

PENGARUH PERISAI PELAT LOGAM TERHADAP INDUKSI TEGANGAN SURJA PETIR PADA INSTALASI TEGANGAN RENDAH

Eykel Boy Suranta Ginting, Hendra Zulkarnaen
Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: namikazeeykel@yahoo.com, hendral@usu.ac.id

Abstrak

Ketika terjadi sambaran petir terhadap kawat penangkal petir akan terjadi induksi tegangan pada kabel instalasi tegangan rendah yang berada di sekitar kawat penangkal petir. Pada paper ini akan dilihat pengaruh penambahan perisai pelat logam yang terbuat dari pelat seng di sekitar kabel tegangan rendah terhadap perubahan induksi tegangan. Percobaan dilakukan dengan mengubah dimensi dan jarak perisai dengan kawat BC (*Bare Copper*). Dari percobaan didapat bahwa perisai yang paling bagus adalah pelat seng 69x25 cm dengan pelat seng ditanahkan pada salah satu ujungnya dan jarak 18 cm dari kawat BC dimana persentase tegangan induksinya adalah 30,78 % atau dengan kata lain bahwa terjadi penurunan tegangan induksi sebesar 69,22%.

Kata Kunci: induksi tegangan surja petir, perisai

1. Pendahuluan

Pada umumnya setiap bangunan itu dilengkapi dengan penangkal petir terutama untuk bangunan yang tinggi. Penangkal petir dihubungkan ke tanah melalui kawat pbumian. Ketika terjadi sambaran petir pada kawat penangkal petir, maka arus petir mengalir ke tanah melalui kawat pbumian. Ketika itu juga terjadi induksi tegangan surja pada kabel atau peralatan tegangan rendah yang berada di sekitar kawat pbumian (*down conductor*). Untuk memperkecil besarnya induksi tegangan, maka ditambah perisai berupa pelat seng dekat dengan kabel tegangan rendah.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk melihat pengaruh dari perisai pelat logam terhadap induksi tegangan surja petir pada instalasi tegangan rendah.

Manfaat dari penulisan ini adalah perisai pelat logam bisa digunakan sebagai pelindung tambahan untuk instalasi tegangan rendah dari induksi tegangan surja petir sehingga peralatan-peralatan menjadi lebih aman.

Adapun batasan masalah dari percobaan yang dilakukan adalah:

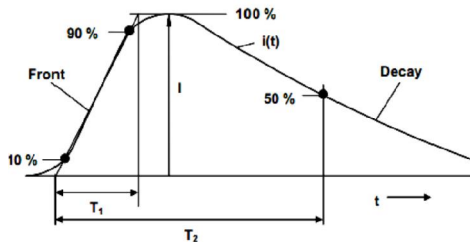
1. Tegangan impuls petir yang diberikan sebesar 25 kV.

2. Kabel tegangan rendah yang digunakan adalah kabel NYA.
3. Kawat penangkal petir yang dipakai adalah kawat *Bare Copper* (BC) dengan luas penampang 50 mm².
4. Kabel NYA letaknya sejajar dengan kawat penangkal petir (kawat BC).
5. Pelat logam yang dipakai adalah pelat seng.

2. Petir, Frekuensi Sambaran Petir, dan Perisai

Sumber terjadinya petir adalah awan commolonimbus atau awan guruh yang berbentuk gumpalan. Biasanya muatan negatif berada pada bagian bawah dan muatan positif terletak pada bagian atas. Karena adanya muatan listrik itu menyebabkan timbulnya medan listrik antara awan dengan bumi. Jika medan listriknya lebih besar daripada kekuatan dielektrik udara yang mengantarai bumi dengan awan, maka akan terjadi pelepasan muatan. Pelepasan pertama terjadi disekitar awan yang disebut dengan *pilot leader*. Di ujungnya terjadi ionisasi sehingga terjadi pelepasan kedua *downward leader*. Dan ujung *downward leader* adalah *leader*. Karena medan listrik antar *leader*

dengan bumi sangat tinggi terjadi penumpukan muatan pada salah satu objek di bumi (*upward streamer*). Sehingga apabila *leader* dan *upward streamer* terhubung maka disebut dengan *connection leader*, sehingga muatan dari awan akan mengalir ke bumi. Peristiwa ini disebut dengan petir. Kemudian muatan dari bumi juga mengalir ke awan yang disebut sebagai *return stroke*. Setelah terjadi *return stroke*, maka terjadi sambaran susulan ke bumi yang disebut *dart leader* [1]. Bentuk gelombang dari impuls petir dapat dilihat pada Gambar 1 [2].



