$ , with 1m cable burial depth. The greater the distance between the substation then the ratio of voltage increase at the source with the transfer voltage will be smaller, which for the cross-sectional area of the cable  $70 \text{ mm}^2$  with a distance of 400 m then kt 0.9098, while for a distance of 500 m of 0.88862, for 600 m of 0.8717, For 700 m of 0.8112, and for 800 m to 0.7422. The bigger cross section of the ground cable, the greater the kt ratio, it is seen in the substation with a distance of 500m where the area of cross-sectional  $70 \text{ mm}^2$  then the big kt is 0.8862, while for  $150 \text{ mm}^2$  of 0.9207, and for  $240 \text{ mm}^2$  to 0.9212.

**Keywords:** Distribution pads, impedance, ground wires, transfer voltages.

**Abstrak :** Penyambungan antara gardu induk dan gardu distribusi menggunakan kabel tanah sering terjadi gangguan yang disebabkan oleh kesalahan mekanis, termis, dan tegangan lebih atau karena material yang cacat atau rusak. Arus gangguan akan mengalir pada bagian-bagian peralatan yang terbuat dari logam dan juga mengalir dalam tanah di sekitar gardu. Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan nilai impedansi selubung kabel pada gardu distribusi terhadap nilai tegangan pindah (transfer voltage) dipengaruhi oleh kabel tanah, dengan menggunakan data kabel PT SUCACO Tbk, kabel jenis three core tipe NA2XSEBY dengan penampang  $70 \text{ mm}^2$ ,  $150 \text{ mm}^2$ ,  $240 \text{ mm}^2$  dan dua buah gardu yaitu gardu a dan gardu b dengan jarak berbeda yaitu 400m, 500m, 600m, 700m, dan 800m, diasumsikan resistivitas tanah ialah  $100\Omega\text{m}$ , dengan kedalaman penguburan kabel 1m. Semakin besar jarak antar gardu maka rasio kenaikan tegangan di sumber dengan tegangan transfer (kt) akan semakin kecil, dimana untuk luas penampang kabel  $70 \text{ mm}^2$  dengan jarak 400 m maka kt nya 0.9098, sedangkan untuk jarak 500 m sebesar 0.88862, untuk 600 m sebesar 0.8717, untuk 700 m sebesar 0.8112, dan untuk 800 m menjadi 0.7422. Semakin besar penampang kabel tanah, maka rasio kt semakin besar, hal ini terlihat pada gardu dengan jarak 500m dimana luas penampangnya  $70 \text{ mm}^2$  maka besar kt nya 0.8862, sedangkan untuk  $150 \text{ mm}^2$  sebesar 0.9207, dan untuk  $240 \text{ mm}^2$  menjadi 0.9212.

**Kata Kunci :** Gardu distribusi, impedansi, kabel tanah, tegangan transfer.

## 1. PENDAHULUAN

Gardu induk dan gardu distribusi dihubungkan dengan menggunakan kabel tanah 20 kV. Kabel tanah dilengkapi dengan selubung logam, dimana selubung logam dihubungkan ke sistem pembumian di gardu induk, demikian pula dihubungkan pada sistem pembumian di gardu distribusi. Pada ujung kabel terdapat tegangan, tegangan inilah disebut tegangan pindah (*transfer voltage*). Tegangan pindah merupakan hal khusus dari tegangan sentuh, dimana tegangan ini terjadi pada saat kesalahan orang berdiri disekitar gardu, dan menyentuh suatu peralatan yang diketanahkan pada titik jauh sedangkan alat tersebut dialiri oleh arus kesalahan ke tanah.

Pada gardu induk pengaruh timbulnya gangguan sangat besar, arus gangguan tersebut akan mengalir pada bagian peralatan yang terbuat dari metal dan juga mengalir dalam tanah di sekitar gardu induk, arus gangguan tersebut menimbulkan gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri, untuk menjamin keselamatan dan keamanan manusia terhadap bahaya tegangan lebih pada gardu induk dan gardu distribusi maka diperlukan suatu sistem pembumian yang baik. Pembumian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh impedansi yang kecil/rendah dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah.

