

**PERHITUNGAN KERAPATAN SAMBARAN PETIR PADA SUTM 20 KV
BERDASARKAN JENIS TIANG
(Aplikasi Feeder-1 GH Pangkalan Kabupaten Limapuluh Kota)**

Oleh:

Erhaneli*Fandi Febrian**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri-ITP
Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang, 25143, Indonesia
erhanelimarzuki@gmail.com

Abstrak

ondisi daerah Indonesia mempunyai tingkat kerapatan kilat yang tinggi dan curah hujan yang besar menyebabkan banyaknya gangguan yang terjadi akibat sambaran kilat baik secara langsung maupun tidak langsung. Tegangan lebih akibat sambaran kilat selain tergantung pada parameter kilat (arus puncak dan waktu muka) juga dipengaruhi oleh jenis saluran dan tiang penopang. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kerapatan sambaran petir pada SUTM 20 KV berdasarkan jenis tiang. Perhitungan berdasarkan jenis tiang dan sambaran langsung maupun tidak langsung (induksi) pada saluran baik pakai kawat tanah ataupun tidak dengan aplikasi di SUTM 20 kV Feeder-1 GH Pangkalan Kabupaten Lima Puluh Kota panjang saluran 83,15 km. Hasil perhitungan disimpulkan pada saluran tanpa kawat tanah, jumlah gangguan tidak langsung (induksi) 36,6 kali/tahun pada tiang besi dan 20,3 kali/tahun. Sehingga perbandingannya 44,5% dan pada saluran pakai kawat tanah, jumlah gangguan tidak langsung (induksi) 26,8 kali/tahun pada tiang besi dan 15,4 kali/tahun pada tiang beton dengan perbandingannya 42%. maka jumlah gangguan total satu tahun pada saluran tanpa kawat tanah 57,7 kali/tahun untuk tiang besi dan 40,7 kali/tahun untuk tiang beton dengan perbandingannya 44,5%. Pada saluran pakai kawat tanah, jumlah gangguan total 46 kali/tahun pada tiang besi dan 34,1 kali/tahun pada tiang beton Sehingga perbandingannya adalah 25,80 %.

Kata kunci : gangguan kilat, jenis tiang, SUTM

Abstrac

Indonesia local conditions have a high level of density lightning and heavy rainfall caused many disturbances caused by lightning either directly or indirectly. Overvoltage due to lightning in addition to depending on the flash parameters (peak current and the time advance) are also affected by the type of channel and stanchion. The purpose of this study was to determine the density of lightning strikes on SUTM 20 KV is based on the type of pole. Calculation based on the type of pole and strikes directly or indirectly (induction) on both channels or not to use the ground wire with applications in SUTM 20 kV Feeder-1 GH Base City District Fifty channel length of 83.15 km. The calculation results are summarized in the channel without a ground wire, the amount of interference indirectly (induction) 36.6 times / year on iron poles and 20.3 times / year. So the comparison is 44.5% and the channel use a ground wire, the amount of interference indirectly (induction) 26.8 times / year on iron poles and 15.4 times / year on a slab of concrete with the ratio 42 %%. the sum total of one year interruption in the line without ground wire 57.7 times / year for the iron poles and 40.7 times / year for a slab of concrete with the ratio of 44.5%. On the ground wire wear line, the amount of disturbance a total of 46 times / year on iron poles and 34.1 times / year on concrete pillars So the ratio is 25.80%

Keywords : lightning disturbance , the type of pole , SUTM

1. Pendahuluan

Energi listrik yang dibangkitkan oleh Pusat Pembangkit pada umumnya terletak jauh dari perkotaan di mana para pelanggan berada. Pada

Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 5, No. 1; Januari 2016

sitem tenaga listrik, untuk menyalurkan energi dari pusat pembangkit ke pusat beban atau konsumen diperlukan suatu jaringan tenaga listrik yang terdiri dari saluran transmisi dan

distribusi. Transmisi menyalurkan energi listrik pada tingkat tegangan tinggi dan didistribusikan berfungsi menyalurkan energi listrik pada tingkat tegangan menengah dan rendah. Dalam penyaluran energi listrik ke konsumen, energi listrik ini harus berkualitas dari segi teknis maupun ekonomis. Dari segi teknis yang menjadi parameter kebaikan energi listrik adalah tegangan, frekuensi dan kehandalan. Kemampuan suatu pembangkit dalam menyalurkan energinya ke konsumen haruslah dalam batas-batas mutu yang diizinkan. Adanya gangguan yang terjadi pada sistem akan mengakibatkan turunnya kesinambungan penyaluran energi listrik. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah gangguan tegangan lebih pada daerah penyaluran baik transmisi maupun distribusi. Tegangan lebih bila didasarkan pada penyebabnya terdiri dari gangguan eksternal dan gangguan internal. Gangguan eksternal adalah berasal dari luar sistem seperti sambaran petir, keadaan alam, sedangkan gangguan dari dalam sistem (internal) misalnya switching surges atau surja hubung. Karena daerah Indonesia yang mempunyai tingkat kerapatan kilat yang tinggi dan curah hujan yang besar menyebabkan banyaknya gangguan yang terjadi akibat sambaran kilat baik secara langsung maupun tidak langsung. Kedua jenis sambaran kilat ini, dapat menyebabkan terganggunya saluran distribusi dalam menyalurkan daya listrik dari gardu induk pusat beban ke konsumen. Tegangan lebih akibat sambaran kilat selain tergantung pada parameter kilat (arus dan waktu muka) juga dipengaruhi oleh jenis saluran dan tiang penopang.

Jenis saluran adalah saluran tanpa kawat tanah dan saluran dengan kawat tanah, dan jenis tiang penopang adalah tiang besi, tiang kayu dan tiang beton, demikian juga lengan (cross arm) kayu mempengaruhi besar tingkat ketahanan impuls isolasi saluran.

Penelitian yang dilakukan adalah menghitung jumlah kerapatan sambaran petir berdasarkan jenis tiang yang digunakan (tiang

besi dan beton) pada saluran yang tidak menggunakan kawat tanah dan saluran yang pakai kawat tanah. Dan sambaran petir diasumsikan sambaran langsung dan tidak langsung (sambaran induksi)

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah menghitung jumlah kerapatan sambaran petir berdasarkan jenis tiang yang digunakan (tiang besi dan beton) pada saluran yang tidak menggunakan kawat tanah dan saluran yang pakai menggunakan kawat tanah. Kemudian membandingkannya dari hasil perhitungan antara saluran yang menggunakan tiang besi dengan saluran yang menggunakan tiang beton. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan data-data lapangan sesuai dengan data lokasi kajian yakni Saluran Distribusi Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV Feeder-1 GH Pangkalan Kabupaten Lima Puluh Kota.

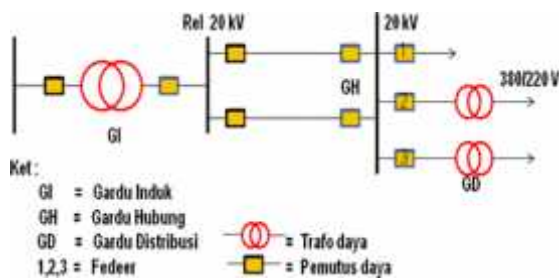
2. Jaringan Tegangan Menengah

Pada pendistribusian tenaga listrik ke pengguna tenaga listrik di suatu kawasan, penggunaan sistem Tegangan Menengah sebagai jaringan utama adalah upaya utama menghindarkan rugi-rugi penyaluran (losses) dengan kualitas persyaratan tegangan yang harus dipenuhi oleh PT PLN Persero selaku pemegang Kuasa Usaha Utama sebagaimana diatur dalam UU ketenagalistrikan No 30 tahun 2009.

