

# Pengaruh Elektroda Tambahan Pada Penangkap Petir Tipe Franklin

Soemarwanto

Penangkap petir tipe Franklin diletakkan di bagian paling tinggi dari bangunan, terbuat dari logam dengan ujung yang runcing, berfungsi untuk menyalurkan petir ke bumi, karena jika terjadi sambaran petir akan langsung menyambar penangkap petir ini. Dengan demikian keberadaan penangkap petir tipe Franklin di setiap bangunan yang tinggi merupakan hal yang mutlak, bukan lagi sebagai pelengkap. Oleh karena negara kita memiliki tingkat curah hujan dan jumlah hari guruh (*thunderstrom days*) yang tinggi (antara 180 sampai dengan 260 hari guruh per tahun), dengan kerapatan sambaran petir ke tanah mencapai 30 sambaran per km<sup>2</sup> per tahun, maka perlu dilakukan penelitian dan pengujian tentang pengaruh dari penambahan elektroda pada penangkap petir tipe Franklin. Fungsi dari elektroda tambahan ini adalah untuk meningkatkan jumlah elektron di sekitar elektroda utama, sehingga tegangan tembusnya semakin kecil, dan berakibat dapat mempertinggi efektifitas penangkapan sambaran petir. Keefektifan penangkapan sambaran petir pada suatu penangkap petir bergantung pada besar-kecilnya tegangan korona, dan tegangan tembus, serta temperatur dan tekanan atmosfer. Pengujian pengaruh elektroda tambahan pada penangkap petir tipe Franklin ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Elektroda tambahan adalah merupakan elektroda vertikal yang mengambang sebanyak 2 (dua) buah, dibuat dari tembaga yang di verkrom, dengan tebal 3 mm. Sudut yang dibentuk oleh perpotongan perpanjangan dua bidang elektroda tambahan (sudut  $\alpha$ ) dibuat 40°, 50°, 60°, dan 70°. Dari hasil pengujian 10 (sepuluh) model dengan jarak sela 3 cm, 4 cm, dan 5 cm, dianalisis pertumbuhan arus, tingkat tegangan korona dan tegangan tembus dari masing-masing model. Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini adalah, bahwa semakin besar jarak sela, semakin kecil arus korona dan arus tembusnya. Semakin besar sudut  $\alpha$ , semakin besar pula tegangan korona dan tegangan tembusnya. Ada perubahan tingkat tegangan korona dan tegangan tembus pada penangkap petir tipe Franklin dengan elektroda tambahan. Elektroda tambahan dengan sudut  $\alpha = 40^\circ$  tingkat

Kata kunci: penangkap petir tipe Franklin, elektroda tambahan, tegangan korona, tegangan tembus, arus.

## I. PENDAHULUAN

Petir adalah hasil pelepasan muatan listrik di awan, yang terjadi akibat dari perpindahan muatan negatif

Soemarwanto adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Univerrritas Brawijaya dengan alamat korespondensi Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Jl. MT. Haryono 167 Malang telp. 0341-665144

menuju ke muatan positif dalam orde mikro detik, dan sangat sulit untuk dikendalikan. Energi yang terjadi akibat pelepasan muatan ini sangat besar, sehingga menimbulkan rentetan cahaya, panas, dan bunyi yang sangat kuat yang dapat menghancurkan bangunan, membunuh manusia, dan memusnahkan pohon. Sambaran petir merupakan kejadian alam yang akan menghasilkan arus, tegangan, dan gelombang elektromagnetik yang cukup besar. Daya maksimum dari medan elektromagnetiknya dapat mencapai 20.000 Mega watt, sedangkan arusnya bervariasi dari 2 sampai 200 kA. ( IEEE. Guide for Surge Protection of Equipment, 2005: 2)

Penangkap petir bekerja berdasarkan teori tentang mekanisme sambaran petir yang terjadi, yaitu menjalarnya muatan baik dari awan ke bumi atau sebaliknya. Berdasarkan teori ini, maka Benjamin Franklin membuat eksperimen dengan menempatkan batang logam tegak yang ujungnya dibuat runcing dan diletakkan di bagian tertinggi bangunan yang akan dilindungi. Tujuan mengapa ujung batang logam dibuat runcing adalah agar jika terjadi aktifitas penumpukan muatan di awan, maka rapat muatan yang ada pada ujung logam akan relatif lebih besar daripada rapat muatan yang terjadi di bagian lain bangunan, sehingga bila terjadi pelepasan muatan atau sambaran, maka ujung logam inilah yang akan menjadi obyek sambaran. Penangkap petir tipe Franklin diletakkan di bagian paling tinggi dari bangunan, berfungsi untuk menyalurkan petir ke bumi, karena jika terjadi sambaran petir akan langsung menyambar penangkap petir ini. Dengan demikian keberadaan penangkap petir tipe Franklin di setiap bangunan yang tinggi merupakan hal yang mutlak, bukan lagi sebagai pelengkap. Banyaknya model dan produksi dari penangkap petir tipe Franklin ini menyebabkan sulitnya memilih model yang sesuai untuk diterapkan pada bangunan, sehingga sering kali terjadi kurangnya kepercayaan konsumen pada produsen. Oleh karena negara kita memiliki tingkat curah hujan dan jumlah hari guruh (*thunderstrom days*) yang tinggi (antara 180 sampai dengan 260 hari guruh per tahun), dengan kerapatan sambaran petir ke tanah mencapai 30 sambaran per km<sup>2</sup> per tahun, maka perlu dilakukan penelitian dan pengujian tentang pengaruh dari penambahan elektroda pada penangkap petir tipe Franklin.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pertumbuhan arus pada masing-

masing model penangkap petir tipe Franklin.

2. Menganalisis nilai tegangan korona dan tegangan tembus dari masing-masing model penangkap petir tipe Franklin.
3. Menganalisis kinerja masing-masing model penangkap petir tipe Franklin dengan dasar tingkat tegangan tembus.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dengan kondisi ruangan dibuat cukup tenang dan cukup gelap untuk mengamati kinerja penangkap petir tipe Franklin sebelum dan sesudah diberi elektroda tambahan, serta dilakukan pada kondisi temperatur dan tekanan udara di Laboratorium. Pengujian dilakukan dengan tegangan searah (DC).

Waktu penelitian mulai dari persiapan sampai akhir pelaksanaan diperkirakan selama 2 (dua) bulan.

### B. Bahan dan Alat

Bahan elektroda tambahan pada penangkap petir tipe Franklin yang digunakan dalam penelitian ini adalah tembaga.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Trafo uji satu fasa tiga belitan, untuk membangkitkan tegangan tinggi AC.
2. Penyearah setengah gelombang yang terdiri dari 2 buah diode.
3. Alat ukur tegangan tinggi DC dengan menggunakan sistem pembagi tegangan resistif, yang terdiri dari sebuah resistor  $R_M$  dan alat ukur DC DGM yang terhubung seri.
4. Mili Amperemeter, untuk mengukur arus yang mengalir melalui bahan uji.

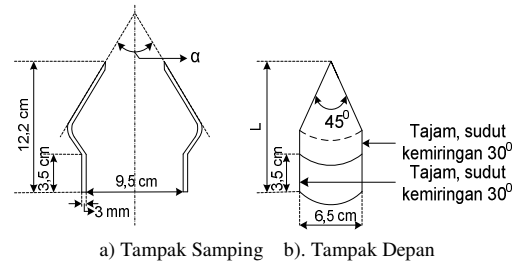
### C. Perancangan dan Pembuatan Elektroda Tambahan

Perancangan dan pembuatan elektroda tambahan yang merupakan elektroda mengambang (terisolasi dengan elektroda utama), didasarkan pada:

1. Penangkap petir tipe Franklin yang ada di pasaran, yaitu Model A, B, C, D dan E.
2. Bahwa bentuk elektroda penangkap petir yang runcing akan memberikan intensitas medan listrik lebih tinggi dan tegangan tembus lebih kecil dibanding bentuk yang kurang runcing.
3. Bahan elektroda tambahan adalah tembaga yang diverkrom, karena tembaga disamping merupakan penghantar listrik yang baik juga mempunyai titik lebur yang tinggi, dan diverkrom agar memiliki tampilan yang bagus.
4. Tebal elektroda tambahan 3 mm, sedangkan lebarnya didasarkan pada luas penampang elektroda utama dibagi tebal dan dibagi 2 (dua), sehingga diperoleh lebar 6,5 mm. Tinggi elektroda tambahan menyesuaikan sudut  $\alpha$  (sudut yang dibentuk oleh perpotongan perpanjangan

dua bidang elektroda tambahan), yaitu  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $70^\circ$ . Jumlah elektroda tambahan 2 (dua). Jarak ujung elektroda tambahan dengan elektroda utama dibuat tetap, yaitu 2,5 mm.

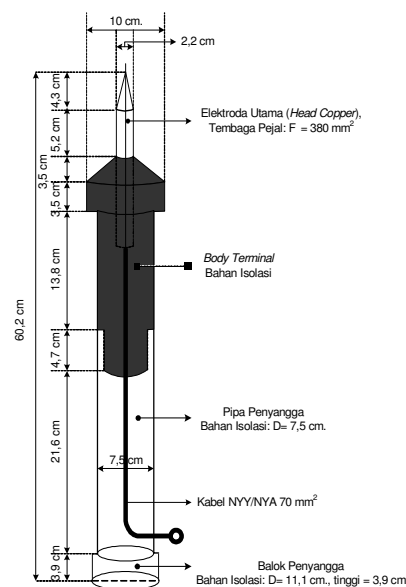
Hasil dari perancangan dan pembuatan yang didasarkan pada keempat hal di atas seperti terlihat pada Gambar 3.1.



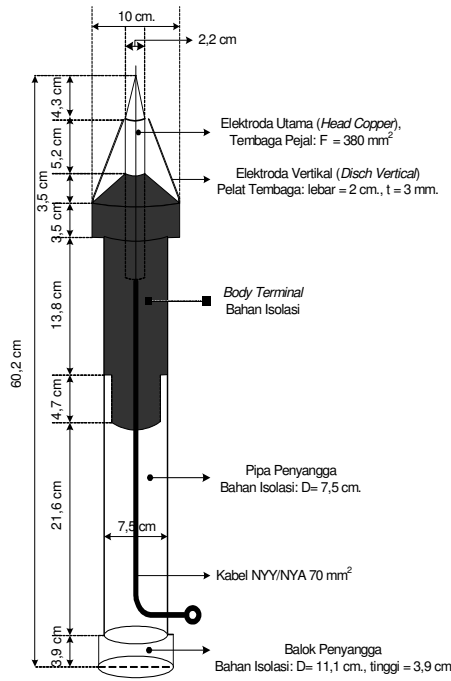
Gambar 3.1 Elektroda Tambahan (Bahan Pelat Tembaga yang diverkrom) pada Penangkap Petir Tipe Franklin.

### D. Objek Uji

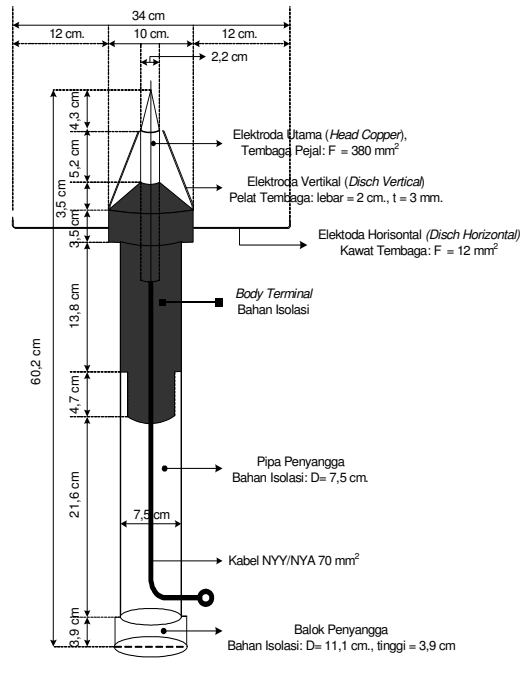
Objek uji pada penelitian ini adalah penangkap petir tipe Franklin yang ada di pasaran (Model A) dengan tiga variasi modifikasinya, yaitu model A1, A2, dan A3, seperti terlihat pada Gambar 3.2, 3.3, dan 3.4. Model A secara lebih lanjut dinyatakan dengan model A4 seperti terlihat pada Gambar 3.5. Objek uji berikutnya adalah penangkap petir tipe Franklin model A1 dengan elektroda tambahan yang berupa elektroda mengambang (terisolasi dengan elektroda utama). Elektroda tambahan ini merupakan pengganti dari elektroda vertikal (*disch vertical*) pada penangkap petir tipe Franklin model A4, sebanyak 2 (dua) buah dengan sudut yang dibentuk oleh perpotongan perpanjangan dua bidang elektroda tambahan (sudut  $\alpha$ ) dibuat bervariasi (400, 500, 600, dan 700), dengan jarak ujung elektroda tambahan dengan elektroda utama (*head copper*) dibuat tetap 2,5 mm, seperti terlihat pada Gambar 3.6



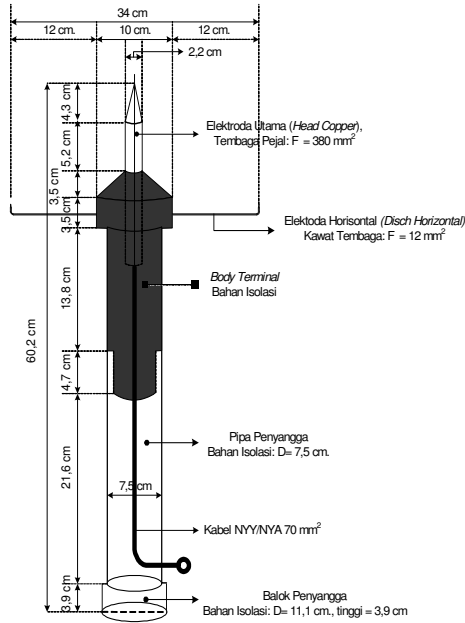
Gambar 3.2 Penangkap Petir Tipe Franklin Model A1



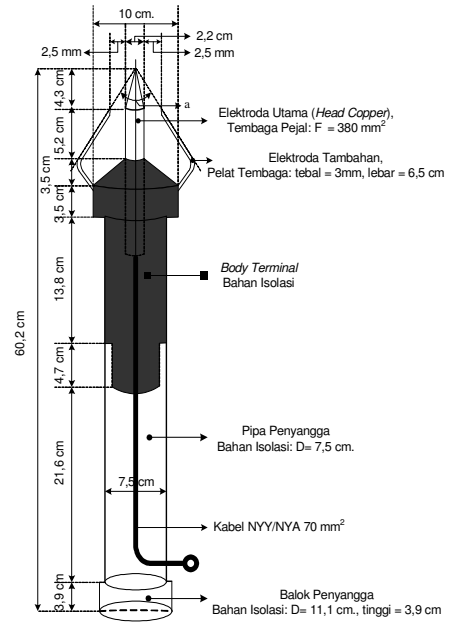
Gambar 3.3 Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>2</sub>



Gambar 3.5 Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>4</sub>



Gambar 3.4 Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>3</sub>



Gambar 3.6 Penangkap Petir Tipe Franklin dengan Elektroda Tambahan (Model A<sub>5</sub>/d A<sub>10</sub>)

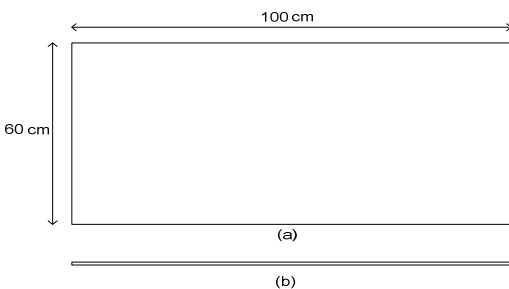


Gambar 3.7 Foto Salah satu Objek Uji

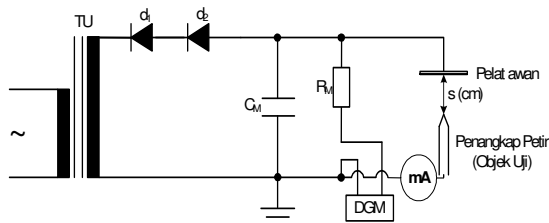
### E. Pengujian dan Pengukuran

Pengujian dan pengukuran pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Model awan dalam pengujian ini digunakan pelat tipis yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran 100 cm x 60 cm, tebal 1 mm seperti terlihat pada Gambar 3.7. Rangkaian pengujian beserta peralatan yang digunakan terlihat pada Gambar 3.8, sedangkan prosedur pengujian dan pengukuran terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 3.7 Model dan Dimensi Pelat Awan  
(a) Tampak Atas  
(b) Tampak Samping



Gambar 3.8 Rangkaian Pengujian dengan Tegangan Tinggi Searah

Keterangan Gambar 3.8:

TU : Trafo Uji tiga belitan tegangan tinggi

220 V/220 V/100 kV

d1, d2 : Dioda tegangan tinggi 100 kV, 20 mA, 140 kV

CM : Kapasitor perata 10000 pF

RM : Resistor pengukuran 280 MΩ

DGM : Alat ukur tegangan tinggi searah (kV)

mA : Mili Amperemeter

s : Jarak Sela

Rangkaian pengujian pada Gambar 3.8, terdiri dari trafo uji satu fasa tiga belitan untuk membangkitkan tegangan tinggi AC. Kemudian tegangan tinggi AC disearahkan dengan sistem penyearah setengah gelombang yang terdiri dari 2 buah dioda yang disusun bias balik, sehingga jenis tegangan tinggi searah yang dibangkitkan ialah tegangan tinggi polaritas negatif. Polaritas negatif dihubungkan ke elektroda pelat awan, sedangkan polaritas positif dihubungkan dengan penangkap petir tipe Franklin yang diuji. Rangkaian pengukuran tegangan tinggi DC menggunakan sistem pembagi resistif, sehingga rangkaian terdiri dari sebuah resistor  $R_M$  dan alat ukur DC DGM yang terhubung seri. Arus yang mengalir melalui objek uji diukur dengan menggunakan Mili Amperemeter.

Pelaksanaan pengujian pada penelitian ini dimulai dari penangkap petir tipe Franklin model  $A_1$  seperti terlihat pada gambar 3.2, dengan jarak sela 3 cm, kemudian jarak sela diubah menjadi 4 cm dan 5 cm. Pengujian berikutnya secara berturut-turut adalah penangkap petir tipe Franklin model  $A_2$  sampai dengan model  $A_{10}$  dengan jarak sela berturut-turut 3 cm, 4 cm, dan 5 cm.

Hasil pengukuran tegangan DC ( $U_{dc}$ ), arus DC ( $I_{dc}$ ), arus korona ( $I_c$ ), tegangan korona ( $U_c$ ), arus tembus ( $I_d$ ), dan tegangan tembus ( $U_d$ ), serta suhu ( $t$ ), kelembaban, dan tekanan ( $p$ ) ruang pengujian, untuk penangkap petir tipe Franklin model  $A_1$ ,  $A_4$ , dan  $A_5$ , terlihat pada Lampiran 1.1, 1.2, dan 1.3

### III. ANALISIS PENGARUH ELEKTRODA TAMBAHAN PADA PENANGKAP PETIR TIPE FRANKLIN

#### A. Perhitungan Tegangan Korona dan Tembus serta Arus Korona dan Tembus Pada Kondisi Atmosfir Standar

Tegangan korona dan tegangan tembus serta arus korona dan arus tembus yang pengujiannya dilakukan tidak pada kondisi atmosfer standar (pada kondisi atmosfer ruang pengujian), nilainya akan berbeda bila dibanding dengan pada kondisi atmosfer standar. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dihitung tegangan korona dan tegangan tembus serta arus korona dan arus tembus pada kondisi atmosfer standar dengan menggunakan persamaan 2.9, 2.11, dan 2.12.

Hasil pengujian penangkap petir tipe Franklin Model  $A_5$  untuk jarak sela 3 cm, dari Lampiran 1.3 diperoleh data sebagai berikut:

Tekanan udara pada ruang pengujian :

$$p = 958,0 \text{ mbar}$$

Temperatur udara pada ruang pengujian:  $t = 24,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\text{Tegangan korona awal} : U_c = 9,3 \text{ kV}$$

$$\text{Arus korona awal} : I_c = 0 \text{ mA}$$

$$\text{Tegangan tembus} : U_d = 23,4 \text{ kV}$$

$$\text{Arus tembus} : I_d = 0,25 \text{ mA}$$

Tegangan korona awal pada kondisi atmosfer standar ( $p = 1013 \text{ mbar}$  dan  $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 293 \text{ }^{\circ}\text{K}$ ), dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11:

$$U_{c0} = \frac{U_c}{0,289 \frac{p}{273+t}}, \text{ diperoleh:}$$

$$U_{c0} = \frac{9,3}{0,289 \frac{958,0}{273+24,0}} \text{ kV} = \frac{9,3}{0,932} \text{ kV} = 9,976 \text{ kV}$$

Tegangan tembus pada kondisi atmosfer standar ( $p = 1013 \text{ mbar}$  dan  $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 293 \text{ }^{\circ}\text{K}$ ), dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9

$$U_{d0} = \frac{U_d}{0,289 \frac{p}{273+t}}, \text{ diperoleh:}$$

$$U_{d0} = \frac{23,4}{0,289 \frac{958,0}{273+24,0}} \text{ kV} = \frac{23,4}{0,932} \text{ kV} = 25,102 \text{ kV}$$

Arus korona awal pada kondisi atmosfer standar ( $p = 1013 \text{ mbar}$  dan  $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 293 \text{ }^{\circ}\text{K}$ ), dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12:

$$I_{c0} = \frac{U_{c0}}{U_c} I_c, \text{ diperoleh:}$$

$$I_{c0} = \frac{9,976}{9,3} 0 \text{ mA} = 0 \text{ mA.}$$

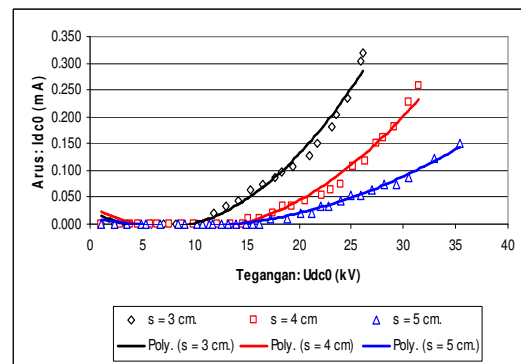
Arus tembus pada kondisi atmosfer standar ( $p = 1013 \text{ mbar}$  dan  $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 293 \text{ }^{\circ}\text{K}$ ), dihitung dengan menggunakan persamaan 2.33:

$$I_{d0} = \frac{U_{d0}}{U_d} I_d, \text{ diperoleh:}$$

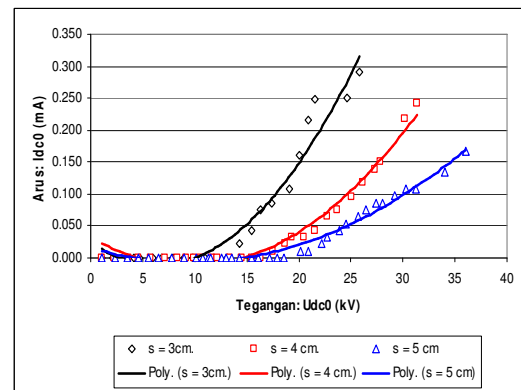
$$I_{d0} = \frac{25,102}{23,4} 0,25 \text{ mA} = 0,268 \text{ mA}$$

Hasil perhitungan tegangan korona dan tegangan tembus serta arus korona dan arus tembus untuk jarak sela 3 cm, 4 cm, dan 5 cm pada kondisi atmosfer standar dari penangkap petir tipe Franklin model A1, A4, dan A5, terlihat pada Lampiran 2.1 sampai dengan Lampiran 2.3.

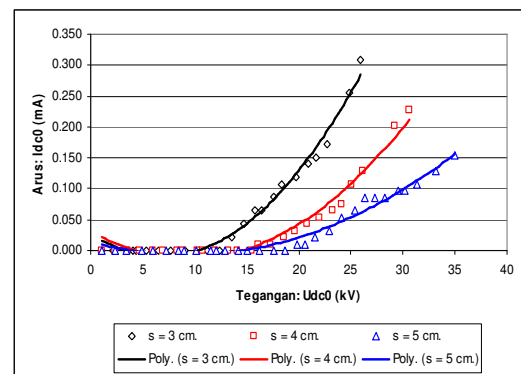
Dari sebagian hasil perhitungan pada Lampiran 2.1 sampai dengan Lampiran 2.3, dapat digambarkan grafik arus pada kondisi atmosfer standar ( $I_{dc0}$ ) fungsi tegangan pada kondisi atmosfer standar ( $U_{dc0}$ ) dari 10 (sepuluh) penangkap petir tipe Franklin yang diteliti, seperti pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.10.



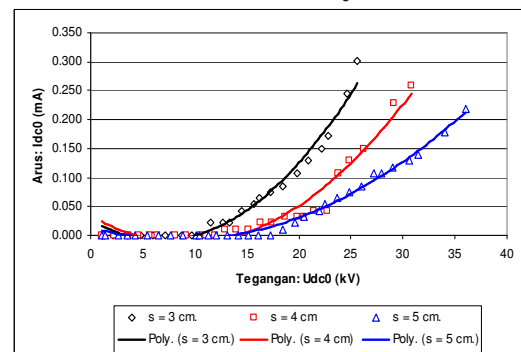
Gambar 4.1 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>1</sub>



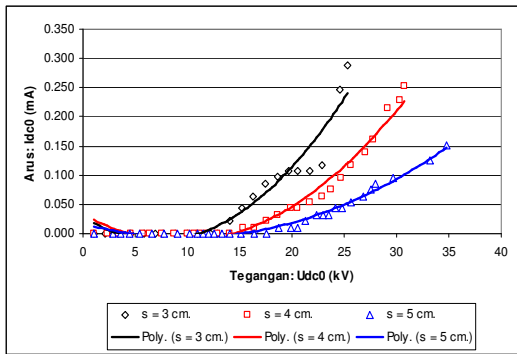
Gambar 4.2 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>2</sub>



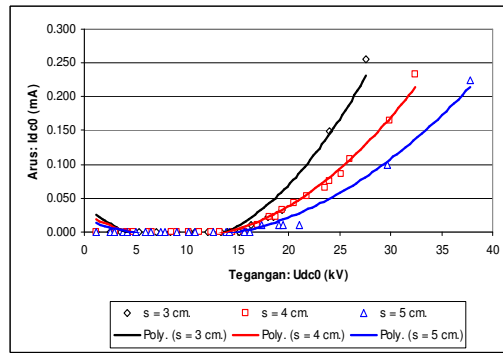
Gambar 4.3 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>3</sub>



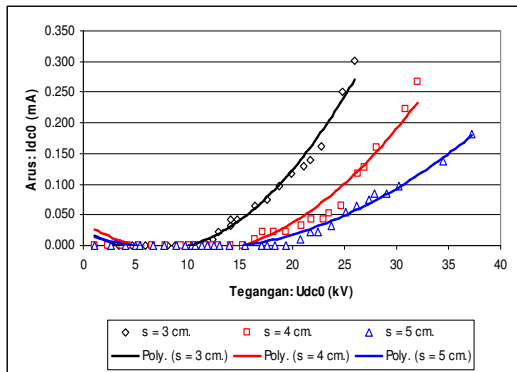
Gambar 4.4 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>4</sub>



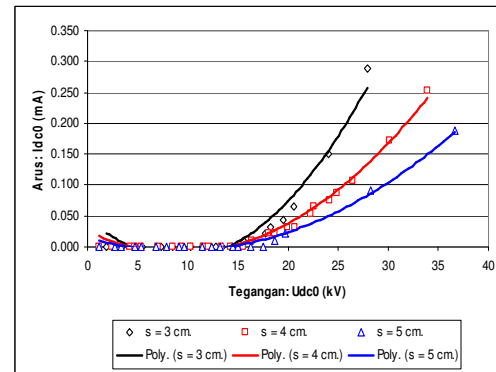
Gambar 4.5 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>5</sub>



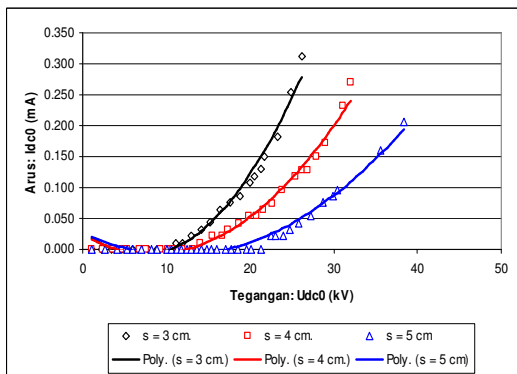
Gambar 4.9 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>9</sub>



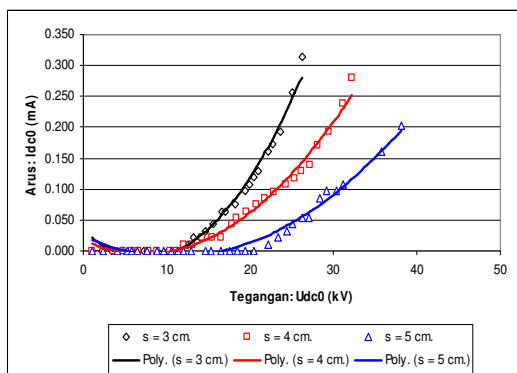
Gambar 4.6 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>6</sub>



Gambar 4.10 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A10

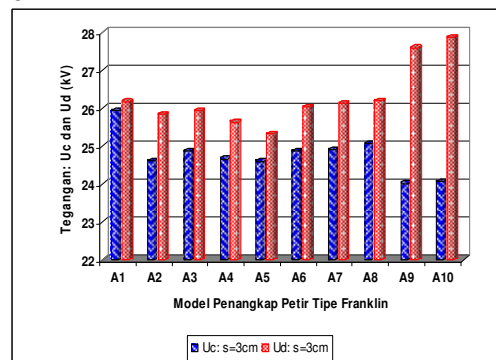


Gambar 4.7 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>7</sub>

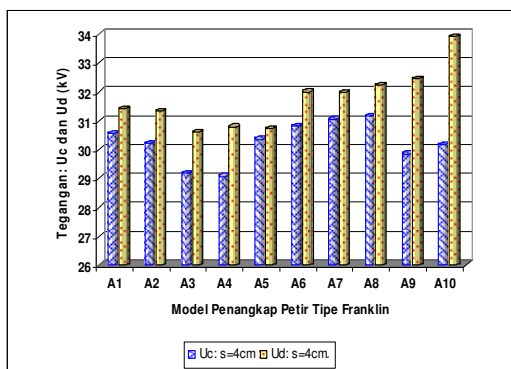


Gambar 4.8 Grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Penangkap Petir Tipe Franklin Model A<sub>8</sub>

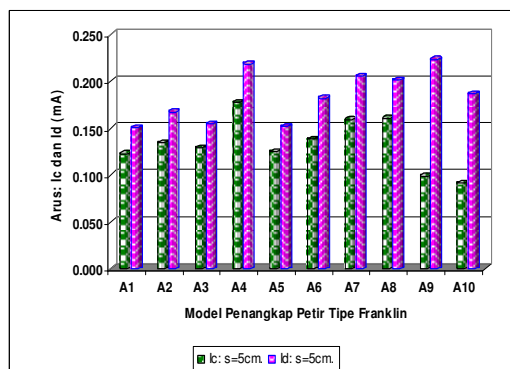
Dari sebagian hasil perhitungan pada Lampiran 2.1 sampai dengan Lampiran 2.3, dapat digambarkan grafik tegangan korona dan tegangan tembus pada kondisi atmosfer standar ( $U_{dc0}$ ) fungsi model penangkap petir tipe Franklin pada jarak sela ( $s$ ) 3 cm, 4 cm, dan 5 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.11 sampai dengan Gambar 4.13 serta grafik arus korona dan arus tembus pada kondisi atmosfer standar ( $I_{dc0}$ ) fungsi model penangkap petir tipe Franklin pada jarak ( $s$ ) 3 cm, 4 cm, dan 5 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.14 sampai dengan Gambar 4.16



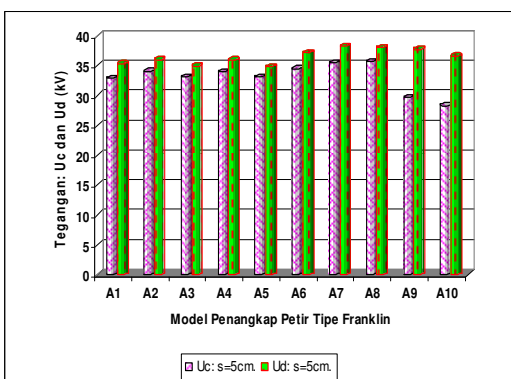
Gambar 4.11 Grafik  $U_c$  dan  $U_d$  fungsi Model Penangkap Petir Tipe Franklin pada Jarak Sela ( $s$ ) 3 cm.



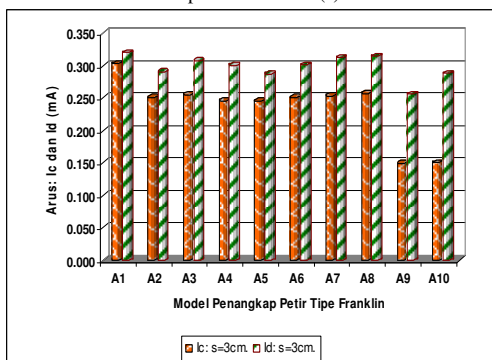
Gambar 4.12 Grafik  $U_c$  dan  $U_d$  fungsi Model Penangkap Petir Tipe Franklin pada Jarak Sela (s) 4 cm.



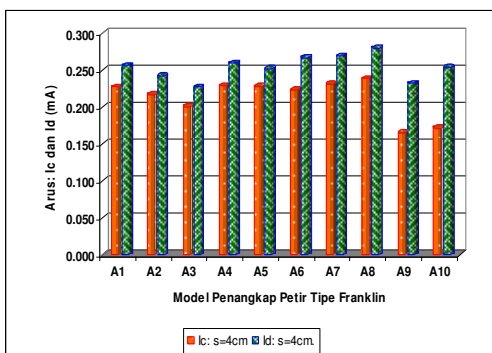
Gambar 4.16 Grafik  $I_c$  dan  $I_d$  fungsi Model Penangkap Petir Tipe Franklin pada Jarak Sela (s) 5 cm.



Gambar 4.13 Grafik  $U_c$  dan  $U_d$  fungsi Model Penangkap Petir Tipe Franklin pada Jarak Sela (s) 5 cm.



Gambar 4.14 Grafik  $I_c$  dan  $I_d$  fungsi Model Penangkap Petir Tipe Franklin pada Jarak Sela (s) 3 cm.



Gambar 4.15 Grafik  $I_c$  dan  $I_d$  fungsi Model Penangkap Petir Tipe Franklin pada Jarak Sela (s) 4 cm.

Dari hasil perhitungan tegangan korona dan tegangan tembus serta arus korona dan arus tembus pada kondisi atmosfer standar, yang sebagian ditampilkan pada Lampiran 2.1 sampai dengan Lampiran 2.3, grafik  $I_{dc0}$  fungsi  $U_{dc0}$  pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.10, grafik  $U_c$  dan  $U_d$  fungsi model penangkap petir tipe Franklin pada Gambar 4.11 sampai dengan Gambar 4.13, serta grafik  $I_c$  dan  $I_d$  fungsi model penangkap petir tipe Franklin pada Gambar 4.14 sampai dengan Gambar 4.16 dari 10 (sepuluh) penangkap petir tipe Franklin yang diteliti, tampak bahwa:

- Pengaruh dari temperatur dan tekanan pada ruang pengujian yang lebih besar dari temperatur dan tekanan standar berakibat tegangan korona pada kondisi atmosfer standar ( $U_{c0}$ ) lebih besar dari tegangan korona pada kondisi atmosfer ruang pengujian ( $U_c$ ). Demikian juga tegangan tembus pada kondisi atmosfer standar ( $U_{d0}$ ) lebih besar dari tegangan tembus pada kondisi atmosfer ruang pengujian ( $U_d$ ).
- Jarak sela (s) yang diperbesar mengakibatkan tegangan korona ( $U_c$ ) maupun tegangan tembus ( $U_d$ ) naik. Hal ini disebabkan karena nilai kapasitansi (C) berdasarkan persamaan 2.11:  $C \approx \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{s}$  dengan luas permukaan elektroda (A) tetap, bila jarak sela (s) diperbesar maka C akan menurun. Dari persamaan 2.12:  $i = C \frac{du}{dt}$  maka secara pendekatan dapat disatukan bahwa  $Q = C.U$ , sehingga dengan C yang menurun agar supaya terjadi korona maupun tembus diperlukan Q yang tetap, sehingga U harus diperbesar (diperlukan  $U_c$  maupun  $U_d$  yang lebih besar)
- Pada tegangan (U) yang sama, arus korona ( $I_c$ ) menurun bila jarak sela (s) diperlebar. Hal ini dikarenakan nilai kapasitansi (C) berdasarkan persamaan 2.11:  $C \approx \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{s}$  dengan luas

permukaan elektroda (A) tetap, bila jarak sela (s) diperbesar maka C akan menurun, sehingga nilai arus korona ( $I_c$ ) berdasarkan persamaan 2.12:

$$i = C \frac{du}{dt} \text{ menurun.}$$

- Arus tembus ( $I_d$ ) menurun pada tegangan (U) yang sama, bila jarak sela (s) diperlebar, seperti halnya pada arus korona ( $I_c$ ).
- Pada jarak sela (s) berturut-turut sebesar 3 cm, 4 cm, dan 5 cm:
  - $U_c$  terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, dan A<sub>1</sub>
  - $U_d$  terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>5</sub>, A<sub>5</sub>, dan A<sub>3</sub>.
  - $I_c$  terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>10</sub>, A<sub>9</sub>, dan A<sub>10</sub>.
  - $I_d$  terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>9</sub>, A<sub>9</sub>, dan A<sub>1</sub>.

Didasarkan pada pertimbangan bahwa penangkap petir yang baik adalah yang mempunyai tegangan tembus ( $U_d$ ) yang kecil, maka dari kesepuluh model penangkap petir tipe Franklin yang diteliti ini dipilih model A<sub>5</sub>.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada tesis ini yang berjudul Pengaruh Elektroda Tambahan pada Penangkap Petir Tipe Franklin, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pertumbuhan arus pada masing-masing model penangkap petir tipe Franklin yang diteliti, berturut-turut pada jarak sela (s) 3 cm, 4 cm, dan 5 cm, adalah sebagai berikut:
  - a. Semakin besar jarak sela (s) semakin kecil arus korona ( $I_{c0}$ ) dan juga arus tembus ( $I_{d0}$ )
  - b. Arus korona ( $I_c$ ) terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>9</sub>, A<sub>9</sub>, dan A<sub>10</sub>.
  - c. Arus tembus ( $I_d$ ) terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>5</sub>, A<sub>3</sub>, dan A<sub>5</sub>.

Dengan demikian waktu terjadinya korona terpendek ( $I_c$  terkecil) terjadi pada model A<sub>10</sub>, sedangkan waktu tercepat tembus ( $I_{d0}$  terkecil) terjadi pada model A<sub>1</sub>.
2. Tegangan korona ( $U_c$ ) dan tegangan tembus ( $U_d$ ) pada masing-masing model penangkap petir tipe Franklin yang diteliti, berturut-turut pada jarak sela (s) 3 cm, 4 cm, dan 5 cm, adalah sebagai berikut:
  - a. Semakin besar jarak sela (s) semakin besar pula tegangan korona ( $U_c$ ) dan tegangan tembus ( $U_d$ ).
  - b. Tegangan korona ( $U_c$ ) terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>9</sub>, A<sub>3</sub>, dan A<sub>10</sub>.
  - c. Tegangan tembus ( $U_d$ ) terkecil berturut-turut terjadi pada model A<sub>5</sub>, A<sub>3</sub>, dan A<sub>5</sub>.

Tegangan korona ( $U_c$ ) terkecil yang terjadi

pada penangkap petir tipe Franklin model A<sub>9</sub> menunjukkan bahwa penangkap petir model A<sub>9</sub> ini lebih peka (cepat merasakan) akan terjadinya sambaran petir. Sedangkan tegangan tembus ( $U_d$ ) terkecil yang terjadi pada model A<sub>5</sub> menunjukkan bahwa penangkap petir tipe Franklin model A<sub>5</sub> ini lebih cepat menangkap sambaran petir (lebih efektif dalam menangkap sambaran petir).

3. Berdasarkan tingkat tegangan tembus ( $U_d$ ) yang terjadi pada model-model penangkap petir tipe Franklin yang diteliti disini (ada 10 model, yaitu model A1 samai dengan model A10), terlihat bahwa model A5 mempunyai tingkat tegangan tembus terkecil. Dengan didasarkan pada pemilihan model penangkap petir yang baik adalah model penangkap petir yang mempunyai tingkat tegangan tembus yang kecil, maka dari 10 (sepuluh) model penangkap petir tipe Franklin yang diteliti pada Penelitian ini dipilih model A5.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdel-Salam, Mazen dan Al-Abdul-Latif, U.S. 1997. *Simulation of Energized Franklin Rods for Lightning Protection*, IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 33, Nomor 3, May/June.
- [2] Allen, N.L. dan Mohandes, M.Th. 1992. *Inception of Impulse Corona from Franklin Rods*, Industry Applications Society Annual Meeting, 1992, Conference Record of the 1992 IEEE, Volume 2, 4 – 9 October 1992, Page (s) 1533 -1538.
- [3] Alonso. et al. 1967. *Fundamental University Physics Vol. 2 Fields and Waves*. Addison-Wesley Publishing.
- [4] Arismunandar, A., Prof. Dr. 1983. *Teknik Tegangan Tinggi Suplemen*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- [5] Dhofir, Moch. 1997. *Diktat Gejala Medan Tinggi Jilid I dan II*, Teknik Elektro Fakultas Teknik Unibraw., Malang.
- [6] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1987. *Pedoman Perencanaan Penangkal Petir*, Yayasan Badan Penerbit PU, Bandung.
- [7] E.F. International S.A. 2008. *Introduction to the E.F. Carrier System of Lightning Protection*, 1993 -2008, Switzerland, Swis
- [8] Elektro Indonesia.1998, Pustekkom, Jakarta.
- [9] Hasse, Peter.1992. *Overvoltage Protection of Low Voltage System*, Peter Peregrinus, London.
- [10] Hayt, William H., Jr., Buck, John A. 2001. *Engineering Electromagnetics. Sixth Edition*, Mc.Graw-Hill Companies, New York.
- [11] Hayt, William H., Jr. 1992. *Elektromagnetika Teknologi*. Edisi Kelima. Alih bahasa The Houw Liong, Ph.D., Erlangga, Jakarta.
- [12] Hutahuruk, T.S. 1991. *Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja*, Erlangga, Jakarta.
- [13] *Industry Application Society Annual Meeting, 1992, Conference Record of the 1992. vol.2. 1992. IEEE. 4 – 9 Oct. 1992 Page(s) 1533 – 1538.*
- [14] Indonesia-property.com. 2008
- [15] *Industry Application Society Annual Meeting, 1992, Conference Record of the 1992. vol.2. 1992. IEEE. 4 – 9 Oct. 1992 Page(s) 1533 – 1538*
- [16] Kind, Dieter. 1993. *Pengantar Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi*, Penerbit ITB., Bandung.
- [17] Kuffel, E., Zaengl, W.S. 1984. *High Voltage Engineering*, Pergamon Press., London.
- [18] Kurn Lightning Protection Electrostatic System. 2003
- [19] Lightning Protection Internasional PTY.LTD.. 2003.
- [20] Makridakis Spyros, Wheelwright, Steven C. McGee, Victor E. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi Kedua.
- [21] Mismail, Budiono, Prof., Ir., M.S.E.E. Ph.D. 2006. *Dasar Teknik Elektro*, Bayumedia Publishing, Malang.



- [22] Mismail, Budiono. 1995. Rangkaian Listrik Jilid Pertama. Penerbit ITB., Bandung.
- [23] Naidu, M. S., Kamaraju, V. 1982. *High Voltage Engineering*, Tata Mc. Graw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi.
- [24] Nugroho, Agung dan Syakur, Abdul. 2005. Penentuan Lokasi Pemasangan *Lightning Masts* pada Menara Transmisi untuk Mengurangi Kegagalan Perlindungan akibat Sambaran Petir, Transmisi, Volume 9, Nomor 1, Juni 2005 : 31 – 36.
- [25] Pustekom.2005. Pengetahuan Populer.[www.e-dukasi.net/pengpop/pp\\_full.php?ppid=185&fname=index.htm](http://www.e-dukasi.net/pengpop/pp_full.php?ppid=185&fname=index.htm).
- [26] Supranto, J. 2001. Statistik Teori dan Aplikasi. Edisi Keenam. Jilid I. Erlangga, Jakarta.
- [27] Syakur, Abdul dan Yuningtyastuti. 2006. Sistem Proteksi Penangkal Petir pada Gedung Widya Puraya, Transmisi, Volume 11, Nomor 1, Juni 2006 : 35 -39, Semarang.
- [28] Telkom Indonesia, RDC,. Media, Research & Development. 2008
- [29] Wikipedia Indonesia , ensiklopedia bebas berbahasa Indonesia (<http://en.Wikipedia.org/wiki/Brass>) – Mozilla Firefox
- [30] Zoro, Reynaldo dan Wibowo,A.S. 2008. Evaluasi Sistem Proteksi Eksternal dan Analisa Resiko Sambaran Petir pada Bangunan, Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan 2005, Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 24 – 25 Nopember 2008, Semarang
- [31] ----- . Tanpa Tahun. Electric Fields and Surface Curvature. <http://www.amasci.com>. Diakses Agustus 2007