

# STUDI KEGAGALAN PERLINDUNGAN KAWAT TANAH TERHADAP SAMBARAN PETIR PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV

Oleh:

Janter Napitupulu <sup>1)</sup>

Iwan Safarudin <sup>2)</sup>

Arie Hernandez <sup>3)</sup>

Gilang Hutapea <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3,4)</sup>

E-mail:

[jantermh@gmail.com](mailto:jantermh@gmail.com) <sup>1)</sup>

[iwansafarudin@mail.com](mailto:iwansafarudin@mail.com) <sup>2)</sup>

[Ariehernandez165@gmail.com](mailto:Ariehernandez165@gmail.com) <sup>3)</sup>

[gilanghutapea@gmail.com](mailto:gilanghutapea@gmail.com) <sup>4)</sup>

## ABSTRAK

Cara perlindungan dengan menggunakan kawat tanah yang dipasang pada saluran transmisi sehingga energy petir yang menyebar dapat ditangkap kawat tanah dan kemudian menyalurkan arus petir tersebut ketanah tanpa menimbulkan tegangan besar. Keaadadn yang selalu menimbulkan gangguan adalah sambaran petir yang lansung mengenai kawat fasa tersebut dapat terjadi akibat kegagalan perlindungan dari kawat tanah. Oleh karenanya penggunaan kawat tanah sebagai pelindung kawat fasa pemasangannya haruslah tepat, sehingga akan didapatkan system perlindungan yang baik. Karena dengan perlindungan yang baik, kemungkinan terjadinya kegagalan perlindungan terhadap sambaran petir akan semakin lebih kecil juga. Dengan demikian jumlah gangguan pada saluran transmisi akibat sambaran petir juga berkurang. Perhitungan Kegagalan Perlindungan Berdasarkan Metode Gordon W. Brown jarak sambar maksimum rata-rata untuk saluran permukaan tanah yang dilalui sepanjang saluran transmisi adalah 27,67 m . Jarak sambar yang menyebabkan flashover pada isolator adalah = 2,54 KA. Dengan metode perhitungan kegagalan perlindungan berdasarkan metode Gordon W.Brown diperoleh SFO = 0,084 outage per 100 km per tahun.

**Kata kunci : Saluran Transmisi, Kegagalan perlindungan, Kawat Tanah, Sambaran Petir**

## 1. PENDAHULUAN

Suatu saluran transmisi adalah rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit listrik ke sistem distribusi atau kesistem-sitem lainnya. Sistem transmisi dapat dilakukan dengan saluran transmisi udara dan saluran transmisi bawah tanah. Tetapi karena alasan ekonomi dan teknis, saluran transmisi udara lebih banyak digunakan di Indonesia, kecuali pada situasi yang luar biasa dan jarak pendek saluran transmisi bawa tanah baru digunakan.

Dengan demikian tingginya tegangan kerja suatu saluran transmisi

yang digunakan, maka persoalan yang timbul semakin kompleks. salah satu persoalan yang harus dibatasi adalah masalah ketahanan isolasi dari seluruh transmisi, disamping persoalan-persoalan lain yang ditimbulkannya.

Dalam keadaan operasinya, keandalan suatu sistem tenaga dapat ditentukan sejauh mana peralatan dan komponen dapat bekerja dalam melayani penyaluran daya listrik [1]. Sistem transmisi udara sering mengalami gangguan yang dapat mengakibatkan terhentinya pelayanan daya (outage). Salah satu penyebab terjadinya gangguan itu

adalah karena adanya peninggian tegangan pada saluran transmisi yang dikenal sebagai tegangan lebih, bila tegangan lebih itu telah melampaui tingkat ketahanan isolasi atau basic impuls insulation level (BIL) *isolator*, akan menyebabkan flashover pada isolator tersebut. Dengan demikian terjadi hubung singkat kawat-kawat fasa ketanah, sehingga mengakibatkan terputusnya pelayanan daya adapun sumber tegangan lebih. Sambaran petir dapat mengenai kawat fasa dan kawat tanah akan tetapi tidak semua sambaran petir yang mengenai kawat tanah dapat menimbulkan gangguan. Keadaan yang selalu menimbulkan gangguan adalah sambaran petir yang langsung mengenai kawat fasa tersebut dapat terjadi akibat kegagalan perlindungan dari kawat tanah. Oleh karenanya penggunaan kawat tanah sebagai pelindung kawat fasa pemasangannya haruslah tepat, sehingga akan didapatkan system perlindungan yang baik. Karena dengan perlindungan yang baik, kemungkinan terjadinya kegagalan perlindungan terhadap sambaran petir akan semakin lebih kecil juga. Dengan demikian jumlah gangguan pada saluran transmisi akibat sambaran petir juga berkurang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada pembentukan awan, intensitas medan listrik itu kira-kira 1 volt per cm dipermukaan bumi, makin tinggi dari permukaan bumi makin berkurang intensitas dan pada ketinggian 30.000 feet, besarnya sekitar 0,002 volt per cm. Simpson dan Scrase telah mengadakan pengamatan pada awan yang terdapat menimbulkan sambaran petir. Tinggi antara muatan pada pusat awan dengan bumi adalah 1.500-30.000 feet dalam km 0,5-20 km. Sedangkan menurut Malan (1973) tinggi awan petir negatif paling sedikit 8 km di atas tanah. Tangkai memberikan angka 7-11 km untuk awan petir positif dan 3-6 km untuk awan petir negatif. Tekanan yang berulang-ulang

(multi stroke) terjadi sesudah return stroke yang pertama, hal ini disebabkan masih adanya pusat muatan yang lain di awab untuk memulai sambaran petir berikutnya. Sambaran ini dimulai dengan leader yang mengikuti jalan yang dilalui oleh return stroke sebelumnya ciri-cirinya tidak ada percabangan dan kecepatan sangat cepat yaitu 3% kecepatan cahaya. Karena ciri-ciri tidak ada percabangan, ia juga disebut lidah petir (dari leader). Dari leader ini memerlukan waktu 1 milisekon. Untuk sampai ke bumi. Dari leader ini kemudian akan diikuti dengan return stroke berikutnya. Interval antara return stroke sebelumnya dengan leader adalah 40-50 milisekon. Biasanya sambaran petir terdiri dari 4-10 return strike. Kecepatan dari stepped leader sekitar 0,01-0,7% kecepatan cahaya, sedangkan dart leader 0,13-10% kecepatan cahaya. Sambaran petir yang menghantam kawat penghantar dapat menyebabkan suatu injeksi arus yang diakibatkan oleh muatan-muatan yang diinjeksikan yang bergerak sepanjang saluran sebagai arus. Nilai puncak arus penghantar yang terkena petir berbeda-beda pula, nilai yang sering didapatkan adalah 10.000 A atau lebih.

Menurut penyelidikan dengan menggunakan alat Klydonografh dan cathode – ray – oscillografh oleh para ahli, bentuk gelombang arus dan tegangan petir itu dapat didekati dengan suatu bentuk impuls.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### Tegangan Sambar:-

Wagner, menunjukkan suatu hubungan antara potensial down ward leader dengan kecepatan dari return stroke yang akan menyebabkan terjadinya sambaran petir, yakni :

$$V_s = 1,2 \times 10^8 \frac{v}{1-2,2v^2}$$

Dimana :

$V_s$  = potensial dari down ward leader (volt)

$V$  = kecepatan return stroke, yang dinyatakan dalam besaran per unit

kecepatan cahaya (kecepatan cahaya 300 meter per mikro detik).

**Jarak Sambar:-**

Striking distance atau jarak sambar dimana down ward leader akan mulai menyambar suatu objek di bumi atau ketinggian bertemunya down ward leader dengan up ward ditentukan besarnya persamaan :

$$R_s = \frac{vs}{g} = \frac{1,2 \times 10^3}{g} \frac{v}{1-2,2v^2}$$

Dimana :

$R_s$  = striking distance

$G$  = gradient tembus kritis antara ujung lidah petir dan objek.

= 6 KV per cm

= 6 x 30,5 = 183 Kv per feet

Dengan demikian jarak sambar (striking distance) menjadi :  $R_s = 656 \frac{v}{1-2,2v^2}$

Dalam meter :  $R_s = 200 \frac{v}{1-2,2v^2}$

**Probabilitas Sambaran Terhadap Saluran Transmisi:-**

Dapat diketahui apakah akan terjadi petir pada harga-harga puncaknya akan memberikan kemungkinan terjadi flashover pada isolator, dan persentase kemungkinan waktu untuk mencapai puncak disebut  $P_j$  (%) maka kemungkinan flashover menjadi :

$$P_k = \sum_j^n = j Q_j, P_j$$

Sehingga  $P_k$  keseluruhan diketahui dengan menjumlahkan perkalian-perkalian itu sampai  $n$  kali. Hubungan antara besaran arus puncak petir dan seringnya terjadi petir dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Hubungan antara besaran arus puncak petir dan seringnya terjadi petir

Arus Petir ( K A )	Seringnya Terjadi (%)
20	36
40	34
60	20
80	8
100	2

Jumlah IKL ini digunakan untuk menentukan kepadatan petir per meter persegi pertahun ( *stroke density*) yang dapat dituliskan hubungan sebagai berikut:

$$D = k. IKL$$

Menurut hasil pengamatan Hengenut harga  $k = 0,23$ , sedangkan hasil beberapa perhitungan, harga  $K$  untuk daerah di Indonesia adalah 0,21 setelah jumlah sembaran ketanah per satuan luas ini ditentukan, maka jumlah sambaran yang mungkin akan mengenai kawat transmisi per 100 km panjang kawat pertahun dapat dihitung.

$$L = 100(\text{km}) \times 1000 \times A \times D \text{ petir per } 100 \text{ km per tahun}$$

Dimana :

A. = Luas daerah yang dilindungi untuk tiap span(m)

B. = Kepadatan petir, per meter persegi pertahun

S. = Panjang span rata-rata

L. = Jumlah sambaran yang mungkin mengenai saluran transmisi per 100 km per tahun

**Jumlah Sambaran Petir Menyambar Saluran:-**

Jumlah gangguan pada saluran transmisi berbanding lurus dengan jumlah terjadinya flashover. Dalam menentukan jumlah gangguan maka perlu diketahui lebih dahulu jumlah sambaran petir pertahun yang mungkin menyambar saluran. Namun jumlah ini hanya dapat ditentukan secara kira-kira, sebab semakin banyak petir yang terjadi di daerah saluran transmisi, akan semakin besar kemungkinan petir itu menyambar kawat transmisi. Oleh karenanya diperlukan data tentang jumlah hari rata-rata pertahun dimana guru terdengar atau isokeraunik level (IKL).

Persamaan untuk menghitung luas daerah yang dilindungi kawat tanah untuk setiap span ini diberikan oleh ‘‘Hangenguth’’ sebagai berikut :

$$A = (2\sqrt{1} - 1)ht + 4hg (5 - ht)$$

Dimana :

Ht = Tinggi Kawat tanah pada menara

Hg = Ringgi rata-rata Kawat tanah  
=  $ht - 2/3 do$

Do = Adongan maksimum Kawat tanah

Sedangkan "Golde" memberikan persamaan-persamaan empiris untuk menghitung jumlah sambaran petir pada suatu saluran transmisi tegangan tinggi, sebagai berikut

$$N = \frac{K.T.A.10}{S}$$

Dimana :

N = Jumlah sambaran petir per 100 mil per tahun

T = Jumlah hari guruh (IKL)

K = Konstanta yang sesuai dengan daerahnya

S = Panjang span

A = Luas daerah perlindungan

kawat tanah tiap span (sq.foot)

Luas daerah perlindungan kawat tanah pada tiap span menurut "Godle" dapat dihitung dengan persamaan :

$$A = 4ht\pi + (S - 4ht)(bp + 2hp)$$

Dimana :

Ht = Tinggi menara (feet)

Hp = Tinggi rata-rata kawat fasa diatas tanah (feet)

Bp = jarak horizontal antara kawat-kawat fasa terluar (feet)

S = Panjang span (feet)

#### Posisi Kawat Tanah:-

Posisi kawat tanah terhadap kawat fasa dapat dinyatakan dengan besarnya suatu sudut yang disebut perlindungan (shielding angel), yakni suatu sudut yang dibentuk oleh garis vertical kawat tanah dan garis miring yang ditarik dari kawat tanah ke kawat fasa yang terletak pada bagian atas. Besar kecilnya sudut perlindungan ini akan mempengaruhi gagal atau tidaknya perlindungan kawat tanah terhadap kawat-kawat fasa dari sambaran petir.

Penyelidikan mengenai cara perlindungan telah banyak dilakukan orang yang dinyatakan dengan besarnya suatu sudut yang disebut perlindungan (shielding

angel). Dalam tahun 1939 oleh "stuiengesellschaft" disebut suatu ruang lindung dengan sudut  $32^\circ$ .

Sedangkan "provost" mengklasifikasikan sudut perlindungan dari kawat tanah yang digunakan pada jaringan sebagai berikut;

- a. Sudut perlindungan  $0 < 18^\circ$   
perlindungan baik
- b. Sudut perlindungan  $0 < 30^\circ$   
perlindungan kurang baik
- c. Sudut perlindungan  $0 < 40^\circ$   
perlindungan sangat buruk

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Data Saluran Transmisi:-

Type menara saluran transmisi 150 kv medan timur Tebing Tinggi merupakan transmisi dengan sirkit ganda (*double circuit transmission lines*), dengan konfigurasi vertical.

1. Panjang saluran transmisi :  $\approx 54$  km
2. Span rata-rata : 361,4 m
3. Bentuk menara rata-rata : pada gambar V.1
4. Tinggi menara rata-rata : 32,4 m
5. Type menara : double circuit
6. Jarak kawat fasa dibawah tanah : 1,314 m
7. Kawat fasa
  - a. Jumlah : 3 (tiga)
  - b. Jenis : ACSR 240 mm
  - c. Andongan : 8, 53 m
  - d. Diameter : 17,49 mm
8. Kawat – kawat
  - a. Jumlah : 2 (dua)
  - b. Jenis : stell wire stranded 55 mm
9. Rantai isolator
  - a. Jenis piringan : type percelain Insulator
  - b. Jumlah piring : 9 buah
  - c. (BIL) Basic Impuls Insulation level : 650 KV
10. Tingkat kawat fasa rata – rata :
  - :  $HT - 2/3 X SAG$
  - :  $27,586 - 2/3 X 8,53$
  - : 21,899

11. Sudut perlindungan shielding angle  
: 0°

**Perhitungan Kepadatan (densitas) Sambaran petir D:-**

$$D = k \cdot IKL$$

Dimana :

$$K = 0,21$$

$$IKL = 100$$

$D = 0,21 \times 100 = 21$  petir per km persegi per tahun

Diperoleh : Perhitungan luas daerah yang dilindungi oleh kawat tanah untuk 1 span:

$$A = (2\pi + 1)ht^2 + 4hg (S - ht)$$

Dimana :

$$Ht = 32,4 \text{ m}$$

$$Hg = 21,899 \text{ m}$$

$$S = 361 \text{ m}$$

$$A = (2\pi + 1) 32,4^2 + 4 \times 21,899 (361,4 - 32,4) = 36429,6 \text{ meter persegi}$$

Jumlah petir yang mungkin menyebar saluran transmisi dalam 1 (satu) tahun :

$$L = 100 \text{ (km)} \times \frac{1000}{s} \times A \times D \text{ petir per 100 km per tahun}$$

Dimana :

$$S = 361,4 \text{ m}$$

$$D = 0,21 \cdot 10^{-5} \text{ petir per meter persegi per tahun}$$

$$A = 36429,5 \text{ meter persegi}$$

$$L = 100 \text{ (km)} \times \frac{1000}{304,4} \times 36429 \times 0,21 \cdot 10^{-5} = 211,9 \text{ petir per tahun}$$

Probabilitas kegagalan perlindungan

$$\text{Log } p\theta = \frac{e^{\sqrt{ht}}}{90} - 4 = -4$$

$$p\theta = 10^{-4}$$

Sehingga diperoleh tingkat kegagalan perlindungan (SFR) :

$$\text{SFR} = P\theta \times L$$

$$= 10^{-4} \times 211,9$$

$$= 0,02119 \text{ gangguan per}$$

$$100 \text{ km per tahun}$$

**Perhitungan Kegagalan Perlindungan Berdasarkan Metode Gordon W. Brown:**

Jarak sambar maksimum di menara R1 dapat diperoleh :

$$Ht = 32,4$$

$$Yt = 27,586 \text{ m}$$

$$\Theta_s = 0^\circ$$

$$Rt = \frac{ht+yt}{2(1-\sin\Theta_s)} = \frac{322,4+27,58}{2(1-\sin 0^\circ)} = 29,99 \text{ m}$$

Jarak sambar maksimum terkecil Rmin:

Untuk mendapatkan Rmin perlu untuk mengetahui parameter – parameter pada mid span.

$$H_{Min} = ht - \text{sag} = 34 - 8,53 = 23,87 \text{ m}$$

$$Y_{min} = yt - \text{sag} = 27,58 - 8,53 = 19,05$$

Sudut  $\Theta_s$  m pada midspan dihitung pada sudut  $\Theta_s$  dan andogan :

$$X = (hy - yt) \tan \Theta_s = (32,4 - 27,589) \tan 0^\circ = 0$$

Sudut  $\Theta_s$  m :

$$\text{Tan } \Theta_s \text{ m} = \frac{x}{h_{min} - Y_{min}} = \frac{0}{27,58 + 19,05}$$

$$\Theta_s \text{ m} = 0^\circ$$

$$R_{min} = \frac{S_{min} + Y_{min}}{2(1-\sin\Theta_{sm})} = 22,758 \text{ m}$$

**Jarak sambar maksimum terbesar, Rmaks:**

Untuk keadaan tanah yang terjadi dari campuran antara 2 keadaan

Dengan fakto-fakto :

$$fF = 0,65 \text{ (datar)}$$

$$fR = 0,35 \text{ (gelombang)}$$

$$R_{maks} = R_1 X^{1,2^2} F_f + 1,4^2 F_R = 29,99 X^{1,44} \times 0,65 \times 0,35 = 38,195.$$

Jarak sambar maksimum rata-rata, R

Untuk permukaan tanah bergelombang,  $R_R$  :

$$R = 1,05 (2/3 R_{\min} + 1/3 R_1) \\ = 1,05 (2/3 \times 22,758 + 1/3 \times 29,99) \\ = 27,67 \text{ M}$$

Untuk permukaan tanah bergelombang,  $R_R$  :

$$R_R = R_t = 29,99 \text{ m}$$

Maka jarak sambar maksimum rata-rata untuk saluran permukaan tanah yang dilalui sepanjang saluran transmisi,  $R$  :

$$R = f_F R_{F+} + f_R R_R \\ = 0,65 \times 26,427 + 0,35 \times 29,99 \\ = 27,67 \text{ M}$$

Jarak sambar yang menyebabkan flashover pada isolator,  $R_{fo}$  untuk menentukan jarak sambar ini perlu ditentukan lebih dahulu impedansi surja kawat fasa,  $Z_c$  :

$$Z_c = 60 \ln \frac{2y}{r}$$

Dimana :

$Y$  = ketinggian kawat fasa rata-rata

$R$  = jari-jari kawat fasa

$$Z_c = 60 \ln \frac{2 \times 21,899}{8,74 \times 10^{-3}}$$

$$= 511,2 \text{ ohm}$$

$$\text{IFO} = \frac{2cfo}{Z_c}$$

$$= \frac{2 \times 650}{511,2}$$

$$= 2,54 \text{ KA}$$

$$R_{fo} = 7,1 (I)^{0,75}$$

$$= 7,1 (2,54)^{0,75}$$

Jarak sambar maksimum efektif,  $R_e$

Dari hasil-hasil perhitungan diatas dapat dibandingkan bahwa  $R_{fo} < R_{\min}$  sehingga harga  $R_e$ ,  $R$ .

Jarak sambar maksimum efektif  $R_e$  ditentukan :

$$R_e = R + \frac{R_{maks} - R_e}{10} \\ = 27,67 + \frac{38,195 - 27,67}{10} \\ = 28,72 \text{ m}$$

Untuk menentukan harga  $P_{fo}$  dapat kita perhatikan bahwa  $R_{fo} < R_{\min}$ , sehingga diperoleh harga  $R_{fo}$

$$P_{fo} = 1 - \frac{(R_{fo} - R_{\min})^2}{(R - R_{\min})(R_{maks} - R_{\min})} \\ = 1 - \frac{(14,298 - 22,758)^2}{(27,67 - 22,758)(38,195 - 22,758)} \\ = 1 - 0,944 \\ = 0,056$$

Untuk menentukan shielding failure outage rate pada jarak sambar efektif,  $s_{foe}$ .

Dengan  $\text{IFO} = 2,546$  dan  $R_e = 28,72$  dapat diperoleh harga  $s_{foe}$  yaitu :

$s_{foe} = 0,60$  Outage per 100 km per tahun

Sehingga shielding failure outage dapat dihitung :

$$\text{SFO} = P_{fo} \times s_{foe} \times \frac{IKLc}{40} \\ = 0,056 \times 0,60 \times \frac{100}{40} \\ = 0,084 \text{ outage per km } 100 \text{ km per tahun}$$

Dengan menggunakan kedua metode perhitungan diatas diperoleh hasil-hasil sebagai berikut :

Dengan metode perhitungan kegagalan perhitungan sebagai fungsi sudut dan ketinggian kawat'' diperoleh :

$\text{SFR} = 0,02119$  outage per 100 km per tahun

Dengan metode perhitungan kegagalan perlindungan berdasarkan metode ''Gorn W. Brown'' Diperoleh :

$\text{SFO} = 0,084$  outage per 100 km per tahun

Dengan menggunakan kedua metode perhitungan diatas diperoleh hasil-hasil sebagai berikut :

Dengan metode perhitungan kegagalan perlindungan berdasarkan metode Gordon W. Brown diperoleh:

$$\text{SFO} = 0,084 \text{ outage per tahun}$$

Untuk data yang sama maka perhitungan jumlah kegagalan kawat tanah per 100 km per tahun untuk kedua metoda tersebut dapat dilihat pada table 2. dibawah ini :

Table 2. Jumlah kegagalan per tahun

No	Jenis metode	Jumlah kegagalan per 100 km per Tahun
1	Fungsi sudut dan ketinggian kawat	0.02119
2	Gordon W. Brown	0.084

## 5. SIMPULAN

1. Hasil perhitungan sebagai fungsi sudut dan ketinggian kawat merupakan tingkat kegagalan perlindungan yang menyebabkan gangguan pemutusan aliran daya (outage) karena disini dianggap semua kegagalan perlindungan (shielding failure = SF) dapat mengakibatkan outage. Sedangkan menurut hasil study Gordon W Brown tidak semua kegagalan perlindungan dapat menimbulkan outage tetapi kegagalan perlindungan dengan arus yang menyebabkan outage hanyalah kegagalan perlindungan dengan harus yang memasuki kawat fase lebih besar dari harus yang diperlukan untuk terjadinya flashover (IFO)
2. Hasil perhitungan kegagalan perlindungan dengan metode Gordon W. Brown lebih meyakinkan dari hasil perhitungan sebagai fungsi sudut dan ketinggian kawat hal ini

disebabkan banuaknya factor yang ditinjau pada perhitungan tersebut.

3. Gangguan pada saluran transmisi akibat kegagalan perlindungan kawat tanah dapat diperkecil antara lain :
  - Mempertinggi tegangan kritis flashover isolator yang digunakan.
  - Membuat sudut perlindungan (shielding angel) sekecil-kecilnya.
  - Memilih lintasan yang dilalui saluran transmisi pada daerah dengan IKL yang rendah.
  - Memilih lintasan yang dilalui saluran transmisi dengan permukaan tanah yang datar.
  - Memasang kawat tanah yang cukup tinggi diatas kawat fasa, didalam batas kemungkinan tanpa dijadikannya tiang tersebut terlampaui mahal.
4. Kita lihat dari hasil perhitungan dapat dikatakan tingkat kegagalan Perlindungan saluran transmisi 150 kv sangat kecil sekali sehingga

dapat dikatakan bahwa system perlindungan saluran transmisi tersebut sudah cukup handal

## 5. DAFTAR PUSTAKA

1. J. Napitupulu, “Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Pada Pt Pln Rayon Medan Timur”. Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro 8 (2), 62-72.
2. TS. Hutauruk, “ Gelombang Berjalan pada system Transmisi dan proteksi peralatan surja”, Departemen Elektronik Institut Teknologi Bandung, 1995
3. Nono Meolyono W, “Introduksi Tentang Petir dan Penangkalnya”, Institut Teknologi 10 November Surabaya
4. Seriawan, E, Ir & Van Harten “ Instalasi Arus Kuat I’’, Penerbit Bina Cipta, Jakarta, 1981
5. Setiawan E, Ir & Van Harten, P, “Instalasi Arus Kuat II’’, Penerbit Bina Cipta, Jakarta, 1981
6. Neidle, Michael, “Teknologi Instalasi Listrik’’, Edisi III, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1999.