

PENGARUH KAWAT TANAH TERHADAP GANGGUAN KILAT INDUKSI PADA SUTM 20 kV

Erhaneli*Ardi Desril**

*Dosen Jurusan Teknik Elektro

**Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang

Abstrak

Gangguan kilat akibat sambaran tidak langsung atau sambaran induksi pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) tidak boleh diabaikan. Justru gangguan kilat akibat sambaran induksi ini lebih banyak dibandingkan dengan gangguan kilat akibat sambaran langsung. Hal tersebut disebabkan oleh karena tingkat ketahanan implus isolasi $V_{50\%}$ dari isolator SUTM relative rendah dan karena luasnya daerah sambaran induksi, jadi jumlah sambaran kilat induksi juga jauh lebih banyak dibanding dengan jumlah sambaran langsung. Dalam menghitung pengaruh kawat tanah terhadap tegangan induksi diperkenalkan Faktor Perisaian (FP) yang didefinisikan sebagai hasil bagi tegangan induksi dengan kawat tanah dan tegangan induksi tanpa kawat tanah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana pengaruh kawat tanah terhadap gangguan kilat tidak langsung (induksi) pada SUTM 20 kV. Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan disimpulkan bahwa gangguan kilat induksi lebih banyak terjadi pada saluran tanpa kawat tanah dari pada saluran yang pakai kawat tanah. Kawat tanah dapat mengurangi gangguan induksi lebih kurang 40,9% dari saluran yang tidak pakai kawat tanah.

Kata kunci : Gangguan Kilat induksi , SUTM

ABSTRAC

Interference due to lightning or lightning bolt is not directly on the airways induksi medium voltage (SUTM) should not be overlooked. It is precisely due to lightning induced lightning disturbances are more than the disruption caused by a bolt of lightning directly. This is caused by the level of resistance of isolation implus SUTM $V_{50\%}$ of the isolator is relatively low and because of the vast area of the induction stroke, so the number of lightning induction is also far more than the number of direct lightning. In calculating the effect of the ground wire to the induced voltage is introduced Perisaian factor (FP) is defined as the quotient of the induced voltage to ground and the induced voltage wire without a ground wire.

The purpose of this study was to see how the influence of the ground wire for lightning interference indirectly (induction) at 20 kV SUTM. From the analysis and calculations carried out concluded that lightning induced disorder is more common in saluran without a ground wire from the channels that use the ground wire. Ground wire can reduce the interference induced approximately 40.9% of the channels that do not use a ground wire.

Keywords: Lightning induced disturbances, SUTM

1. Pendahuluan

Pada proses pengadaan energi listrik melalui beberapa tahapan yakni sumber pembangkit, transmisi dan distribusi yang dapat disalurkan melalui saluran udara maupun saluran bawah tanah. Untuk mensuplai daya ke beban disalurkan melalui saluran distribusi tegangan menengah dan tegangan rendah.

Jaringan distribusi tegangan menengah merupakan saluran yang dipasok dari Gardu Induk (GI) disalurkan ke konsumen tegangan menengah dan tegangan rendah. Pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) sering terjadi gangguan yang disebabkan oleh pengaruh alam, yaitu gangguan sambaran petir.

Jika sambaran petir mengenai saluran distribusi, maka tegangan pada sistem akan melonjak naik, hal ini akan mengakibatkan kerusakan pada peralatan-peralatan listrik yang beroperasi. Tentu saja fenomena ini sangat perlu diperhatikan dan tidak boleh diabaikan begitu saja baik bagi penyedia listrik maupun sipemakai listrik.

Berdasarkan proses terjadinya sambaran kilat pada saluran dibedakan menjadi dua kategori yakni sambaran kilat langsung dan sambaran tidak langsung atau sambaran *induksi*. Kedua jenis sambaran ini dapat menyebabkan terganggunya penyaluran daya listrik dari Gardu Induk pusat beban ke konsumen. Gangguan kilat akibat sambaran tidak langsung atau sambaran induksi pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) tidak boleh diabaikan. Justru gangguan kilat akibat sambaran induksi ini lebih banyak dibandingkan dengan gangguan kilat akibat sambaran langsung. Hal tersebut disebabkan oleh dua hal: a) Karena tingkat ketahanan implus isolasi $V_{50\%}$ dari isolator SUTM relatif rendah. Misalnya isolator 20 kV mempunyai ketahanan implus isolasi $V_{50\%} = 160$ kV dan ini rendah. b) Karena luasnya daerah sambaran induksi, jadi jumlah sambaran kilat induksi juga jauh lebih banyak disbanding dengan jumlah sambran langsung.

2. Tujuan

Penelitian yang dilakukan adalah mengetahui seberapa besar kemungkinan terjadinya gangguan yang diakibatkan oleh sambaran tidak langsung (induksi) pada saluran distribusi tegangan menengah (SUTM).