Dengan ditetapkannya standar Tegangan Menengah sebagai tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah 20 kV, konstruksi JTM wajib memenuhi kriteria enjineriing keamanan ketenagalistrikan, termasuk didalamnya adalah jarak aman minimal antara Fase dengan lingkungan dan antara Fase dengan tanah, bila jaringan tersebut menggunakan Saluran Udara atau ketahanan Isolasi jika menggunakan Kabel Udara Pilin Tegangan Menengah atau Kabel Bawah Tanah Tegangan Menengah serta kemudahan dalam hal pengoperasian atau pemeliharaan Jaringan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) pada

jaringan utama. Hal ini dimaksudkan sebagai usaha menjaga keandalan kontinyuitas pelayanan konsumen.

Ukuran dimensi konstruksi selain untuk pemenuhan syarat pendistribusian daya, juga wajib memperhatikan syarat ketahanan isolasi penghantar untuk keamanan tegangan 20 kV. Lingkup Jaringan Tegangan Menengah pada sistem distribusi di Indonesia dimulai dari terminal keluar (out-going) pemutus tenaga dari transformator penurun tegangan Gardu Induk atau transformator penaik tegangan pada Pembangkit untuk sistem distribusi skala kecil, hingga peralatan pemisah/proteksi sisi masuk (in-coming) transformator distribusi 20 kV - 231/400V. Konstruksi Jaringan Tenaga Listrik Tegangan Menengah dapat dikelompokkan menjadi 3 macam yakni : SUTM, SKTM dan SKUTM



Gambar-1 :

Diagram satu garis jaringan tegangan menengah

2.1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini terbanyak digunakan untuk konsumen jaringan Tegangan Menengah yang digunakan di Indonesia. Gambar-2 menunjukkan konstruksi SUTM



Gambar-2 :

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton. Penggunaan penghantar telanjang, dengan sendirinya harus diperhatikan faktor yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman minimum yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar Fase atau dengan bangunan atau dengan tanaman atau dengan jangkauan manusia. Termasuk dalam kelompok yang diklasifikasikan SUTM adalah juga bila penghantar yang digunakan adalah penghantar berisolasi setengah AAAC-S (*half insulated single core*). Gambar-1 menunjukkan konstruksi SUTM

2.2 Komponen Utama Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Adapun komponen utama pada saluran udara tegangan menengah adalah :

- a) Penghantar
- b) Isolator
- c) Peralatan Hubung (Switching)
- d) Tiang

2.3 Sambaran Kilat Lansung pada SUTM

Yang dimaksud dengan sambaran langsung adalah apabila kilat menyambar langsung menyambar pada kawat fasa (untuk saluran tanpa kawat tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran dengan kawat tanah). Pada Saluran Udara Tegangan Menengah diasumsikan bahwa pada saluran dengan kawat tanah tidak ada kegagalan perisaian. Asumsi ini dapat dibenarkan karena tinggi kawat diatas tanah relatif rendah (10 sampai 13 meter) dan juga karena dengan sudut perisaian yang biasanya lebih kecil 60⁰ sudah dapat dianggap semua sambaran kilat mengenai kawat tanah, jadi tidak ada kegagalan perisaian.

a) Perhitungan gangguan Kilat sambaran langsung pada saluran tanpa kawat tanah

Pada saluran tanpa kawat tanah, hampir semua sambaran kilat mengenai kawat fasa dan

sangat jarang mengenai tiang. Jadi di sini dimisalkan semua sambaran mengenai kawat fasa. Untuk menentukan jumlah gangguan kilat akibat sambaran langsung pada saluran tanpa kawat tanah diberikan pada persamaan berikut :

$$N_t = N_L \times P_{FL} \times \eta$$

$$N_t = 0,01 IKL (b + 4h^{1,09}) \times e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{2,5 Z_p}\right)} \times \eta$$