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan nilai impedansi selubung kabel pada gardu distribusi terhadap nilai tegangan pindah (*transfer voltage*) dengan menggunakan kabel jenis *three core* tipe NA2XSEBY dengan penampang 70 mm<sup>2</sup>150 dan 240 mm<sup>2</sup> dengan asumsi resistivitas tanah 100Ωm yang divariasikan jarak gardunya.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Pembumian (*grounding*)

Sistem pembumian belum digunakan ketika sistem tenaga masih memiliki ukuran kapasitas yang kecil (sekitar tahun 1920). Alasan saat itu karena bila ada

gangguan ke tanah pada sistem, dan dimana besarnya arus gangguan sama atau kurang dari 5 ampere, maka pada kondisi demikian busur api akan padam dengan sendirinya. Arus gangguan listrik terjadi semakin besar, seiring sistem tenaga listrik yang berkembang semakin besar. Hal ini sangat berbahaya bagi sistem, karena bisa menimbulkan tegangan lebih yang sangat tinggi. Oleh karena itu, para ahli kemudian merancang suatu sistem yang membuat sistem tenaga tidak lagi mengambang. Sistem tersebut kemudian dikenal dengan sistem pembumian atau *grounding system*. (Ihsan, Aris Rakhmadi, 2002).

Sistem pembumian adalah suatu metode pengamanan gedung beserta peralatan, yaitu apabila terjadi arus lebih akan disalurkan ke dalam tanah yang menggunakan suatu rangkaian atau jaringan mulai dari kutub pembumian atau elektroda, hantaran penghubung sampai terminal pembumian, agar perangkat peralatan dapat terhindar dari pengaruh petir dan tegangan asing lainnya.

Menurut IEEE Std 142™-2007 4, tujuan sistem pembumian adalah:

1. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
2. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

Ketentuan yang telah ditetapkan didalam PUIL, (Peraturan Umum Instalasi Listrik, 2000) bahwa :

1. Untuk stasiun tenaga yang besar, ( $\geq 10$  kilovolt) nilai R harus  $\leq 25$  ohm.
2. Untuk stasiun tenaga yang kecil, ( $\leq 10$  kilovolt) termasuk menara transmisi, nilai R harus  $\leq 10$  ohm.
3. Untuk peralatan listrik dan elektronika, nilai R harus  $\leq 5$  ohm.
4. Untuk sistem penangkal petir, nilai R harus  $\leq 25$  ohm.

Metode-metode yang digunakan dalam mereduksi nilai R untuk elektroda batang pembedaan, telah direkomendasikan menurut IEEE Std. 142-1982 yaitu :

1. Penambahan jumlah batang pembedaan.
2. Memperpanjang ukuran batang pembedaan.
3. Membuat perlakuan terhadap tanah (soil treatment) terbagi atas :
  - a. Metode bak ukur (*Container Method*).
  - b. Metode Parit (*Trench Method*).
4. Menggunakan batang

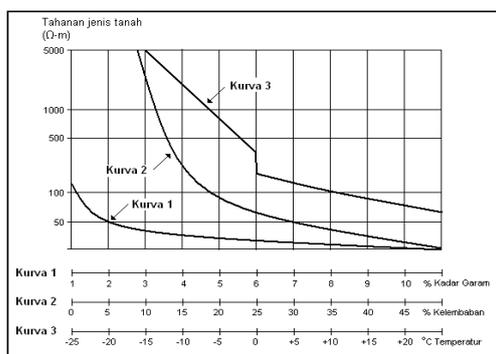
## 2.2. Tahanan Jenis Pembedaan

Tahanan jenis tanah adalah nilai resistivitas tanah pada permukaan bumi. Menurut IEEE 80-1986, besarnya tahanan jenis tanah pada bumi digolongkan 4 golongan besar seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2.1.** Tahanan Jenis Tanah menurut IEEE 80-1986

Jenis Tanah	Resistivitas Tanah ( $\Omega\text{-m}$ )
Tanah Basah Organik	10
Tanah Basah	100
Tanah Kering	1000
Tanah Berbatu	10000

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut ini.



**Gambar 2.1.** Pengaruh garam, kelembapan dan temperatur pada tahanan jenis tanah.

Nilai tahanan jenis tanah berbeda-beda bergantung pada jenis tanah. Dalam persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun

2000 (PUIL 2000) nilai tahanan jenis tanah (*soil resistivity*) dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

**Tabel 2.2.** Nilai Tahanan Jenis Tanah berdasarkan PUIL 2000

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm-m)
Rawa	30
Tanah liat/ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir/Kerikil Kering	1000
Tanah Batu	3000

## 2.3. Konstruksi Kabel XPLE Tegangan Menengah 20 kV

Kabel XPLE merupakan kabel tenaga listrik berbahan isolasi XLPE (*cross-linked polyethylene*), yang terbentuk dari polimer polyethylene yang mengalami *crosslinking*. Bahan isolasi ini merupakan suatu material yang bersifat termoset, memiliki kekuatan mekanik dan kekuatan dielektrik yang tinggi, serta resistivitas yang tinggi, bersifat non-higroskopik, serta memiliki rentang kestabilan termal yang tinggi.