3. Tinjauan Pustaka

Telah banyak dilakukan perhitungan-perhitungan teoritis maupun percobaan-percobaan dalam hubungan dengan tegangan induksi akibat sambaran kilat tidak langsung atau sambaran induksi.

Bewly (1992) menyempurnakan teori Wagner di atas dengan memperhitungkan kenyataan bahwa medan penginduksi tidak dapat hilang secara tiba-tiba, akan tetapi mempunyai penurunan yang terbatas. Hal ini menyatakan bahwa gelombang berjalan menjadi lebih panjang pada waktu yang sama ketika amplitudonya semakin berkurang. Suatu sumbangan yang menarik diberikan untuk pertama kalinya oleh Aigen pada tahun 1935, di mana diperhitungkan pengaruh induksi dari jalan kilat (lightning path) vertical dari sambaran kilat ketanah.

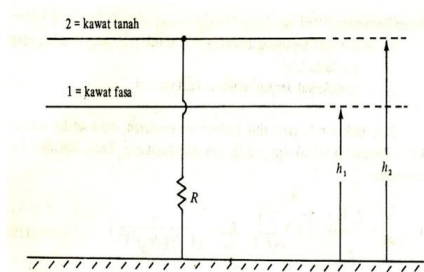
Pada tahun 1942, Wagner dan McCann menerbitkan makalah yang mendasar dari konsepsi modern dari sifat tegangan lebih induksi akibat sambaran tidak langsung. Dalam makalah tersebut dikemukakan pengaruh muatan dan arus dalam kanal kilat selama sambaran balik (return Stroke) dan bahwa medan dari jalan kilat lebih berpengaruh. Ditekankannya bahwa hanya selama sambaran balik akan terjadi tegangan tegangan induksi yang tinggi.

Dalam pembahasan dibawah ini akan diberikan teori yang dikemukakan oleh Rusck dalam teorinya memperhitungkan potensi scalar dan potensial vector untuk menghitung tegangan induksi. Teori Rusck itu tidak diberikan secara rinci disini, tetapi hanya rumus-rumus terakhir yang memberikan besar tegangan induksi pada saluran akibat sambaran tidak langsung (sambaran induksi)

3.1 Pengaruh Kawat Tanah Terhadap Tegangan Induksi

Dalam menghitung pengaruh kawat tanah terhadap tegangan induksi diperkenalkan Faktor Perisaian (FP) yang didefinisikan sebagai hasil bagi tegangan induksi dengan kawat tanah dan tegangan induksi tanpa kawat tanah.

Kawat tanah yang ideal adalah kawat tanah yang mempunyai titik pengetanahan pada setiap titik sepanjang kawat tanah, sehingga potensialnya sepanjang kawat adalah nol. Pada kenyataannya tidak ada kawat tanah ideal, jadi kawat tanah itu mempunyai beda tegangan tertentu terhadap tanah. Disini dibahas keadaan dengan satu kawat tanah dan tahanan kontak tiang sebesar R seperti Gambar-1.



Gambar-1 :
Satu kawat tanah dan tahanan kontak

Dengan :

h_1 = tinggi rata-rata kawat fasa 1 di atas tanah
 h_2 = tinggi rata-rata kawat tanah 2 di atas tanah.

Diasumsikan bahwa tidak terjadi pantulan pada ujung saluran. Bila gelombang tegangan yang timbul pada kawat 2 (kawat fasa) sebelum diketanahkan adalah V_2 , maka arus yang melalui impedansi setelah diketanahkan dengan tahanan R adalah,

$$I_2 = \frac{V_2}{R + (Z_{22}/2)}$$

Arus ini memberikan kenaikan pada gelombang tegangan pada kawat fasa 1 sebesar ΔV_2 , yaitu :

$$\Delta V_2 = Z_{12} \left(-\frac{I_2}{2} \right) = -\frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} V_2$$

Jadi besar tegangan pada kawat fasa 1 setelah kawat tanah 2 diketanahkan :

$$V_1' = V_1 + \Delta V_2$$

$$V_1' = V_1 - \frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} V_2$$

Jadi Faktor Perisaian (FP) adalah,

$$FP = \frac{V_1'}{V_1} = 1 - \frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} \frac{V_2}{V_1}$$

Karena tegangan induksi sebelum diketanahkan sebanding dengan tinggi kawat di atas tanah, atau $(V_2/V_1) = (h_2/h_1)$, maka Faktor Perisaian menjadi :

$$FP = 1 - \frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} \frac{h_2}{h_1}$$

dan

$$V_1' = \left(1 - \frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} \frac{h_2}{h_1} \right) V_1$$

