

**SIMULASI PERHITUNGAN KEBUTUHAN PERLINDUNGAN PERALATAN KOMPUTER  
AKIBAT SAMBARAN PETIR**

**(STUDI KASUS GEDUNG WIDYA PURAYA UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG)**

Yopie Mafudin\*, Juningtyastuti \*\*, Abdul Syakur \*\*

*Abstrak* – Sambaran Petir bisa menyebabkan kerusakan yang cukup besar pada gedung beserta peralatan di dalamnya. Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki hari guruh terbanyak di dunia. Karenanya kebutuhan pengamanan gedung beserta peralatan di dalamnya terutama peralatan komputer yang bekerja dalam range milivolt dari efek dari sambaran petir yang bekerja dalam range kilovolt sangatlah penting seiring semakin banyaknya pembangunan gedung tinggi sekarang ini.

Mengingat pentingnya pengamanan gedung beserta peralatan di dalamnya dari sambaran petir, maka Sistem Proteksi Petir (SPP) sekarang telah banyak digunakan. Namun penerapan SPP tersebut belum diterapkan secara lengkap di mana sistem tersebut hanya melindungi gedung saja dari akibat sambaran petir dan tidak termasuk perlindungan peralatan di dalamnya. Besarnya kebutuhan suatu gedung untuk memasang SPP ditentukan oleh besarnya resiko bahaya yang timbul akibat sambaran petir. Dari nilai resiko tersebut maka dapat ditentukan pula besar tegangan induksi maksimal yang terjadi pada peralatan akibat pemasangan SPP, jarak aman antara instalasi terhadap SPP serta kebutuhan pengamanan tambahan untuk melindungi peralatan di dalamnya.

Perhitungan dilakukan dengan bantuan program Visual Basic. Dari hasil analisa perhitungan, dapat ditentukan nilai resiko gedung tersebut terhadap sambaran petir, tegangan induksi maksimal yang terjadi pada peralatan, jarak aman antara instalasi terhadap SPP serta kebutuhan pengamanan tambahan yang sesuai untuk peralatan berdasarkan hasil analisa menggunakan program Electromagnetic Transients Program (EMTP).

**Kata kunci :** Sistem Proteksi Petir (SPP), tegangan induksi maksimal\*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya jaman dan semakin sempitnya area tanah yang dapat digunakan maka pembangunan gedung di wilayah Indonesia mengalami kendala pada perluasan bangunan. Akibatnya pembangunan gedung – gedung baru lebih cenderung ke atas atau bertingkat sebagai solusi menghadapi permasalahan tersebut. Dengan semakin banyak berdirinya bangunan bertingkat, beberapa permasalahan mengenai keamanan bangunan perlu diperhatikan. Bangunan bertingkat lebih rawan mengalami gangguan baik gangguan secara mekanik maupun gangguan alam. Salah satu gangguan alam yang

sering terjadi adalah sambaran petir. Letak geografis Indonesia yang dilalui garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia beriklim tropis, akibatnya Indonesia memiliki hari guruh rata – rata pertahun yang sangat tinggi. Sehingga bangunan – bangunan di Indonesia memiliki resiko lebih besar mengalami kerusakan akibat terkena sambaran petir. Kerusakan yang ditimbulkan dapat membahayakan manusia beserta peralatan yang berada di dalam gedung tersebut. Terutama peralatan komputer yang berbasis mikroprosesor sangat peka dan rentan terhadap gangguan petir. Dalam hitungan *mikrosecond*, naiknya tegangan dalam beberapa kilovolt akibat sambaran petir tersebut dapat merusak peralatan komputer yang bekerja pada range tegangan milivolt sehingga sistem informasi dapat terganggu.

Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir dapat dipasang Sistem Proteksi Petir (SPP) pada gedung bertingkat. Berdasarkan SNI 03-7015-2004 tentang Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SPP tersebut terdiri atas dua jenis yaitu SPP eksternal dan SPP internal. SPP eksternal adalah Sistem Proteksi Petir yang bertujuan untuk melindungi gedung dari akibat sambaran petir dan berupa sistem penangkal petir beserta pentanahannya. Sedangkan SPP internal adalah Sistem Proteksi Petir yang bertujuan untuk melindungi peralatan di dalam gedung. Pemasangan kedua sistem tersebut didasari oleh perhitungan resiko kerusakan akibat sambaran petir terhadap gedung. Perhitungan resiko ini digunakan sebagai standar untuk mengetahui kebutuhan pemasangan Sistem Proteksi Petir pada bangunan bertingkat. Dari kedua jenis SPP tersebut, konsep SPP internal jarang diterapkan. Hal ini terjadi karena hanya dengan memasang SPP eksternal maka gedung dapat dinyatakan aman dari sambaran petir tanpa memperhitungkan efek samping dari pemasangan SPP eksternal terhadap peralatan. Meskipun kondisi gedung dinyatakan aman terhadap gangguan sambaran petir setelah dipasang SPP eksternal, namun efek induksi maksimal dari SPP eksternal tersebut dapat merusak peralatan elektronik terutama peralatan komputer yang berbasis *mikroprocessor* dan bekerja pada tegangan 5 s/d 12 Volt DC.

### 1.2 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan menghitung kebutuhan perlindungan peralatan komputer di dalam Gedung Widya Puraya dari efek tegangan induksi maksimal akibat sambaran petir berdasarkan SNI 03-7015-2004 dengan mengacu pada konsep SPP internal, menghitung nilai resiko sambaran petir terhadap suatu gedung guna diperoleh level tingkat proteksinya berdasarkan standar IEC 1662, menghitung tegangan induksi maksimal yang terjadi dari SPP eksternal, menghitung jarak aman antara instalasi peralatan terhadap SPP eksternal, menganalisa kebutuhan peralatan pengamanan tambahan pada komputer berupa SPD,

\* Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

\*\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

membuat program simulasi untuk memudahkan perhitungan-perhitungan tersebut menggunakan program *Visual Basic* dan menampilkan hasil analisisnya menggunakan program *Electromagnetic Transients Program* (EMTP).