XPLE mempunyai karakteristik paling baik, tetapi pada umumnya isolasi sintesis mempunyai kelebihan dibandingkan dengan isolasi kertas, yaitu:

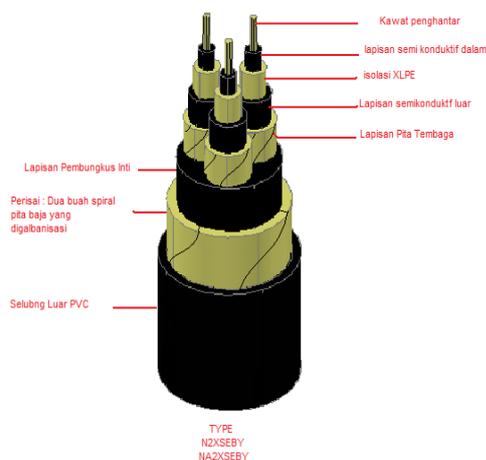
- 1) Lebih bersih.
- 2) Ringan, karena tidak memerlukan selubung logam.
- 3) Perbaikan dan pemeliharannya mudah.
- 4) Cara penyambungannya sederhana.
- 5) Suhu kerjanya lebih tinggi (khusus XLPE), karena itu kapasitas penyalurannya besar.

Isolasi XPLE digunakan pada kabel yang bertegangan mencapai 110 kV atau biasa digunakan pada kabel tegangan menengah. Keuntungan dari isolasi XLPE adalah:

- a) Suhu kerjanya lebih tinggi sehingga dapat dialiri arus yang lebih tinggi
- b) Bobot yang ringan.
- c) Bisa digunakan pada frekuensi tinggi.

Kabel XPLE memiliki temperatur rating 90°C pada kondisi kontinyu, 130°C pada kondisi beban lebih serta 250°C pada kondisi hubung singkat. Adapun permasalahan yang terdapat pada isolasi PE (XLPE) adalah lebih sensitif terhadap

pelepasan muatan (*partial discharges*), serta umur bahan yang tidak terlalu lama. Apabila sering terjadi pelepasan muatan maka disini akan terjadi suatu kegagalan pada isolasi tersebut, yaitu mengalirnya muatan pada isolasi. Hal ini tidak diinginkan, karena ini sangat berpengaruh terhadap umur bahan. Bentuk kegagalan yang dominan adalah kegagalan thermal, yang dipengaruhi oleh suhu dari kabel tersebut akibat dialiri oleh tegangan, khususnya tegangan bolak-balik. Kontruksi kabel XLPE dapat dilihat pada gambar berikut:

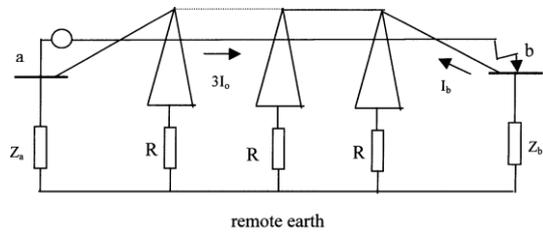


**Gambar 2.2.** Kontruksi kabel tegangan menengah XLPE berinti tiga

#### 2.4. Gangguan Fasa ke Tanah pada Saluran Udara (*overhead line*)

Ketika terjadi gangguan fasa ke tanah pada saluran kabel tegangan menengah (SKTM) atau kabel tanah, maka arus gangguan akan diteruskan ke tanah kemudian kembali ke tanah ataupun mengalir melalui selubung logam kabel, dimana selubung kabel tersebut dihubungkan dengan sistem pembumian pada gardu induk. Kejadian ini menyerupai kondisi jika gangguan terjadi pada saluran udara (*overhead line*), arus gangguan akan diteruskan ke tanah melalui kawat tanah. Baik kawat tanah, maupun selubung logam kabel tanah keduanya memiliki peran yang sama yaitu sebagai proteksi saluran penghantar, dimana arus gangguan akan mengalir menuju tanah melalui kedua media tersebut yang telah dihubungkan dengan sistem pembumian. Sehingga, untuk