3.2 Perhitungan Jumlah Gangguan Kilat Akibat Sambaran Induksi

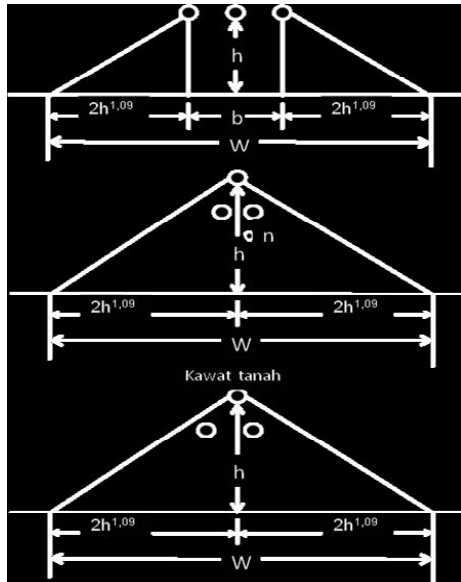
Bila terjadi sambaran kilat ke tanah di dekat saluran maka akan terjadi fenomena transien yang diakibatkan oleh medan elektromagnetis dari kanal kilat. Fenomena kilat ini terjadi pada kawat penghantar. Akibat dari kejadian ini timbul tegangan lebih dan gelombang berjalan yang merambat pada kedua sisi kawat ditempat sambaran berlangsung.

Fenomena transien pada kawat berlangsung hanya di bawah pengaruh gaya yang memaksa muatan-muatan bergerak sepanjang hantaran. Atau dengan perkataan

Pengaruh Kawat Tanah Terhadap Gangguan Kilat Induksi pada SUTM 20 kV

lain transien dapat terjadi di bawah pengaruh komponen vektor kuat medan yang berarah sejajar dengan arah penghantar. Jadi bila komponen vektor dari kuat medan berarah vertikal, dia tidak akan mempengaruhi atau menimbulkan fenomena transien pada penghantar.

Lebar bayang-bayang listrik dibawah saluran disebut Daerah Perisaian ditunjukkan pada Gambar-2.



Gambar-2 : Lebar bayang-bayang listrik

- a. Saluran udara tanpa kawat tanah
- b. Saluran udara dengan kawat netral ($b = 0$)
- c. Saluran udara dengan satu kawat tanah ($b = 0$)

Khususnya untuk Saluran Udara Tegangan Menengah lebar bayang-bayang listrik itu menurut persamaan adalah :

$$W = (b + 4h^{1,09}) \text{ meter}$$

Di luar daerah perisaian ini kilat dianggap menyambar langsung ke tanah atau sambaran induksi.

Pandanglah suatu kawat setinggi h di atas tanah. Misalkanlah suatu sambaran kilat

vertikal menyambar tanah pada jarak y dari kawat Gambar -3 besar tegangan induksi pada kawat adalah :

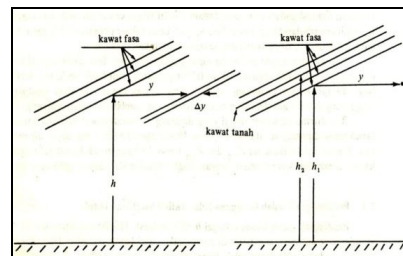
$$V_i = \frac{30 I_0 h}{y}$$

Bila saluran itu dilengkapi dengan kawat tanah, maka besar tegangan induksi pada kawat fasa adalah :

$$V_i' = \left(1 - \frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} \frac{h_2}{h_1}\right) V_i$$

Jumlah sambaran pada daerah Δy untuk panjang 100 km saluran,

$$\Delta N = 0,015 \text{ IKL } \Delta y$$



Gambar-3

Supaya tagangan induksi sama atau melebihi ketahanan impuls isolasi $V_{50\%}$

$$I_0 \geq \frac{V_{50\%}}{30 h} y$$

Probabilitas arus yang demikian diperoleh dari

$$P_{I_0} = e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{1020 h} y\right)}$$

Jadi jumlah sambaran pada bidang Δy yang dapat menimbulkan tegangan melebihi $V_{50\%}$ adalah,

$$\Delta N_{FL} = 0,015 / KL e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{1020 h} y\right)} \Delta y$$

Bila Δy dibuat kecil sekali, Δy berubah menjadi dy dan ΔN_{FL} berubah menjadi dN_{FL} , dan setelah dilakukan integrasi dari y_{min} (=

Pengaruh Kawat Tanah Terhadap Gangguan Kilat Induksi pada SUTM 20 kV $2h^{1,09}$) sampai y_{maks} (= tak terhingga) untuk kedua sisi saluran diperoleh,

$$N_{FL} = 2 \int_{2h^{1,09}}^{\infty} 0,015 \text{ IKL } e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{1020h} y\right)} dy$$

$$N_{FL} = 30,6 \text{ IKL } h \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{510} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}}$$

Persamaan di atas adalah untuk keadaan tidak ada kawat tanah. Bila ada kawat tanah maka tegangan induksi pada kawat adalah:

$$V_i' = FP V_i$$

$$= FP \times \frac{30,6 h}{y}$$

Faktor perisaian (F P) ditentukan oleh persamaan berikut :

$$FP = \left(1 - \frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} \frac{h_2}{h_1}\right)$$

Jadi jumlah lompatan api adalah :

$$N_{FL} = 30,6 \text{ IKL } FP \cdot h \cdot \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{510 FP} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}}$$

Sebagaimana dijelaskan p ada sebelumnya, tidak semua lompatan api dapat beralih menjadi busur api atau gangguan, dan besarnya gangguan itu tergantung dari besar probabilitas η . Dengan demikian jumlah gangguan karena sambaran induksi adalah :

a) Tanpa kawat tanah :

$$N_i =$$

$$30,6 \text{ IKL } h \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{510} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} \times \eta$$

Gangguan per 100 km/th

b)

engan kawat tanah :

$$N_i =$$

$$30,6 \text{ IKL } FP \cdot h \cdot \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{510 FP} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} \times \eta$$

Gangguan per 100 km/th

4. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menghitung jumlah gangguan yang diakibatkan oleh sambaran tidak langsung atau sambaran induksi yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV. Sebagai aplikasi untuk pengambilan data dilapangan aladah pada SUTM 20 kV Feeder Simpang Benteng GH Payakumbuh dengan panjang saluran 96 km. Dan langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah gangguan aki bat sambaran tidak langsung pada saluran yang tidak menggunakan kawat tanah dan menggunakan tiang besi
2. Menghitung jumlah gangguan aki bat sambaran tidak langsung pada saluran yang menggunakan kawat tanah dan menggunakan tiang besi
3. Membandingkan kedua hasil pada poin 1 dan 2 diatas

5. Hasil Penelitian

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan formula-formula yang diberikan dan sesuai dengan langkah-langkah pada metode penilitan maka didapat hasil perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel-1

Tabel-1 : Hasil perhitungan gangguan kilat induksi pada SUTM 20 kV Feeder Halaban GH Payakumbuh

(2.35)

No.	Jenis saluran	Probabilitas Lompatan Api (N_{FL}) D	Jumlah gangguan induksi per 100 km/th	Jumlah gangguan induksi per 59 km/th
1.	Tanpa kawat tanah	165,7	41,42	24,43
2.	Pakai kawat tanah	97,8	24,45	14,42

(2.36)

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan terhadap jumlah gangguan yang terjadi yang diakibatkan oleh sambaran

Pengaruh Kawat Tanah Terhadap Gangguan Kilat Induksi pada SUTM 20 kV

induksi pada SUTM 20 kV Feeder Halaban GH Payakumbuh dengan panjang saluran 59 km seperti yang ditunjukkan pada Tabel-1 dapat dijelaskan bahwa pada saluran yang tidak menggunakan kawat tanah atau perisai jumlah gangguan yang terjadi adalah **24,43** kali gangguan dalam setahun, sedangkan pada saluran yang menggunakan kawat tanah jumlah gangguan induksi yang terjadi adalah **14,42** kali dalam setahun. Dengan memasang kawat tanah atau kawat perisai pada SUTM akan mengurangi jumlah gangguan yang diakibatkan oleh sambaran induksi. Dari hasil perhitungan dengan memasang kawat tanah pada SUTM dapat mengurangi jumlah gangguan kilat induksi dalam satu tahun lebih kurang **40,9%**

Lines with Special Reference to the Over Voltage Protection of Low Voltage Networks, *Trans. Of Chalmers University of Technology*, Stockholm, Sweden, 1958.

4. T.S. Hutaaruk, “*Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*”, Erlangga, Jakarta, 1991.

6. Kesimpulan

Dari uraian diatas dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan analisa dan perhitungan yang dilakukan jumlah gangguan kilat induksi lebih banyak pada saluran tanpa kawat tanah dari yang pakai kawat tanah
2. Kawat tanah dapat mengurangi gangguan induksi lebih kurang 40,9% dari saluran yang tidak pakai kawat tanah.

Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih teliti perlu diteliti tahanan kontak tiang yang tidak diketanahkan

Daftar Pustaka

1. Popolansky, F., Measurement of Lightning Currents in Czechoslovakia and the Application of Obtained Parameters in the Prediction of Lightning Outages of EHV Transmission Lines, Paris, CIGRE, 1970, Report 33-03, Vol.2..
2. Sirait K.T, Zoro R, “*Perlindungan Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*”, ITB, Bandung, 1986.
3. S. Rusck, Induced Lightning Overvoltages on Power Transmission

Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume. 1, No. 1; Januari 2012