Pengaruh tiang beton menambah tingkat ketahanan isolasi beberapa puluh kV, dan ini dapat ditambah pada $V_{50\%}$ isolator saluran. Dari hasil-hasil pengujian diperoleh tegangan tembus beton kira-kira 23kV/cm untuk beton kering dan 20 kV/cm untuk beton basah. Dalam perhitungan diambil tegangan tembus 20 kV/cm.

b) Perhitungan gangguan Kilat sambaran langsung pada saluran dengan kawat tanah

Pemasangan kawat tanah bertujuan untuk melindungi kawat fasa dari sambaran langsung kilat. Dengan adanya kawat tanah yang letaknya diatas kawat fasa dan karena tinggi kawat diatas tanah relatif rendah, dianggap semua sambaran mengenai kawat tanah, jadi tidak ada yang menyambar kawat fasa.

Pada saluran udara tegangan menengah tidak semua tiang diketahankan, tetapi selang 3 sampai 4 gawang. Panjang gawang relatif kecil (40 s/d 80 meter), jadi disini dianggap semua sambaran mengenai tiang. Jumlah sambaran pada tiang yang diketahankan diambil sama dengan jumlah sambaran pada tiang yang tidak diketahankan. Tahanan tiang yang diketahankan umumnya diambil 20 ohm, tetapi tiang – tiang yang tidak diketahankan mempunyai tahanan kontak sebesar 100 ohm untuk tiang besi dan 500 ohm untuk tiang beton. Jadi sambaran ke kawat tanah dibagi dalam dua golongan, sambaran pada tiang yang diketahankan (50%) dan sambaran pada tiang yang tidak diketahankan (50%).

Besar probabilitas lompatan api balik pada sambaran ke tiang yang diketahankan tergantung dari tahanan kontak tiang. Pada

tiang – tiang yang tidak diketahankan, karena tahanan kontak tiang sangat besar maka hampir semua sambaran kilat pada tiang yang tidak diketahankan itu akan menyebabkan lompatan api balik. Untuk menentukan jumlah gangguan kilat akibat sambaran langsung pada saluran dengan kawat tanah diberikan pada persamaan dibawah ini :

$$N_t = N_L \times P_{FL} \times \eta$$

$$N_t = 0,015 IKL (b + 4h^{1,09}) \times e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{(R+b) h^{0,34}}\right)} \times \eta$$

Dimana :

- N_t : Jumlah gangguan kilat langsung
- N_L : Jumlah sambaran kilat pada saluran
- P_{FL} : Probabilitas lompatan api
- η : Probabilitas peralihan lompatan api menjadi busur api

Tabel -1 Probabilitas peralihan lompatan api menjadi busur api (Razevicius, 1979)

Gradien Tegangan E_0 (kV _{rms} /meter)	Probabilitas peralihan lompatan api menjadi busur api (η)
50	0,6
30	0,45
20	0,25
10	0,10

2.4 Sambaran Kilat tidak Langsung (sambaran induksi) pada SUTM

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. Akibatnya 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 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 atau disebut “*Daerah Perisaian*” khususnya untuk Saluran Udara Tegangan Menengah lebar bayang-bayang listrik itu menurut persamaan adalah :

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

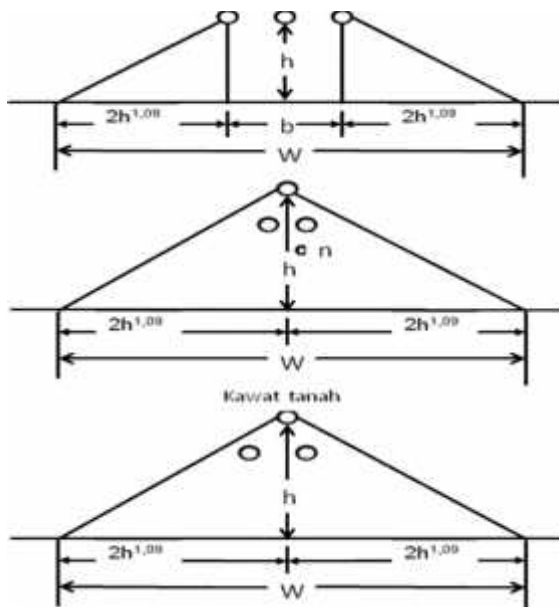
Di luar daerah perisaian ini kilat dianggap menyambar langsung ke tanah atau sambaran induksi. Gambar -3 : Lebar bayang-bayang listrik. Untuk menghitung jumlah gangguan kilat induksi pada saluran yang tidak menggunakan kawat tanah dan pakai kawat tanah dapat menggunakan persamaan berikut :