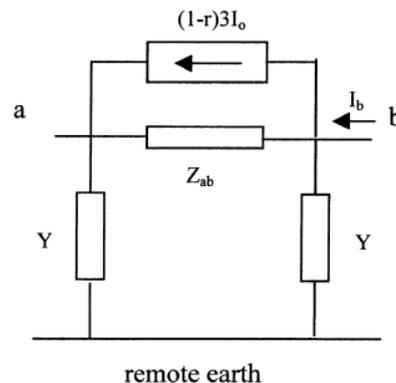
menganalisa hal tersebut akan dilakukan pendekatan analisa menggunakan skema gangguan pada *overhead line*, seperti pada gambar 2.3 berikut ini



**Gambar 2.3** Skema gangguan fasa ke tanah pada Saluran Udara (*overhead line*).

#### 2.5. Analisa Selubung Logam Kabel

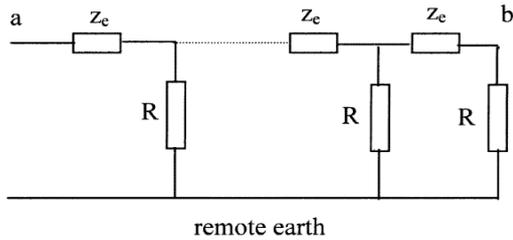
Dengan mempertimbangkan kabel yang menghubungkan dua gardu yang berdekatan, dimana menganalisa panjang  $n$  yang merupakan jarak antara gardu a dan b yang digambarkan dengan rangkaian ekuivalen seperti gambar 2.4.



**Gambar 2.4.** Rangkaian ekuivalen dari saluran untuk menganalisa arus yang melewati kawat tanah (*ground wire*)

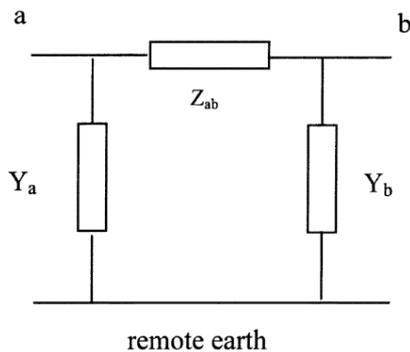
#### 2.6 Kabel Penyulang pada Jaringan Distribusi

Pada umumnya jaringan distribusi tegangan menengah di perkotaan menggunakan struktur jaringan radial, setiap penyulang mensuplai beberapa gardu distribusi TM/TM atau TM/TR. Kabel ini biasanya mempunyai selubung logam atau lapisan yang dihubungkan dengan elektroda pembumian dari gardu distribusi yang disuplai dari kabel tersebut.



**Gambar 2.5.** Kabel penyulang mensuplai beberapa gardu distribusi

Masalah yang penting di lapangan adalah bagaimana mengevaluasi masalah penyalang-penyulang dari pengaruh impedansi ekuivalen ke tanah pada gardu induk dan timbulnya gradien tegangan pada gardu selama gangguan fasa ke tanah. Permasalahan lain ialah tegangan transfer ke gardu distribusi sepanjang penyulang untuk kasus gangguan fasa ke tanah pada transformator di gardu induk. Untuk sisi pengirim terakhir  $a$  dihubungkan dengan elektroda pembumian pada transformator utama pada gardu induk. Resistansi  $R$  merupakan resistansi rata-rata ke tanah dari gardu distribusi dan  $z_e$  adalah impedansi selubung pada penyulang pada gardu distribusi. Skema ekuivalen dari penyulang seperti gambar 2.6.