### 1.3 Pembatasan Masalah

- Tugas Akhir ini ditekankan pada :
  - Perhitungan resiko kerusakan pada gedung bertingkat akibat sambaran petir.
  - Perhitungan tegangan induksi maksimal dari SPP eksternal terhadap instalasi peralatan dalam gedung akibat sambaran petir.
  - Perhitungan jarak aman dari SPP eksternal terhadap instalasi peralatan.
  - Perencanaan kebutuhan peralatan tambahan untuk melindungi peralatan komputer dari efek induksi maksimal dari SPP akibat sambaran petir.
- Analisa hanya membahas pengaruh kerusakan terhadap peralatan komputer di dalam gedung.
- Analisa hanya membahas SPP internal dalam gedung dan tidak membahas SPP eksternal yang telah ada.
- Perhitungan dilakukan dengan bantuan program *Visual Basic* dan hasil grafik tegangan pada saat terkena efek tegangan induksi maksimal dari sambaran petir ditampilkan dalam program *Electromagnetic Transients Program* (EMTP).
- Analisa dilakukan pada Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro yang berlokasi di wilayah Tembalang Semarang.
- Standar yang digunakan adalah standar IEC 1662 untuk perhitungan kebutuhan SPP pada gedung bertingkat dan SNI 03-7015-2004 tentang SPP pada Bangunan Gedung.

## II. PETIR DAN SISTEM PROTEKSI PETIR PADA PERALATAN KOMPUTER

### 2.1 Pemisahan Muatan

Dalam pembentukan awan terdapat partikel – partikel air dan kristal es. Uap air dalam udara akan naik membentuk awan, semakin tinggi temperatur udara akan semakin dingin sehingga uap air berubah menjadi kristal es. Di dalam awan, kristal es bermuatan positif, sedangkan titik-titik air bermuatan negatif.

Distribusi partikel-partikel tersebut secara normal memberikan peningkatan muatan negatif di dasar awan. Peningkatan muatan negatif di dasar awan mengakibatkan peningkatan muatan positif di atas permukaan tanah. Akibatnya antara tanah dan dasar awan terdapat beda potensial yang tinggi. Apabila gradien potensial tersebut sedemikian besar, maka berakibat terjadi proses tembus pada resistansi udara, sehingga menimbulkan suatu peluahan petir.

### 2.2 Mekanisme Terjadinya Kilat Petir

Kekuatan dielektrik udara kurang lebih adalah 30 kV/cm, apabila medan listrik antara awan dan tanah melebihi kekuatan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan. Distribusi muatan di awan pada umumnya bagian atas bermuatan positif dan bagian bawah bermuatan negatif. Sambaran akan diawali oleh kanal bermuatan negatif menuju daerah yang terinduksi positif.

Umumnya sambaran yang terjadi adalah sambaran dari bagian bermuatan negatif dari awan ke tanah.

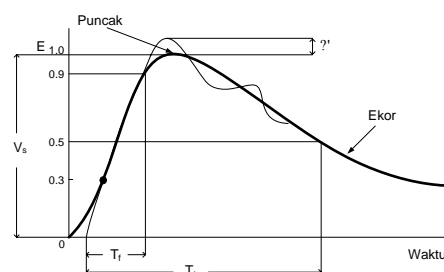
Polaritas awan juga berpengaruh pada besar arus sambaran. Aliran muatan listrik yang terjadi antara awan dan tanah disebabkan oleh adanya kuat medan listrik. Semakin besar muatan di awan, maka semakin besar pula medan listrik yang timbul. Apabila kuat medan ini melebihi kuat medan tembus udara maka terjadi aliran muatan dari awan ke tanah yang terlihat bercahaya yang disebut petir.

### 2.3 Bentuk Tegangan Impuls Petir

Bentuk umum tegangan impuls yang dipakai dalam laboratorium adalah tegangan yang naik dalam waktu singkat sekali, disusul dengan penurunan yang lambat menuju nol yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$V(t) = V_s (e^{-at} - e^{-bt}) \quad (2.1)$$

Tegangan impuls dinyatakan dengan harga ini dengan bentuk gelombang seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk tegangan impuls

Keterangan :

$V_s = E =$  tegangan puncak (kiloVolt)

$T_f = t_1 =$  waktu muka gelombang = 1,2  $\mu$ s

$T_t = t_2 =$  waktu ekor gelombang = 50  $\mu$ s

$u' =$  kelebihan tegangan ( $\pm 0,05 \times V_s$ ) (kiloVolt)

### 2.4 Frekuensi Sambaran Petir Langsung

Jumlah rata – rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun ( $N_d$ ) dapat dihitung dengan perkalian kepadatan kilat ke bumi pertahun ( $N_g$ ) dan luas daerah perlindungan efektif pada gedung ( $A_e$ ).<sup>[9]</sup>

$$N_d = N_g \cdot A_e \quad (2.2)$$

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1,26} \quad (2.3)$$

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (2.4)$$

Sehingga,

$$N_d = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1,26} (ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2) \quad (2.5)$$

di mana :

a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

h = Tinggi atap gedung (m)

T = hari guruh pertahun

$N_g$  = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ $Km^2$ /tahun)

$A_e$  = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar  $N_d$  ( $Km^2$ )

$N_d$  = Jumlah rata – rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun

### 2.5 Frekuensi Sambaran Petir Tidak Langsung

Rata – rata frekuensi tahunan  $N_n$  dari kilat yang mengenai tanah dekat gedung dapat dihitung dengan

perkalian kerapatan kilat ke tanah pertahun  $N_g$  dengan cakupan daerah di sekitar gedung yang disambar  $A_g$ .