Gambar 1. Bentuk Gelombang Impuls Petir

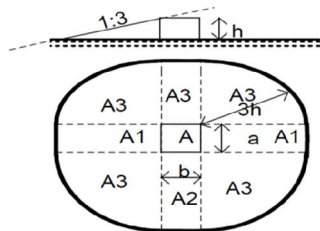
Frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung ke bangunan gedung dapat dihitung [3]:

$$N_d = N_g \cdot A_e \text{ per tahun} \quad (1)$$

Dimana:

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} T^{1,26} \quad (2)$$

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (3)$$



Gambar 2. Luas Daerah Sambaran Bangunan

Dimana :

N_g = Densitas sambaran ke tanah rata-rata tahunan

A_e = Area cakupan ekivalen dari gedung (m^2)

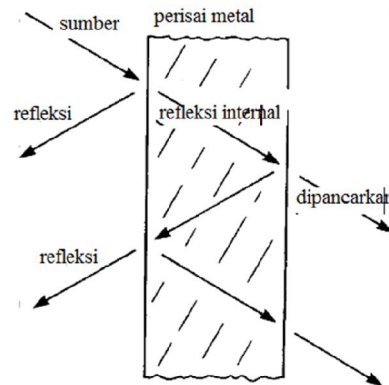
a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

h = Tinggi gedung (m)

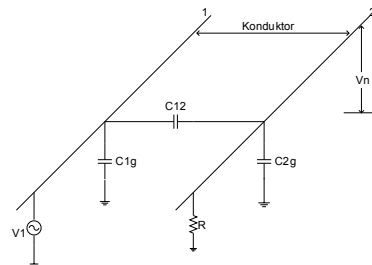
Perisai adalah teknik yang digunakan untuk mengurangi ataupun mencegah terjadinya gandingan radiasi elektromagnetik yang tidak

diinginkan. Pada dasarnya prinsip sebuah perisai adalah apabila ada gelombang elektromagnetik yang berasal dari sumber sebagian akan dipantulkan dari perisai yang impedansinya rendah. Sebagian sisanya akan ditransmisikan menembus perisai setelah sebagian diserap oleh perisai. Inilah yang disebut dengan keefektifan perisai. Sehingga total perisai efektif adalah penjumlahan rugi refleksi, rugi absorpsi, dan rugi-rugi refleksi internal, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3 [4].



Gambar 3. Perisai Ektif Pada Perisai Pelat

Ketika dua buah konduktor yang dibatasi oleh udara maka rangkaiannya membentuk sebuah koping kapasitif, seperti pada Gambar 4 [5].

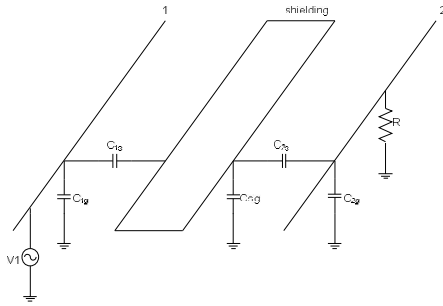


Gambar 4. Gandengan Kapasitif Antara Dua Konduktor

Maka besar induksi tegangannya adalah :

$$V_n = \left(\frac{\frac{R \cdot X_{2g}}{R + X_{2g}}}{X_{12} + \left(\frac{R \cdot X_{2g}}{R + X_{2g}} \right)} \right) \cdot V_1 \quad (4)$$

Ketika ditambahkan perisai, maka bentuk gandingan kapasitifnya seperti Gambar 5.