**Gambar 2.6.** Rangkaian ekuivalen dari penyulang

$$z = R_E + R_e + j4\pi f 10^{-7} \left( \ln \frac{\delta}{rc} + \frac{\mu}{4} \right) \quad (2.1)$$

$$s = \pi / \{ \rho \ln [L(HD)^{-1/2}] \} \quad (2.2)$$

$$k = (zs)^{1/2} \quad (2.3)$$

$$Z = Z_c = (z/s)^{1/2} \quad (2.4)$$

$$Y \equiv Y_c = (1/Z_c) \tanh (kL/2) \quad (2.5)$$

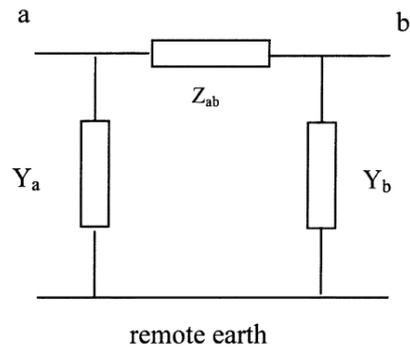
$$Z_{ab} = Z_c \sinh (kL) \quad (2.6)$$

$$Y_b = Y + \frac{1}{R} \quad (2.7)$$

$$k_t = \left| 1 + Z_{ab} Y_b \right|^{-1} \quad (2.8)$$

### 3. METODE PENELITIAN

Nilai relatif dari tegangan transfer dapat ditentukan dengan mengkombinasikan persamaan-persamaan yang telah didapat dari penjabaran rangkaian pada bab sebelumnya. Perhitungan dengan aplikasi persamaan-persamaan tersebut dipengaruhi oleh kabel tanah, dengan menggunakan data kabel PT SUCACO Tbk, kabel jenis *three core* tipe NA2XSEBY dengan penampang 70 mm<sup>2</sup>, 150 mm<sup>2</sup>, 240 mm<sup>2</sup> dan dua buah gardu yaitu gardu a dan gardu b dengan jarak berbeda yaitu 400m, 500m, 600m, 700m, dan 800m, diasumsikan resistivitas tanah ialah 100Ωm, dengan kedalaman penguburan kabel 1m, maka akan seperti gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Skema dua buah gardu yang dihubungkan dengan saluran kabel tanah

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

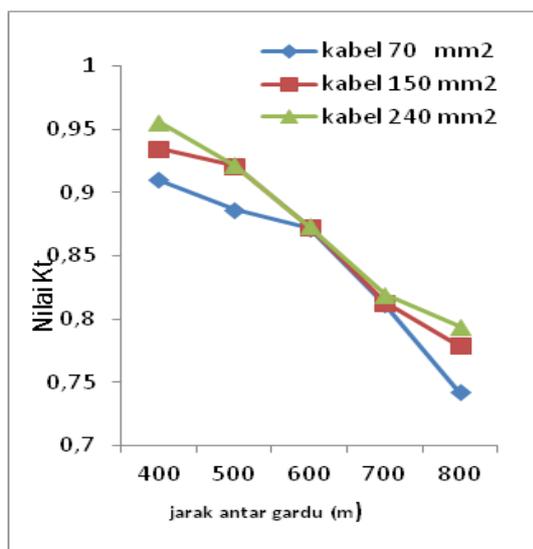
Hasil perhitungan perbandingan  $k_t$  dengan menggunakan tiga variasi luas penampang kabel 70 mm<sup>2</sup>, 150 mm<sup>2</sup>, 240 mm<sup>2</sup> dan dua buah gardu yaitu gardu a dan gardu b dengan jarak berbeda yaitu 400m, 500m, 600m, 700m, dan 800m disajikan dalam tabel 4.1 berikut ini

**Tabel 4.1.** Perbandingan Hasil Perhitungan  $k_t$

Jarak antar gardu	400 m	500 m	600 m	700 m	800 m
Luas Penampang Kabel					
70 mm <sup>2</sup>	0.9098	0.8862	0.8717	0.8112	0.7422
150 mm <sup>2</sup>	0.9346	0.9207	0.8725	0.8130	0.7789
240 mm <sup>2</sup>	0.9558	0.9212	0.8731	0.8192	0.7938

Berdasarkan tabel 4.1 diatas, untuk luas penampang kabel 70 mm<sup>2</sup> k<sub>t</sub> terbesar 0.9098, 150 mm<sup>2</sup> k<sub>t</sub> terbesar 0.9346, 240 mm<sup>2</sup> k<sub>t</sub> terbesar 0.9558 pada jarak antar gardu 400m. Sedangkan k<sub>t</sub> terkecil untuk jarak 800 m untuk luas penampang kabel 70 mm<sup>2</sup> sebesar 0.7422, 150 mm<sup>2</sup> sebesar 0.7789, 240 mm<sup>2</sup> sebesar 0.7938 maka semakin besar jarak antar gardu maka semakin kecil nilai k<sub>t</sub>.