$$A_g = ab + 2ap + 2bp + \pi\rho^2 - A_e \quad (2.6)$$

$$N_n = N_g \cdot A_g \quad (2.7)$$

## 2.6 Kerusakan Akibat Tegangan Langkah dan Tegangan Sentuh

Besar resiko kerusakan akibat tegangan langkah dan tegangan sentuh adalah :

$$p_h = k_h \cdot p'_h \quad (2.8)$$

## 2.7 Kerusakan Akibat Bunga Api yang Dikarenakan Sambaran Petir

Besar kerusakan akibat bunga api yang dikarenakan sambaran petir ( $P_t$ ) adalah :

$$p_t = k_t \cdot p'_t \quad (2.9)$$

$$p_n = k_n \cdot p'_n \quad (2.10)$$

di mana  $n = 1, 2, 3$  dan  $4$ .

## 2.8 Frekuensi Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Frekuensi kerusakan tiap tahun ( $F$ ) pada gedung dihitung dari frekuensi kerusakan akibat sambaran langsung ( $F_d$ ) dan sambaran tidak langsung ( $F_i$ ).

$$F = F_d + F_i \quad (2.11)$$

dimana

$$F_d = N_d p_h + N_d p_t (p_1 + p_2 + p_3 + p_4) \quad (2.12)$$

$$F_i = N_n p_1 p_3 + P_1 N_k p_3 \quad (2.13)$$

Sehingga,

$$F = N_d p_h + N_d p_t (p_1 + p_2 + p_3 + p_4) + N_n p_1 p_3 + P_1 N_k p_3 \quad (2.14)$$

Kemungkinan orang berada di tempat berbahaya adalah :

$$\delta = 1 - \left(1 - \frac{t}{8760}\right)^n \quad (2.15)$$

di mana :

$n$  = jumlah orang di tempat berbahaya

$t$  = waktu/tahun orang berada di tempat berbahaya (jam/tahun)

## 2.9 Frekuensi Kerusakan yang Dapat Diterima Gedung

Nilai frekuensi kerusakan akibat sambaran petir sesuai batas aman yang dapat diterima gedung besarnya adalah sebagai berikut :

$$F < F_a \quad (2.16)$$

$$\text{Dimana } F_a = \frac{R_a}{\delta} \quad (2.17)$$

1. Jika  $F \leq F_a$  tidak perlu sistem proteksi petir.
2. Jika  $F > F_a$  diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi :

$$E_c = 1 - \frac{F_a}{F_d} \quad (2.18)$$

Tabel 2.1 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Efisiensi Sistem Proteksi Petir (E)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

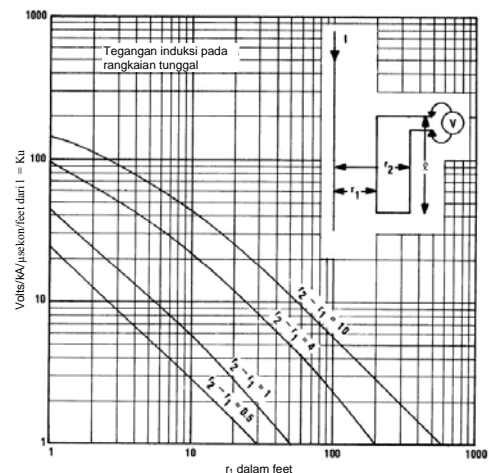
## 2.10 Tegangan induksi maksimal pada rangkaian listrik

Besarnya tegangan induksi maksimal<sup>[6]</sup> yang terjadi :

Tabel 2.2 Tegangan Induksi Maksimal ( $\bar{U}_s$ ) pada rangkaian instalasi

Jenis	Rangkaian Instalasi	Teg. Induksi Max
Type A		$\bar{U}_s = k_u \cdot (di/dt)_{\max}$
Type B		$\bar{U}_s = k_u \cdot (di/dt)_{\max}$
Type C		$\bar{U}_s = k_u \cdot \ell \cdot (di/dt)_{\max}$
Type D		$\bar{U}_s = k_u \cdot b \cdot (di/dt)_{\max}$

Keterangan : Indeks  $k_u$  diperoleh dari gambar 2.2



Gambar 2.2 Tegangan Induksi maksimal pada rangkaian instalasi tunggal oleh sambaran petir (Indeks  $k_u$ )

## 2.11 Kedekatan Instalasi ke Sistem Proteksi Petir (SPP)<sup>[12]</sup>

Jarak pemisah ( $s$ ), antara SPP dan instalasi logam juga antara bagian konduktif eksternal dan saluran harus diperbesar di atas jarak aman ( $d$ ).

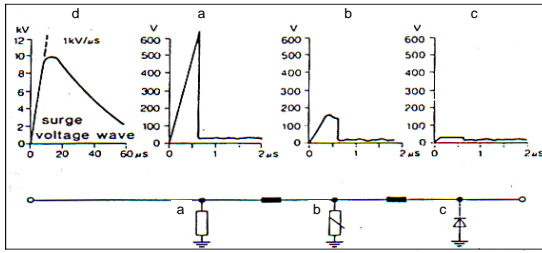
$$s \geq d, \text{ di mana } s = k_i \frac{k_c}{k_m} \ell \quad (2.20)$$

## 2.12 Komponen untuk Perlindungan dari Efek Sambaran Petir<sup>[6]</sup>

Komponen yang digunakan untuk melindungi peralatan dari efek sambaran petir dan dari tegangan lebih

atau disebut juga *Surge Protection Device* (SPD) adalah sebagai berikut:

1. *Discharge Gaps*
2. *Varistor*
3. *Suppressor Dioda*



Gambar 2.3 a. Grafik karakteristik dan simbol komponen *Discharge Gaps*  
 b. Grafik karakteristik dan simbol komponen *Varistor (MOV)*  
 c. Grafik karakteristik dan simbol komponen *Suppressor Dioda*  
 d. Grafik karakteristik gelombang tegangan surja

### III. KEBUTUHAN SISTEM PROTEKSI PERALATAN PADA GEDUNG WIDYA PURAYA

#### 3.1 Umum

Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang memiliki dua bagian utama. Bagian depan (Gedung A) berfungsi sebagai Gedung Lembaga Penelitian dan Administrasi sedangkan pada gedung bagian belakang (Gedung B) berfungsi sebagai Gedung Perpustakaan.