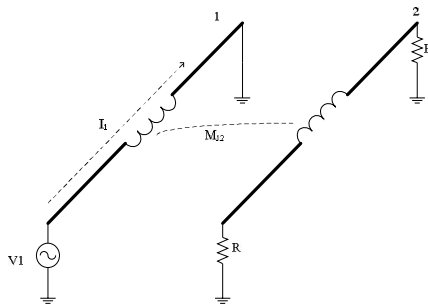


Gambar 5. Gandengan Kapasitif Antara Dua Konduktor Yang Ditambah Perisai

Maka besar induksi tegangannya adalah :

$$V_n = \left(\frac{\left(\frac{R \cdot X_{2g}}{R + X_{2g}} \right) \cdot X_{Sg}}{\left(\frac{X_{2g} \cdot R}{X_{2g} + R} + X_{2s} \right) \cdot X_{Sg} + X_{1s} \left(\frac{X_{2g} \cdot R}{X_{2g} + R} + X_{2s} + X_{Sg} \right)} \right) \cdot V_1 \quad (5)$$

Dan untuk gandengan induktifnya seperti Gambar 6.

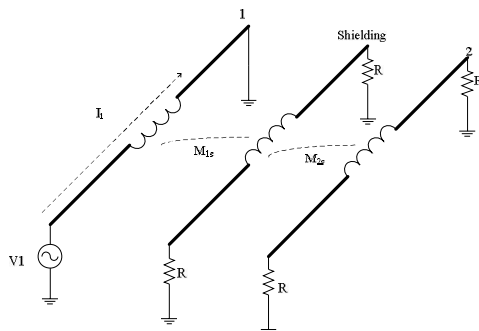


Gambar 6. Gandengan Induktif Antara Dua Konduktor

Besar induksi tegangan yang dihasilkan adalah:

$$V_n = - M \frac{di_1}{dt} \quad (6)$$

Setelah penambahan perisai, maka bentuk gandengan kapasitifnya seperti Gambar 7.



Gambar 7. Gandengan Induktif Antara Dua Konduktor Yang Diberi Perisai

Besar induksi tegangan yang dihasilkan adalah:

$$V_n = - M_{2s} \frac{di_s}{dt} \quad (7)$$

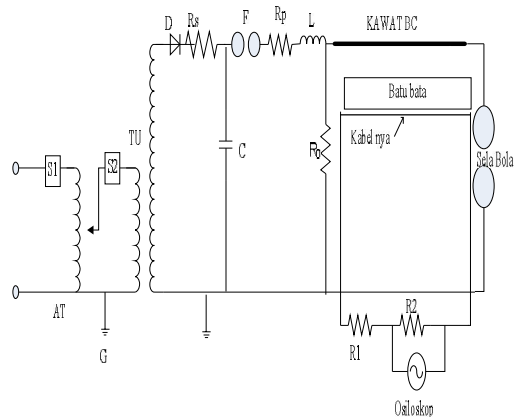
3. Pengukuran

Pengukuran ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi, Departemen Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Dalam pengukuran ini, alat dan bahan yang digunakan adalah :

1. 1 unit trafo pembangkit tegangan tinggi impuls (DC) 220 V/ 60 kV DC, 5 KVA
2. 1 unit autotrafo 220 / 240 V, 5 kVA
3. 1 unit kapasitor 0.25 μF
4. Tahanan peredam, Tahanan pembuangan muatan (R_o)
5. Kabel NYA dengan panjang 69 cm
6. Kawat BC 50 mm² sepanjang 69 cm
7. tahanan peredam
8. 1 buah inductor, 1 unit osiloskop
9. 2 buah resistor, masing-masing 1000 Ω dan 100 kΩ
10. Seng pelat dengan ukuran 69x25 cm, 69x17 cm, dan 47x25 cm
11. Semen dan papan secukupnya
12. Batu bata 3 buah

Adapun gambar rangkaian percobaan pengukuran tegangan induksi surja petir tanpa menggunakan perisai dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Percobaan Pengukuran Tegangan Induksi Surja Petir Tanpa Menggunakan Perisai

Keterangan gambar :
 S1 = Saklar 1 ; Rs = Tahanan Pemuat
 C = Kapasitor ; S2 = Saklar 2

R1 = Tahanan 100 k Ω ; F = Sela Picu
 AT = Auto Trafo ; Rp = Tahanan Peredam
 TU = Trafo Uji ; R2 = Tahanan 1000 Ω
 D = Dioda Tegangan Tinggi

Adapun gambar rangkaian percobaan pengukuran tegangan induksi surja petir dengan menggunakan perisai dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 9. Rangkaian Percobaan Pengukuran Tegangan Induksi Surja Petir Dengan Menggunakan Perisai

Keterangan gambar :

S1 = Saklar 1 ; Rs = Tahanan Pemuat
 C = Kapasitor ; S2 = Saklar 2
 R1 = Tahanan 100 k Ω ; F = Sela Picu
 AT = Auto Trafo ; Rp = Tahanan Peredam
 TU = Trafo Uji ; R2 = Tahanan 1000 Ω
 D = Dioda Tegangan Tinggi

4. Hasil Pengukuran

Untuk percobaan induksi tegangan surja petir tanpa menggunakan perisai didapat besar tegangan induksinya adalah 3,93 kV.