(a) Tanpa kawat tanah :

$$N_i = 30,6 I K L h \times \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{50} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} \times \eta$$

(b) Dengan kawat tanah :

$$N_{FL} = 30,6 I K L F P h_t \times \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{510.FP} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} \times \eta$$



Gambar -3 : Lebar bayang-bayang listrik

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

W = Lebar bayangan listrik

2.5 Jenis Tiang Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

a) Tiang Kayu

SPLN 115 : 1995 berisikan tentang Tiang Kayu untuk jaringan distribusi, kekuatan, ketinggian dan pengawetan kayu sehingga pada beberapa wilayah perusahaan PT PLN Persero bila suplai kayu memungkinkan, dapat digunakan sebagai tiang penopang penghantar penghantar SUTM.

b) Tiang Besi

Adalah jenis tiang terbuat dari pipa besi yang disambungkan hingga diperoleh kekuatan beban tertentu sesuai kebutuhan.

Walaupun lebih mahal, pilihan tiang besi untuk area/wilayah tertentu masih diijinkan karena bobotnya lebih ringan dibandingkan dengan tiang beton. Pilihan utama juga dimungkinkan bilamana total biaya material dan transportasi lebih murah dibandingkan dengan tiang beton akibat diwilayah tersebut belum ada pabrik tiang beton.

c) Tiang Beton

Untuk kekuatan sama, pilihan tiang jenis ini dianjurkan digunakan di seluruh PLN karena lebih murah dibandingkan dengan jenis konstruksi tiang lainnya termasuk terhadap kemungkinan penggunaan konstruksi rangkaian besi profil.

3. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah menghitung probabilitas atau kemungkinan jumlah gangguan yang terjadi pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) yang diakibatkan oleh sambaran petir yang langsung mengenai kawat fasa atau kawat tanah. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan data- data lapangan sesuai dengan data lokasi kajian yakni Saluran Distribusi Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV di Feeder-1 GH Pangkalan.

Metode perhitungan dan analisa data yang dilakukan adalah dengan menggunakan formula-formula yang diberikan pada bab

sebelumnya yang berkaitan dengan tujuan penelitian dengan menggunakan data-data yang didapatkan dari aplikasi penelitian. Adapun langkah-langkah perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Menghitung jumlah gangguan kilat dan jumlah lompatan api diakibatkan oleh sambaran langsung dan sambaran tidak langsung (induksi) untuk saluran tanpa kawat tanah dan pakai kawat tanah pada tiang besi.
- 2) Menghitung jumlah gangguan kilat dan lompatan api pada SUTM yang diakibatkan oleh sambaran langsung dan sambaran tidak langsung (induksi) pada saluran tanpa kawat tanah dan pakai kawat tanah dengan menggunakan tiang beton
- 3) Menghitung jumlah gangguan total sambaran petir pada SUTM 20 kV di Feeder 1 GH Pangkalan Kabupaten Lima Puluh Kota

4. Hasil Perhitungan

Dengan menggunakan persamaan yang telah diuraikan diatas untuk menghitung jumlah gangguan kilat langsung maupun tidak langsung pada saluran yang pakai kawat tanah ataupun tidak pakai kawat tanah dengan aplikasi penelitian adalah SUTM 20 kV Feeder-1 GH Pangkalan Kabupaten Lima Puluh Kota dengan panjang saluran 83,15 km, maka hasil perhitungannya ditunjukkan pada Tabel.2.