Tabel 3.1 Data Gedung A Widya Puraya

Karakteristik	Ukuran
Panjang gedung (a)	108 m
Lebar gedung (b)	47 m
Tinggi gedung (h)	24 m
Jumlah orang (n)	200 orang
Waktu hadir (t)	1920 jam / thn / orang
Kerapatan petir (T)	151 sambaran / tahun
Resistifitas tanah* (ρ)	Bag. depan = 1,14 Ω/km
	Bag. belakang = 1,08 Ω/km
Permukaan luar gedung	Tanah
Jenis bangunan dan Karakteristik material	Biasa; Beton
Jarak instalasi terhadap konduktor ke tanah eksternal (s)	0,2 m
Jarak sepanjang konduktor penyalur dari titik terdekat (ℓ)	10 m
Panjang saluran terminasi udara	± 100m

Tabel 3.2 Data Gedung B Widya Puraya

Karakteristik	Ukuran
Panjang gedung (a)	38 m
Lebar gedung (b)	36 m
Tinggi gedung (h)	31 m
Jumlah orang (n)	400 orang
Waktu hadir (t)	1920 jam / thn/orang
Kerapatan petir (T)	151 sambaran / tahun
Resistifitas tanah* (ρ)	0,565 Ω / Km
Permukaan luar gedung	Tanah
Jenis bangunan dan Karakteristik material	Biasa; Beton

Jarak instalasi terhadap konduktor ke tanah eksternal (s)	1,5 m
Jarak sepanjang konduktor penyalur dari titik terdekatnya (ℓ)	10 m
Panjang saluran terminasi udara	± 60m

#### 3.2 Indeks Kebutuhan Gedung Terhadap Sistem Proteksi Petir

Indeks kebutuhan khusus gedung terhadap sistem proteksi adalah hasil penjumlahan dan perkalian beberapa koefisien yang telah ditunjukkan melalui persamaan 2.2 sampai dengan persamaan 2.18.

Tabel 3.3 Data keadaan fisik bangunan gedung Widya Puraya berdasarkan Indeks Kebutuhan Gedung Terhadap Sistem Proteksi Petir

Indeks	Data	Nilai
$p'_h$	Tanah, beton	$10^{-2}$
$k_h$	Tanpa LPS	1
$p'_t$	Biasa	$10^{-3}$
$k_t$	Fasilitas gedung	0,7
$p'_1$ dan $p'_2$	Rangka besi, Beton bertulang	0,5
$k_1$ dan $k_2$	Tanpa LPS	1
$k_3$	Trafo berisolasi	$10^{-1}$
$k_4$	Ikatan sistem pentanahan	1
$R_a$	Rugi inventaris	$10^{-3}$

#### 3.2 Pemilihan Tipe Instalasi Terhadap Sistem Proteksi Petir (SPP)

Tipe tegangan induksi maksimal yang terjadi pada instalasi dalam bangunan Gedung Widya Puraya ditunjukkan pada tabel 2.2 untuk tipe C, yaitu tipe dengan instalasi peralatan yang terpisah dari sistem proteksi petirnya, mempunyai jarak, dan diketanahkan.

#### 3.3 Perhitungan Indeks Ku pada Tegangan Induksi Maksimal

Dari data yang diperoleh pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 apabila dibandingkan dengan grafik indeks Ku (gambar 2.2) maka bila ditabelkan akan tampak pada tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.4 Indeks Ku pada Gedung A dan B Widya Puraya

Data Gedung	Jarak instalasi ke konduktor ke tanah terdekat ( $r_1$ )		Indeks Ku	
	(cm)	(feet)	Per feet	Per meter
Gedung A Widya Puraya	20	0,66	1	3,33
Gedung B Widya Puraya	150	4,95	2	6,67