Dari percobaan yang dilakukan sebanyak delapan kali untuk masing-masing pelat dengan jarak yang diubah dari 8 cm, 13 cm, dan 18 cm dari kawat BC, maka didapat besar tegangan rata-ratanya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Rata-Rata Dari Hasil Percobaan

1. Pelat seng 69x25 cm			
Jarak (cm)	Tanpa Pentanahan (kV)	Salah Satu Ujung Ditanahkan (kV)	Kedua Ujung Ditanahkan (kV)
8	3,70	2,37	2,40
13	3,47	1,96	2,04

18	3,37	1,21	1,28
----	------	------	------

2. Pelat seng 69x17 cm

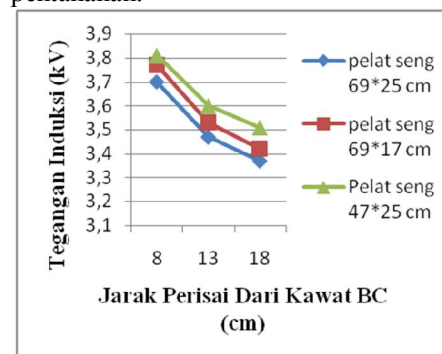
Jarak (cm)	Tanpa Pentanahan (kV)	Salah Satu Ujung Ditanahkan (kV)	Kedua Ujung Ditanahkan (kV)
8	3,77	2,40	2,43
13	3,53	2,06	2,13
18	3,42	1,24	1,31

3. Pelat seng 47x25 cm

Jarak (cm)	Tanpa Pentanahan (kV)	Salah Satu Ujung Ditanahkan (kV)	Kedua Ujung Ditanahkan (kV)
8	3,81	2,47	2,53
13	3,60	2,21	2,31
18	3,51	1,56	1,63

Berdasarkan Tabel 1, maka dapat dibuat grafiknya :

1. Grafik perbandingan jarak perisai dari kawat BC Vs tegangan induksi untuk perisai tanpa pentanahan.

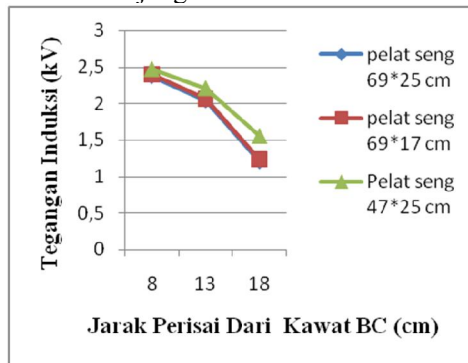


Gambar 10. Grafik Perbandingan Jarak Perisai Dari Kawat BC Vs Tegangan Induksi Untuk Perisai Tanpa Pentanahan

Dari Gambar 10 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Semakin jauh jarak perisai dari kawat BC, maka tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah semakin kecil.
- b. Semakin kecil luas penampang dari pelat maka tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah semakin besar.
- c. Penurunan tegangan yang paling signifikan terdapat pada jarak antara 8 cm – 13 cm dari kawat BC.

2. Grafik perbandingan jarak perisai dari kawat BC Vs tegangan induksi untuk perisai dengan salah satu ujung ditanahkan.

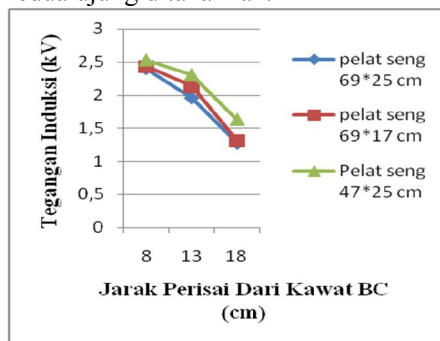


Gambar 11. Grafik Perbandingan Jarak Perisai Dari Kawat BC Vs Tegangan Induksi Untuk Perisai Dengan Satu Ujung Ditanahkan

Dari Gambar 11 dapat disimpulkan bahwa :

- Semakin jauh jarak perisai dari kawat BC, maka tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah semakin kecil.
- Tegangan induksi terbesar yang timbul pada kabel adalah pada perisai yang lebih pendek dan kecil (pelat 47x25 cm).

3. Grafik perbandingan jarak perisai dari kawat BC Vs tegangan induksi untuk perisai dengan kedua ujung ditanahkan.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Jarak Perisai Dari Kawat BC Vs Tegangan Induksi Untuk Perisai Dengan Kedua Ujung Ditanahkan

Dari Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa :

- Semakin jauh jarak perisai dari kawat BC, maka tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah semakin kecil.
- Tegangan induksi terbesar yang timbul pada kabel ketika pelatnya kecil yaitu 47x25 cm.

Untuk persentase tegangan dapat dilihat pada Tabel 2. Ketika tegangan surja petir yang diberikan adalah 25 kV dan tegangan induksi yang dihasilkan tanpa perisai adalah 3,93 kV.

Tabel 2 Persentase Tegangan Induksi Ketika Dipasang Perisai

1. Pelat seng 69x25 cm			
Jarak (cm)	Tanpa Pentanahan (%)	Salah Satu Ujung Ditanahkan (%)	Kedua Ujung Ditanahkan (%)
8	94,14	60,31	61,06
13	88,29	49,87	51,91
18	85,75	30,78	32,56

2. Pelat seng 69x17 cm			
Jarak (cm)	Tanpa Pentanahan (%)	Salah Satu Ujung Ditanahkan (%)	Kedua Ujung Ditanahkan (%)
8	95,92	61,06	61,83
13	89,82	52,41	54,19
18	87,02	31,55	33,33

3. Pelat seng 47x25 cm			
Jarak (cm)	Tanpa Pentanahan (%)	Salah Satu Ujung Ditanahkan (%)	Kedua Ujung Ditanahkan (%)
8	96,94	62,84	64,37
13	91,60	56,23	58,77
18	89,31	39,69	41,47

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan pengukuran adalah:

- Semakin jauh jarak antara perisai dengan kawat BC maka tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah akan semakin kecil.
- Semakin besar luas penampang dari perisai maka tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah akan semakin kecil.
- Tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah akan semakin kecil apabila perisai tersebut ditanahkan.
- Besar tegangan induksi yang timbul pada kabel tegangan rendah ketika kedua ujung

- perisai ditanahkan lebih besar sekitar 2 % daripada hanya salah satu ujung ditanahkan.
5. Tegangan induksi terendah didapat pada pelat seng 69x25 cm dan jarak pelat seng 18 cm dari kawat BC dan pelat seng ditanahkan pada salah satu ujungnya, dimana persentase tegangan induksinya adalah 30,78 % atau terjadi penurunan tegangan sebesar 69,22 %.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Nia Ginting dan Markami br Tarigan selaku orang tua penulis yang sudah membiayai penulis, Ir. Hendra Zulkarnaen selaku dosen pembimbing, juga Syiska Yana, ST, MT, Ir. A. Rachman Hasibuan, MT dan Ir. Syahrawardi selaku dosen penguji penulis yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan paper ini, serta teman-teman penulis yang sudah memberikan dukungan selama pembuatan paper ini.

7. Daftar Pustaka

- [1]. Banjarnahor, Bonar S. 2011. *Tegangan Induksi Pada Kabel Instalasi Listrik Akibat Arus Petir Pada Kawat Pembedaan Penangkal Petir*. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- [2]. 29th International Conference on Lightning Protection. 2008. *Parameter Of Lightning Current Given In IEC 62305 Background, Experience and Outlook*. Sweden.
- [3]. SNI 03-7015-2004. *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan*. Standar nasional Indonesia, 2004.
- [4]. Paul, Clayton R. 2006. *Introduction to Electromagnetic Compability*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [5]. Ott, Henry W. 1975. *Noise Reduction Techniques in Electronic System*. New York: John Wiley & Sons.