Tabel.2 : Rekapitulasi hasil perhitungan jumlah gangguan kilat langsung dan tak langsung pada SUTM 20 kV tanpa kawat tanah dan pakai kawat tanah dengan tiang besi dan tiang beton

	Macam Gangguan	Tiang Besi	Tiang beton	Perbandingan (%)
Tanpa Kawat Tanah	Sambaran langsung (Ni)	20,9	20,4	2,30%
	Sambaran induksi (Ni)	36,6	20,3	44,50%
	Gangguan Total (No)	57,5	40,7	29,20%
Pakai kawat tanah	Sambaran langsung (Ni)	19,2	18,7	2,60%

Sambaran induksi (Ni)	26,8	15,4	42,50%
Gangguan Total (No)	46	34,1	25,80%

Sedangkan Karakteristik perbandingan jumlah gangguan kilat langsung dan tak langsung pada SUTM 20 kV tanpa kawat tanah dan pakai kawat tanah dengan tiang besi dan tiang beton ditunjukkan pada Gambar-4



Gambar.5 :

Karakteristik perbandingan jumlah gangguan kilat langsung dan tak langsung pada SUTM 20 kV tanpa kawat tanah dan pakai kawat tanah dengan tiang besi dan tiang beton SUTM 20 kV Feeder-1 GH Pangkalan Kabupaten Lima Puluh Kota

4.2 Pembahasan

Tabel 4.2 menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan-perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui jumlah gangguan kilat langsung dan tak langsung pada SUTM 20 kV tanpa kawat tanah dan pakai kawat tanah dengan tiang besi dan tiang beton. Dari Tabel-2 dapat dijelaskan bahwa perbandingan jumlah gangguan sambar petir yang terjadi antara saluran yang menggunakan tiang besi dan menggunakan tiang beton sangat signifikan pada **gangguan tidak langsung (induksi)** baik salurannya pakai kawat tanah ataupun tidak.

5. Kesimpulan

Dari perhitungan dan analisa yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari jenis gangguan yang terjadi

dapat disimpulkan bahwa :

Pada saluran tanpa kawat tanah, jumlah gangguan tidak langsung (induksi) adalah **36,6** kali/tahun/83,13 km pada tiang besi dan **20,3** kali/tahun/83,15km. Sehingga perbandingan adalah **44,5%**

Pada saluran pakai kawat tanah, jumlah gangguan tidak langsung (induksi) adalah **26,8** kali/tahun/83,13 km pada tiang besi dan **15,4** kali/tahun/83,15 km. Sehingga perbandingan adalah **42%%**

2. **Ditinjau dari jumlah total gangguan yang terjadi dalam satu tahun adalah :**

Pada saluran tanpa kawat tanah, jumlah gangguan total adalah **57,7** kali/tahun/83,13 km pada tiang besi dan **40,7** kali/tahun/83,15 km pada tiang beton. Sehingga didapat perbandingannya adalah **44,5%**

Pada saluran pakai kawat tanah, jumlah gangguan total adalah **46** kali/tahun/83,13 km pada tiang besi dan **34,1** kali/tahun/83,15 km pada tiang beton Sehingga perbandingannya adalah **25,80 %**

Daftar Pustaka

1. Abdul Kadir, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga listrik*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 2000.
2. AS. Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga , Jakarta, 1994.
3. Benyamin Franklin , Petir peristiwa pelepasan muatan, Amerika, 1752
4. Djiteng Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Balai Penerbit & Humas ISTN, Pasar Minggu Jakarta Selatan, 1990.
5. Febrioni chandra, Probabilitas sambaran petir terhadap Saluran Udara Tegangan Menengah,2010
6. S. Rusck, *Induced Lightning Overvoltages on Power Transmission Lines with Special Reference to the Over Voltage Protection of Low Voltage Networks*, Trans. Of Chalmers University of Technology, Stockholm, Sweden, 1958.

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