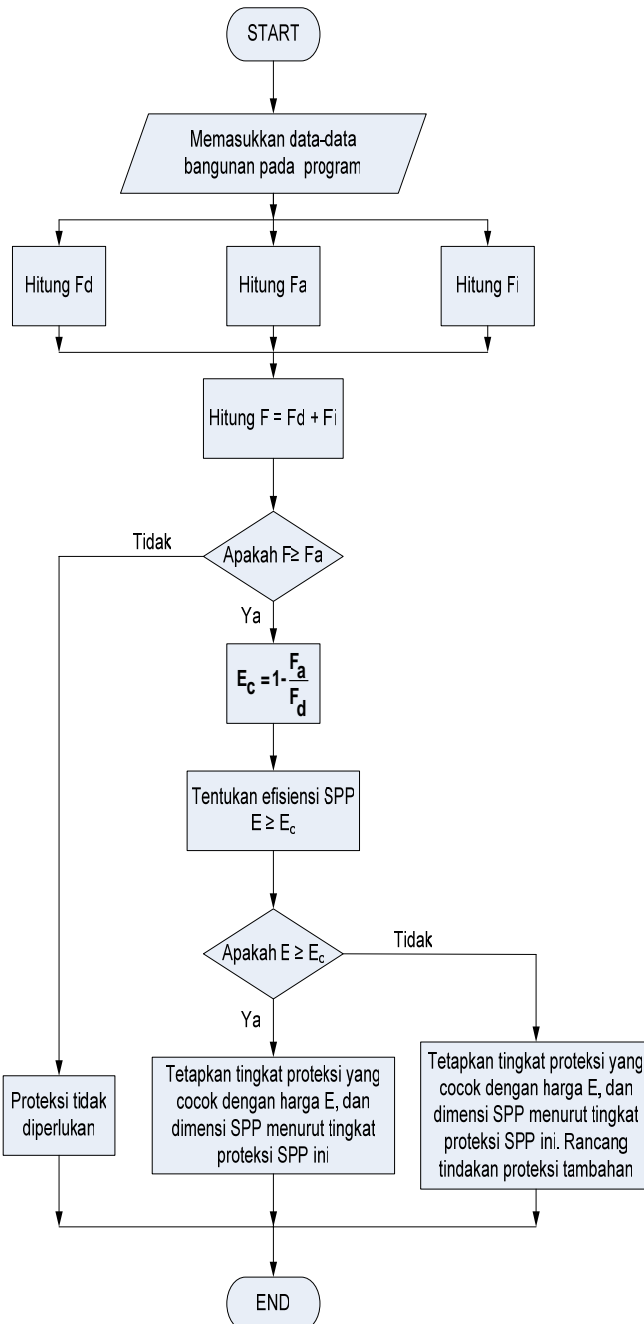
#### 3.4 Kedekatan Instalasi ke Sistem Proteksi Petir (SPP)

Dari data hasil pengamatan terhadap keadaan fisik bangunan dan kaitannya dengan koefisien kedekatan instalasi ke SPP didapat beberapa data sebagai berikut :

Tabel 3.5 Data keadaan fisik bangunan Gedung Widya Puraya terhadap kedekatan instalasi ke SPP

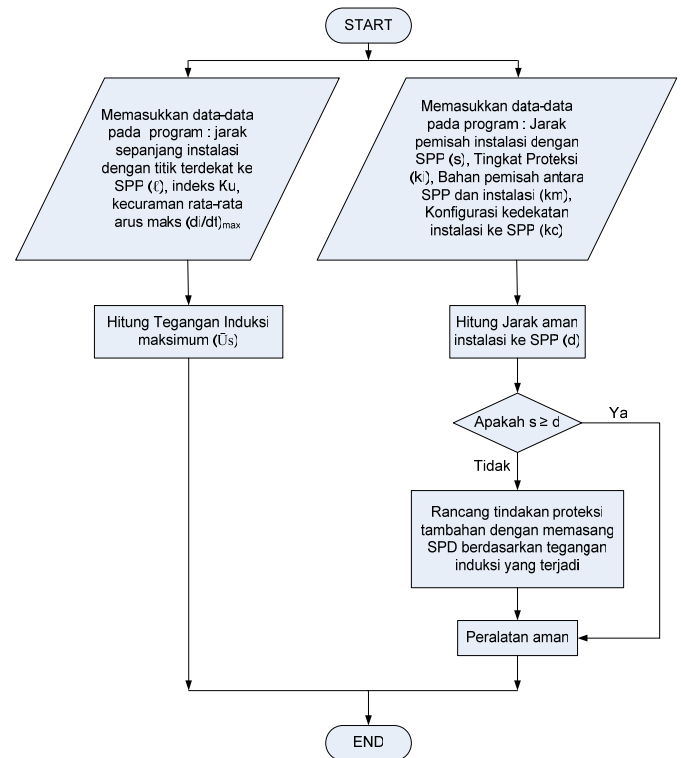
Indeks	Keterangan	Data	Nilai
$k_i$	Tingkat proteksi	Belum diketahui	Belum diketahui
$k_m$	Bahan pemisah antara SPP dan instalasi	Padat	0,5
$k_c$	Konfigurasi kedekatan instalasi ke SPP	Tiga Dimensi	0,44

### 3.5 Algoritma Prosedur Pemilihan Sistem Proteksi Petir pada Gedung



Gambar 3.1 Flowchart (diagram alir) prosedur pemilihan sistem proteksi petir pada gedung

### 3.6 Algoritma Prosedur Perhitungan Tegangan Induksi Maksimal pada Peralatan dan Jarak Aman Instalasi terhadap Sistem Proteksi Petir



Gambar 3.2 Flowchart (diagram alir) Prosedur Perhitungan Tegangan Induksi maksimal pada Peralatan dan Jarak Aman Instalasi terhadap Sistem Proteksi Petir

## IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA

### 4.1 Gedung A Widya Puraya

Dari keseluruhan hasil perhitungan pada Gedung A Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang apabila ditabelkan maka akan tampak hasilnya seperti pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil perhitungan dan analisa Gedung A Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang

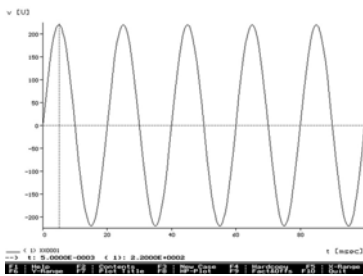
Nilai	Gedung A Widya Puraya	
	Bag. Depan ( $\rho = 1,14 \Omega/\text{Km}$ )	Bag. belakang ( $\rho = 1,08 \Omega/\text{Km}$ )
Nilai resiko kerusakan total (F)	0,0318290	0,0299700
Nilai frekuensi kerusakan yang masih dapat diterima gedung ( $F_a$ )	0,0010000	0,0010000
Efisiensi sistem pengaman sambaran petir dari hasil perhitungan ( $E_c$ )	0,9100000	0,9100000
Tingkat Proteksi	Tingkat III	Tingkat III
Tegangan induksi maksimal dari SPP eksternal	3330 Volt	
Jarak instalasi terhadap SPP sebenarnya (d)	0,2 meter	
Jarak aman instalasi terhadap SPP (s)	0,44 meter	
Pengaruh induksi maksimal terhadap instalasi peralatan dalam gedung	Ada	
Kebutuhan SPD	Ya	
SPD yang dibutuhkan	Varistor (MOV)	

## 4.2 Tampilan Program EMTP (Gedung A Widya Puraya)

### 1. Pada Saat Kondisi Umum

Pada saat kondisi umum menggunakan tegangan kerja sebesar 220 Volt AC dan berfrekuensi 50 Hz untuk men-supply komputer yang diasumsikan sebagai beban RLC 250 Watt dengan nilai  $R = 180 \text{ Ohm}$ ,  $L = 196,59 \text{ mH}$ , dan  $C = 89,358 \text{ }\mu\text{F}$ .

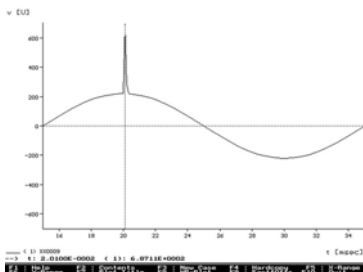
Dengan setting waktu : delta  $T = 0,0001 \text{ sekon}$  dan  $T_{\text{max}} = 0,1 \text{ sekon}$ , grafik tampilan tegangannya dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.2 Gambar tampilan grafik tegangan pada saat kondisi umum menggunakan program EMTP

### 2. Pada Saat Terjadi Efek Tegangan Induksi Maksimal dari Sambaran Petir

Tampilan grafik tegangan pada saat terjadi efek tegangan induksi maksimal dari sambaran petir sebesar 3330 Volt dapat dilihat pada gambar 4.2. Rangkaian ini menggunakan komponen surja petir Heidler dengan amplitudo 3330 Volt, muka gelombang 1,2  $\mu\text{s}$ , ekor gelombang 50  $\mu\text{s}$ ,  $T_{\text{start}} = 0,02 \text{ sekon}$ , dan  $T_{\text{stop}} = 0,37 \text{ sekon}$ .

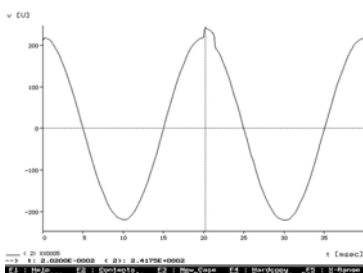


Gambar 4.2 Gambar tampilan grafik pada saat terjadi efek tegangan induksi maksimal dari sambaran petir 3330 Volt menggunakan program EMTP

### 3. Pada Saat Diproteksi

#### A. Menggunakan MOV

Tampilan grafik tegangan saat diproteksi menggunakan MOV dengan tegangan referensi sebesar 251 Volt dapat dilihat pada gambar 4.3.

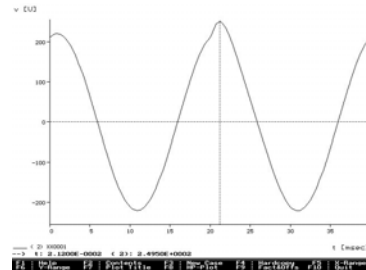


Gambar 4.3 Gambar tampilan grafik pada saat diproteksi MOV menggunakan program EMTP

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa tegangan puncak yang terjadi setelah rangkaian diproteksi menggunakan MOV adalah sebesar 241,75 Volt pada saat  $t = 0,0202 \text{ sekon}$ .

#### B. Menggunakan Discharge Gaps

Tampilan grafik tegangan saat diproteksi menggunakan discharge gaps (diasumsikan dengan pemasangan kapasitor berkapasitas 5  $\mu\text{F}$ ) dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Gambar tampilan grafik pada saat diproteksi Discharge Gaps menggunakan program EMTP

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa tegangan puncak yang terjadi setelah rangkaian diproteksi menggunakan discharge gaps adalah sebesar 249,50 Volt pada saat  $t = 0,0212 \text{ sekon}$ .

## 4.3 Gedung B Widya Puraya

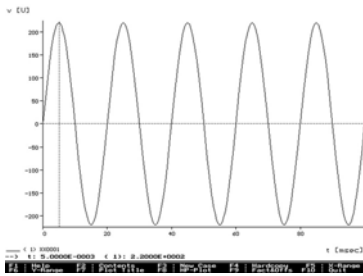
Dari keseluruhan hasil perhitungan pada Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang apabila ditabelkan maka akan tampak hasilnya seperti pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan dan analisa Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang

Nilai	Gedung B Widya Puraya
Nilai resiko kerusakan total (F)	0,0157980
Nilai frekuensi kerusakan yang masih dapat diterima gedung ( $F_a$ )	0,0010000
Efisiensi sistem pengaman sambaran petir dari hasil perhitungan ( $E_c$ )	0,9100000
Tingkat Proteksi	Tingkat III
Tegangan induksi maksimal dari SPP eksternal	6670 Volt
Jarak instalasi terhadap SPP sebenarnya (d)	1,5 meter
Jarak aman instalasi terhadap SPP (s)	0,44 meter
Pengaruh induksi maksimal terhadap instalasi peralatan dalam gedung	Tidak ada
Kebutuhan SPD	Tidak
SPD yang dibutuhkan	-

## 4.4 Tampilan Program pada EMTP (Gedung B Widya Puraya)

Dengan setting waktu : delta  $T = 0,0001 \text{ sekon}$  dan  $T_{\text{max}} = 0,1 \text{ sekon}$ , tegangan kerja sebesar 220 Volt AC dan frekuensi 50 Hz untuk men-supply komputer yang diasumsikan sebagai beban RLC 250 Watt, grafik tampilan tegangannya dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Gambar tampilan grafik pada saat kondisi umum Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang menggunakan program EMTP

#### 4.4 Analisa Gedung A Widya Puraya

Dari perhitungan kebutuhan sistem pengaman pada gedung, dapat dilihat bahwa Gedung A Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang memiliki potensi sangat besar mengalami gangguan akibat sambaran petir. Hal ini dapat diketahui dari tabel 4.1 dan tabel 4.2 yang pada masing-masing tabel menunjukkan bahwa nilai  $F > F_a$ , sehingga dibutuhkan suatu Sistem Proteksi Petir dengan efisiensi sebesar 0,91 dengan level proteksi Tingkat III.