Impedansi pada selubung kabel tanah dapat mempengaruhi besarnya rasio antara kenaikan tegangan yang timbul di sumber dengan besarnya tegangan transfer di gardu distribusi ketika terjadi gangguan. Jika impedansi selubung kabel kecil, maka rasio k<sub>t</sub> atau kenaikan tegangan dan tegangan transfer akan menjadi lebih besar seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.1 dan dilengkapi dengan gambar 4.1 berikut ini.



**Gambar 4.1** Grafik rasio antara kenaikan tegangan di sumber ( $U_a$ ) dengan tegangan transfer ( $U_b$ ) [ $k_t = U_b / U_a$ ]

Berdasarkan gambar 4.1 diatas, terlihat bahwa semakin besarnya penampang kabel tanah, maka rasio k<sub>t</sub> lebih besar, hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya penampang kabel tanah maka impedansi selubung kabel akan lebih kecil sehingga nilai rasionya akan semakin besar. Selain itu jarak antar gardu juga mempengaruhi nilai rasio, dimana jarak antar gardu akan menyebabkan nilai impedansi kedua gardu ( $Z_{ab}$ ). Jika jarak antar gardu

semakin jauh, maka nilai impedansi  $Z_{ab}$  lebih kecil, sehingga nilai rasio akan menjadi lebih kecil.

Perhitungan rasio k<sub>t</sub> atau besarnya tegangan yang timbul di sumber dan tegangan transfer di gardu distribusi pada saat terjadi gangguan berguna untuk menentukan keamanan orang-orang yang berada disekitar gardu. Dimana pada sebuah gardu terdapat tegangan sentuh dan tegangan langkah, kedua tegangan ini tidak mungkin tidak ada, sehingga dirancang sedemikian rupa agaknya nilainya kecil, dan aman untuk orang-orang yang berada disekitar gardu. Nilai tegangan transfer inilah yang mempengaruhi besarnya tegangan sentuh dan tegangan langkah. Semakin besar nilai tegangan transfer, maka nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah akan semakin besar. Dengan adanya nilai rasio k<sub>t</sub> sehingga kita dapat mengetahui besarnya tegangan transfer.

## 5. KESIMPULAN

1. Semakin besar jarak antar gardu maka rasio kenaikan tegangan di sumber dengan tegangan transfer ( $k_t$ ) akan semakin kecil, dimana untuk luas penampang kabel 70 mm<sup>2</sup> dengan jarak 400 m maka  $k_t$  nya 0.9098, sedangkan untuk jarak 500 m sebesar 0.88862, untuk 600 m sebesar 0.8717, untuk 700 m sebesar 0.8112, dan untuk 800 m menjadi 0.7422.
2. Semakin besar penampang kabel tanah, maka rasio  $k_t$  semakin besar, hal ini terlihat pada gardu dengan jarak 500m dimana luas penampangnya 70 mm<sup>2</sup> maka besar  $k_t$  nya 0.8862, sedangkan untuk 150 mm<sup>2</sup> sebesar 0.9207, dan untuk 240 mm<sup>2</sup> menjadi 0.9212.

## 6. REFERENSI

1. T. S. Hutauruk (1991) Pengentananan Netral Sistem Tenaga dan Pengentananan Peralatan, Jakarta : Erlangga
2. Kadir, Abdul, Transmisi (2011) Tenaga Listrik Edisi Revisi, Jakarta : UIP

3. Nahman, Jovan. (2004) Cable Models for Grounding System Analysis. IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 19 number 2
4. Nahman, Jovan (2001) Compact Models of nonuniform lines for earthing – system analysis. In proc. Inst. Elect. Eng. Gen. Trans. Distrb, Vol 148
5. Stevenson, D William (1996). Analisa Sistem Tenaga Listrik, Jakarta : Erlangga
6. PT. Sucaco, Medium Voltage XPLE Insulated Cable
7. Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2000) SNI 04-0225-2000, Pesyaratan Umum Instalasi Listrik 2000
8. Ihsan, Aris Rakhmadi (2002) *Analisis Pengaruh Jenis Tanah terhadap Tegangan Permukaan Tanah*, Alumni Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
9. Wahyono, Budi Prasetyo (2013) Analisa Pengaruh Jarak Dan Kedalaman Terhadap Nilai Tahanan Pembedaan Dengan 2 Elektroda Batang. ISBN 978-602-99334-2-0. Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang