

Sambaran Petir Pada Saluran Udara Tegangan Menengah Dengan Kabel Udara

Soetjipto Soewono¹ Rudy Setiabudy² Soenoto²

¹PT. PLN (Persero)

²Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Abstrak

Penghijauan bukan merupakan kegiatan yang positif bagi saluran udara tegangan menengah (SUTM), karena sering menimbulkan gangguan sesaat akibat sentuhan ranting pohon yang tertiuip angin dengan konduktor SUTM. Untuk mengatasi gangguan sesaat tersebut, maka digunakan kabel udara.

Performance terhadap petir pada SUTM dengan kabel udara (OHC) juga akan mengalami perubahan, karena kekuatan isolasi OHC akan mempengaruhi jarak sambaran petir pada konduktor SUTM.

Percobaan dengan menggunakan skala model telah dilakukan untuk mendapatkan hubungan jarak sambaran petir langsung ke SUTM yang menggunakan konduktor telanjang dan OHC. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa kekuatan isolasi OHC akan memperkecil jarak sambaran petir langsung.

Kata Kunci : petir, jarak sambaran, tegangan induksi, kabel udara

Abstract

Forestation is not always a positive activity for medium voltage overhead lines (MVOL), because it is often causing a temporary fault to MVOL when branches of adjacent trees is blown by the wind and to avoid that fault, then overhead cable (OHC) is used.

Lightning performance of MVOL using OHC have been improved since the dielectric strength of the insulation of OHC will affect and improve the striking distance to conductor of MVOL.

The experiment results using scaled model shows the correlation between the striking distance of MVOL bare conductors to OHC, and the strength of OHC insulation will reduce the striking distance

Key-words : Lightning, Striking distance, Induced voltage, Overhead cable

1. Pendahuluan

Benjamin Franklin menyatakan bahwa terjadinya petir karena adanya lompatan listrik (*electric discharge*) dari muatan awan. Kemudian percobaan petir yang dipelopori Franklin berkembang dengan dilakukan pengukuran arus petir oleh Pockels pada tahun 1897, 1898, 1900, dan pengukuran induksi medan listrik untuk mengestimasi jumlah muatan dan distribusinya dalam thunderstorm, serta jumlah muatan yang menyebabkan proses terjadinya petir oleh Wilson pada tahun 1916, 1920.

Kemudian pengukuran karakteristik petir selanjutnya dilakukan di Empire State Building, New York tahun 1935 – 1949, dan di menara Mount San Salvatore, Swiss tahun 1943 – 1972 [1].

Penghijauan merupakan salah satu kegiatan kepedulian terhadap lingkungan, tetapi menyebabkan gangguan sesaat saluran udara akibat sentuhan ranting pohon yang tertiuip angin ke konduktor saluran udara. Untuk mengatasi gangguan tersebut maka kabel udara yang biasa disebut Overhead Cable (OHC) dipakai sebagai konduktor Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).

Percobaan laboratorium dilakukan untuk mengetahui performance SUTM yang menggunakan OHC terhadap sambaran petir langsung dan hasilnya akan diuraikan pada makalah ini.

2. Arus petir

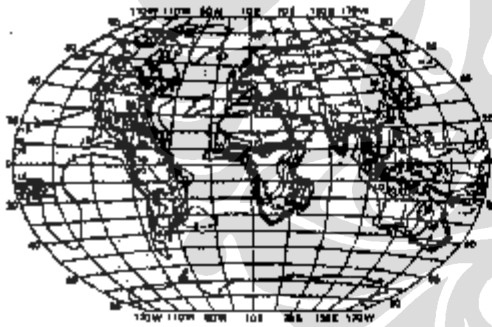
Untuk menentukan probabilitas kumulatif harga arus petir yang melebihi harga arus sambaran petir diberikan dalam bentuk persamaan sederhana oleh Anderson [2] sebagai berikut :

$$P = \frac{I}{1 + \left(\frac{I_0}{31}\right)^{2.6}}$$

dimana :

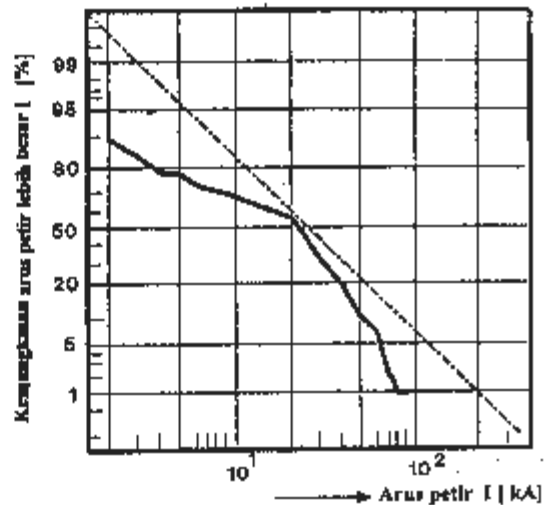
P = probabilitas arus petir yang melebihi I_0 (%).

I_0 = arus petir (kA).



Gambar 1.
Peta hari guruh (IKL) [3]

Sehubungan dengan kepadatan petir yang biasa digambarkan dalam bentuk hari guruh atau yang biasa disebut isokeraunic level (IKL) pada setiap daerah berbeda, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1 [3], maka sangatlah diperlukan untuk melakukan pengukuran distribusi arus petir di Indonesia. Distribusi kumulatif arus sambaran petir yang menyambar tower 500 kV di Jakarta, diukur dengan magnetic link yang ditempatkan pada puncak menara ditunjukkan pada gambar 2.[4]



Gambar 2.
Kemungkinan sambaran arus petir dengan magnetic link [4].

3. Jarak sambaran

Petir berawal dari pelepasan muatan awan yang kemudian me-nyambar ke permukaan bumi atau benda lain di permukaan bumi. Mula-mula aliran kebawah (downward streamer) berupa alur pandu mengarah kebawah membentuk kanal tanpa dipengaruhi benda yang ada di bumi. Pembentukan alur pandu diikuti dengan mengalirnya muatan awan turun sepanjang kanal. Karena kanal bertambah panjang sehingga mendekati bumi, maka medan listrik dipermukaan bumi naik. Pada waktu ujung kanal mencapai jarak tertentu dari benda di permukaan bumi, besar medan listrik-nya mencapai harga kritis yang bisa menyebabkan tembus udara yaitu 500 kV/m polaritas negatif dan 300kV/m polaritas positif [5,6]. Pada saat itu muncul aliran keatas (upward streamer) dari benda di bumi tersebut untuk menyambut alur pandu yang datang dari awan.

Jarak dari ujung alur pandu yang berasal dari awan dengan benda di bumi yang dapat memunculkan aliran arus petir disebut jarak sambaran. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa petir tidak akan menyambar suatu benda apa-bila ujung aliran kebawah (downward streamer) berada pada jarak diluar jarak sambaran. Hubungan analitik antara jarak sambaran

dan arus petir pertama kali diperkenalkan Whitehead sebagai berikut [2] :

$$r'_s = r_s \times \frac{V_{50}(b)}{V_{50}(c)}$$

$$r'_s = aI_o^b$$

dimana :

r'_s = jarak sambaran (m)

I_o = arus petir (kA)

a,b = konstante

Persamaan jarak sambaran tersebut telah digunakan secara luas, hanya terdapat perbedaan pada harga konstante a dan b seperti yang ditunjukkan pada table 1 [7,8]. Harga konstante ada yang membedakan antara jarak sambaran ke tanah dan ke konduktor saluran udara.

Jarak sambaran pada saluran udara yang menggunakan kabel udara lebih besar dari pada saluran udara yang menggunakan konduktor telanjang, karena dipengaruhi oleh kenaikan tegangan lompat akibat adanya isolasi konduktor.

Besarnya jarak sambaran dapat dihitung sebagai berikut [9] :

dimana :

r'_s = Jarak sambaran pada kabel udara (m).

r_s = Jarak sambaran pada konduktor telanjang (m).

$V_{50}(b)$ = V_{50} untuk celah antara elektroda dan kabel udara (kV)

$V_{50}(c)$ = V_{50} untuk celah antara elektroda dan konduktor telanjang (kV).

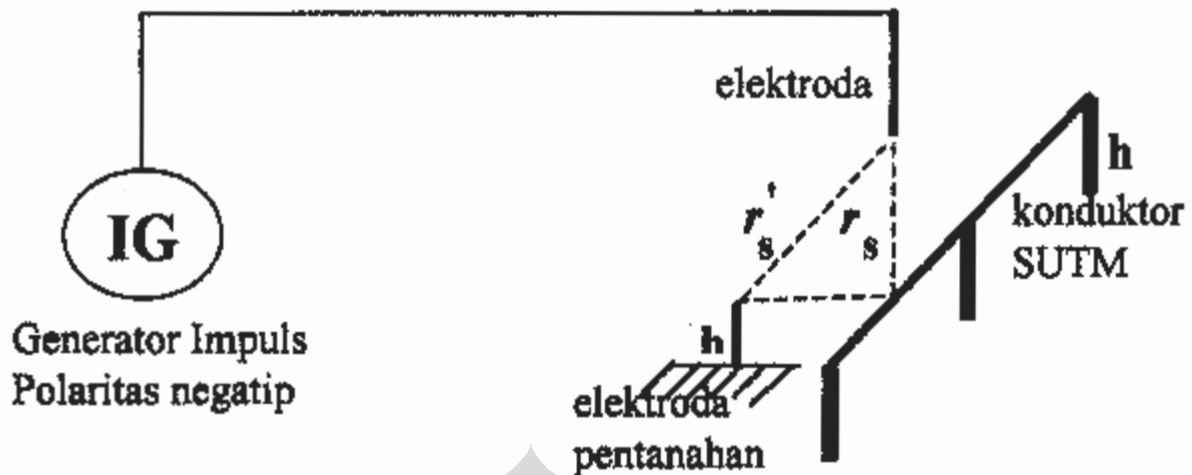
4. Percobaan laboratorium.

Dengan keterbatasan kemampuan Generator Impuls, maka percobaan dilakukan dengan dimensi kecil seperti ditunjukkan pada gambar 3.

Tegangan dengan polaritas negatif dibangkitkan dari generator impuls 2000 kV untuk membuat lompatan tegangan impuls pada kabel

Tabel 1.
Konstante jarak sambaran [7,8]

	ke tanah		ke konduktor saluran udara	
	a	b	a	b
Young, et al.	27	0,32	27	0,32
Armstrong, Whitehead	6	0,8	6,7	0,8
Brown, Whitehead	6,4	0,75	7,1	0,75
Love	10	0,65	10	0,65
IEEE Working Group	8	0,65	8	0,65
Suzuki	3,3	0,78	3,3	0,78



Gambar 3.
Rangkaian percobaan

Tabel 2.
Pengukuran jarak sambaran pada konduktor isolasi

Pengukuran	Isolasi 1	Isolasi 2	Isolasi 2
U (kV)	56,6	109,6	149,3
r'_s (m)	0,60	0,60	0,60
r_s (m)	0,61	0,64	0,67

udara (konduktor berisolasi) yang bervariasi kekuatan isolasinya. Batang elektroda sebagai simulasi alur pandu petir yang menurun diletakkan 60 cm diatas konduktor simulasi SUTM. Batang pentanahan setinggi konduktor (50 Cm) sebagai simulasi benda atau bangunan di bumi diatur jaraknya menjauh dari konduktor berisolasi sampai terjadi sambaran mengenai konduktor berisolasi. Kemudian diukur jarak antara ujung batang elektroda dan ujung batang pentanahan

Percobaan tersebut dilakukan pada beberapa konduktor berisolasi yang mempunyai kekuatan isolasi berbeda

Jarak antara ujung batang elektroda ke ujung batang pentanahan dan ujung batang elektroda ke konduktor berisolasi merupakan jarak sambaran masing-masing

Apabila jarak sambaran ke batang pentanahan dianggap sama dengan jarak sambaran ke konduktor telanjang [7,8], maka hasil pengukuran jarak sambaran ke kawat telanjang dan ke berbagai konduktor berisolasi dapat dilihat pada table 2.

Dengan demikian dari hasil pengukuran jarak sambaran tersebut, dengan menggunakan analisa regresi akan diperoleh hubungan jarak sambaran dengan tegangan tembus isolasi konduktor sebagai berikut :

$$r'_s = r_s (1 - 7 \cdot 10^{-6} U^{1,93})$$

dimana :

r'_s = Jarak sambaran pada konduktor berisolasi (m).

- r_s = Jarak sambaran pada konduktor telanjang (m).
U = Kekuatan atau tegangan tembus isolasi konduktor (kV)

Dari hubungan tersebut terlihat bahwa jarak sambaran akan menurun terhadap besarnya kekuatan isolasi konduktor. Dengan demikian untuk SUTM yang menggunakan konduktor berisolasi (kabel udara) akan lebih menguntungkan karena sambaran petir langsung ke konduktor berisolasi akan lebih sedikit apabila dibandingkan dengan yang menggunakan kawat telanjang.

5. Kesimpulan.

Kekuatan isolasi kabel udara akan mempengaruhi jarak sambaran petir langsung ke konduktor SUTM.

Jarak sambaran langsung ke konduktor SUTM yang menggunakan kabel udara lebih kecil dari SUTM yang menggunakan kawat telanjang.

Penggunaan kabel udara pada SUTM disamping untuk mengatasi gangguan sesaat akibat sentuhan pohon, juga akan memperbaiki lightning performance SUTM.

Daftar Acuan

1. Chowdhuri, P., *Electromagnetic Transients in Power System*, Research Studies Press LTD, Taunton-Somerset, England, 1996.
2. Anderson, J.G., *Lightning Performance of Transmission Lines*, Chapter 12 of Transmission Line Reference Book 345 kV and Above, Second Edition, Revised, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, 1987.
3. T & D Committee of the IEEE Power Engineering Society, *Draft Full-Use Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines*, IEEE P 1410™/D3, USA, Feb. 3, 2003.
4. Soetjipto S., et al, *Polarity and The Probability of Lightning Current Magnitudes in Java Island of Indonesia*, Proc. of 8th ISH., Yokohama, Japan, 1993.
5. Golde, R.H., *Lightning Protection*, Edward Arnold Ltd., London, 1973.
6. Golde, R.H., *Lightning vol 1 & 2*, Academic Press Inc., London, 1977.
7. CIGRE Working Group 33.01 (Lightning), *Guide to Procedures for Estimating The Lightning Performance of Transmission Lines*, October 1991.
8. Sakis Meliopoulos, et al, *An Integrated Model for Lightning Performance Evaluation of Overhead Distribution Lines*, Proc. of 25th ICLP., Rhode-Greece, 2000.
9. Yokoyama, S., et al, *Lightning Stroke Attachment Characteristics of A Covered Conductor and A Bare Conductor on Power Distribution Lines*, Proc. of 11th ISH., London, 1999