Setelah terpasang Sistem Proteksi Petir, resiko efek sambaran petir pada gedung akan berkurang. Namun di sisi lain akan terjadi pula efek sambaran petir yang secara tidak langsung akan mengenai peralatan di dalam gedung melalui tegangan induksi maksimal yang timbul pada konduktor ke tanah pada Sistem Proteksi Petir.

Dari hasil perhitungan, besar tegangan induksi maksimum yang terjadi pada instalasi peralatan dalam Gedung A Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang adalah sebesar 3330 Volt. Perhitungan ini didasarkan pada indeks  $K_u$  yang diperoleh dari gambar 2.2, panjang instalasi yang sejajar dengan konduktor ke tanah ( $\ell$ ) dan laju rata-rata perubahan arus terhadap waktu maksimal  $(di/dt)_{max}$  sebesar 100 kA/ $\mu$ s.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa jarak aman instalasi peralatan dalam gedung terhadap konduktor ke tanah pada Gedung A Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang adalah sebesar 0,44 meter. Sedangkan dari data yang diperoleh bahwa jarak instalasi terhadap SPP sebenarnya adalah sebesar 0,2 meter. Sehingga pengaruh tegangan induksi maksimal akibat sambaran petir yang timbul dari SPP terhadap instalasi peralatan dalam gedung dapat terjadi dan dibutuhkan peralatan SPD untuk untuk membatasi pengaruh tegangan induksi maksimal tersebut.

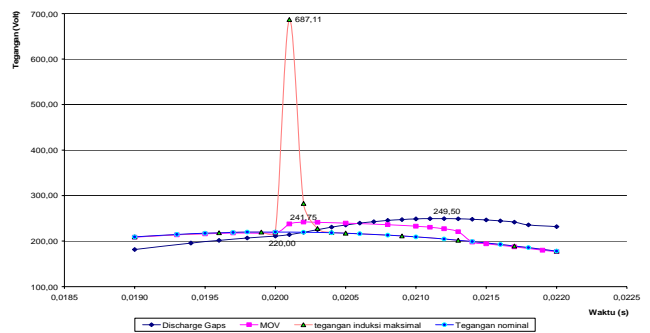
Dari tampilan grafik hasil simulasi EMTP, dapat dilihat tegangan induksi maksimal yang terjadi pada peralatan adalah sebesar 687,11 Volt pada saat  $t = 0,0201$  sekon (gambar 4.2). Namun setelah diproteksi menggunakan MOV, tegangan puncaknya dapat berkurang menjadi 241,75 Volt pada saat  $t = 0,0202$  sekon (gambar 4.3). Sedangkan bila diproteksi menggunakan *discharge gaps*, tegangan puncaknya dapat berkurang menjadi 249,50 Volt pada saat  $t = 0,0212$  sekon (gambar 4.4).

Dari kedua komponen tersebut, bila pada saat terjadi tegangan induksi maksimal diambil beberapa titik untuk dibandingkan maka akan diperoleh hasil seperti pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Perbandingan tegangan pada peralatan komputer pada saat kondisi nominal, saat terjadi efek tegangan induksi maksimal dan pada saat diproteksi menggunakan MOV dan *discharge gaps*

No	Waktu (sekon)	Teg. Kondisi nominal (Volt)	Teg. pada saat terjadi teg. induksi max (Volt)	Teg. pada saat diproteksi	
				MOV (Volt)	Discharge Gaps (Volt)
1	0,0190	209,23	209,23	208,69	181,51
2	0,0191	-	-	-	195,67
3	0,0192	-	-	-	-
4	0,0193	214,7	-	213,65	-
5	0,0194	-	-	-	-
6	0,0195	217,29	-	215,99	-
7	0,0196	-	218,27	-	201,61
8	0,0197	219,02	-	217,64	-
9	0,0198	219,89	-	-	206,75
10	0,0199	-	219,89	-	-
11	0,0200	220	-	218,94	211,07
12	0,0201	-	687,11	237,71	214,05
13	0,0202	219,57	282,80	241,75	219,14
14	0,0203	-	227,58	241,38	225,12
15	0,0204	218,27	219,42	-	230,60
16	0,0205	-	217,45	239,59	235,38
17	0,0206	216,1	-	-	239,45
18	0,0207	-	-	-	242,80
19	0,0208	213,09	-	236,10	245,45
20	0,0209	-	211,26	-	247,43
21	0,0210	209,23	-	232,78	248,74
22	0,0211	-	-	230,42	249,43
23	0,0212	204,55	-	226,98	249,50
24	0,0213	-	201,91	220,49	249,00
25	0,0214	199,06	-	197,90	247,95
26	0,0215	-	-	194,06	246,38
27	0,0216	192,79	-	-	244,32
28	0,0217	-	189,36	187,41	241,81
29	0,0218	185,75	-	-	235,56
30	0,0219	-	-	180,01	-
31	0,0220	177,98	177,98	176,82	231,88

Dari tabel 4.3 tersebut bila dibandingkan dalam bentuk grafik maka akan terlihat hasilnya seperti tampak pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan tegangan pada saat kondisi umum (tegangan nominal), terjadi induksi maksimal dan saat diproteksi menggunakan MOV dan *discharge gaps*

Kemampuan MOV untuk membatasi tegangan maksimal dari pengaruh tegangan induksi maksimal lebih baik bila dibandingkan dengan *discharge gaps* (gambar 4.6). MOV dapat membatasi tegangan puncak dari 687,11 Volt (pada saat terjadi tegangan induksi maksimal) menjadi 241,75 Volt. Sedangkan *discharge gaps* hanya mampu membatasi tegangan puncak dari 687,11 Volt (pada saat terjadi tegangan induksi maksimal) menjadi 249,50 Volt.

Tegangan puncak yang dihasilkan oleh MOV juga tidak jauh dari tegangan nominalnya (220 Volt). Sedangkan

pada *discharge gaps*, beda tegangan antara tegangan puncak dengan tegangan nominal cukup besar.

Pada MOV,

$$\text{Beda Tegangan} = \text{Tegangan Puncak} - \text{Tegangan Nominal} \\ = 241,75 \text{ Volt} - 220 \text{ Volt} = 21,75 \text{ Volt}$$

Pada *Discharge Gaps*,

$$\text{Beda Tegangan} = \text{Tegangan Puncak} - \text{Tegangan Nominal} \\ = 249,50 \text{ Volt} - 220 \text{ Volt} = 29,50 \text{ Volt}$$

Selain itu, respon MOV dalam membatasi tegangan lebih (*overvoltages*) lebih baik daripada *discharge gaps*. Hal ini terlihat pada saat  $t = 0,0201$  sekon, besar tegangan MOV yang terjadi adalah sebesar 237,71 Volt (mendekati tegangan puncak MOV) sedangkan pada *discharge gaps* pada saat  $t = 0,0201$  sekon, besar tegangan *discharge gaps* yang terjadi adalah sebesar 214,05 Volt (masih jauh terhadap tegangan puncak *discharge gaps*) di mana pada saat  $t = 0,0201$  sekon merupakan titik awal setelah tegangan surja petir disimulasikan.

#### 4.5 Analisa Gedung B Widya Puraya

Dari perhitungan kebutuhan sistem pengamanan pada gedung, dapat dilihat bahwa Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang juga memiliki potensi sangat besar mengalami gangguan akibat sambaran petir. Hal ini dapat diketahui dari tabel 4.2 yang menunjukkan bahwa nilai  $F > F_a$ , sehingga dibutuhkan suatu Sistem Proteksi Petir dengan efisiensi sebesar 0,91 dengan level proteksi Tingkat III.

Setelah terpasang Sistem Proteksi Petir, resiko efek sambaran petir pada Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang akan berkurang. Namun di sisi lain akan terjadi pula efek sambaran petir yang secara tidak langsung akan mengenai peralatan di dalam gedung melalui tegangan induksi maksimal yang timbul pada konduktor ke tanah pada Sistem Proteksi Petir.

Dari hasil perhitungan, besar tegangan induksi maksimal yang terjadi pada instalasi peralatan dalam Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang adalah sebesar 6670 Volt.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa jarak aman instalasi peralatan dalam gedung terhadap konduktor ke tanah pada Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang adalah sebesar 0,44 meter. Sedangkan dari data yang diperoleh bahwa jarak instalasi terhadap SPP sebenarnya adalah sebesar 1,5 meter. Sehingga pengaruh tegangan induksi maksimal akibat sambaran petir yang timbul dari SPP terhadap instalasi peralatan dalam gedung tidak terjadi dan tidak membutuhkan peralatan SPD.

Tabel 4.4 menunjukkan perbandingan hasil perhitungan dan analisa Gedung A dan Gedung B Widya Puraya secara keseluruhan.

Tabel 4.4 Perbandingan hasil perhitungan dan analisa Gedung A dan Gedung B Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang

Nilai	Gedung A Widya Puraya	Gedung B Widya Puraya
Tingkat Proteksi	Tingkat III	Tingkat III
Tegangan Induksi maksimal SPP eksternal	3330 Volt	6670 Volt
Jarak instalasi terhadap SPP eksternal sebenarnya	0,2 meter	1,5 meter

Jarak aman instalasi terhadap SPP eksternal	0,44 meter	0,44 meter
Pengaruh induksi maksimal dari SPP eksternal terhadap instalasi peralatan dalam gedung	Ada	Tidak ada
Kebutuhan SPD	Ya	Tidak
SPD yang dibutuhkan	<i>Varistor (MOV)</i>	-

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

#### A. Gedung A Widya Puraya :

1. Pada perhitungan kebutuhan sistem proteksi dengan standar IEC 1662, Gedung A Widya Puraya UNDIP membutuhkan Sistem Proteksi Petir (SPP) dengan level proteksi Tingkat III.
2. Gedung A Widya Puraya UNDIP memiliki potensi terjadi tegangan induksi maksimal dari SPP eksternal terhadap instalasi peralatan di dalam gedung sebesar 3330 Volt akibat terkena sambaran petir.
3. Jarak instalasi peralatan terhadap SPP eksternal pada Gedung A Widya Puraya sebesar 0,2 meter lebih kecil dari jarak amannya sebesar 0,44 meter sehingga membutuhkan peralatan pengamanan tambahan berupa *Surge Protection Device* (SPD) untuk melindungi peralatan komputer di dalam gedung dari efek tegangan induksi maksimal dari SPP eksternal akibat terkena sambaran petir.
4. Komponen SPD berupa *varistor* (MOV) dapat membatasi puncak tegangan induksi maksimal dari 687,11 Volt menjadi 241,75 Volt.
5. Komponen *Surge Protection Device* (SPD) berupa *discharge gaps* dapat membatasi puncak tegangan induksi maksimal dari 687,11 Volt menjadi 249,50 Volt.

#### B. Gedung B Widya Puraya :

1. Pada perhitungan kebutuhan sistem proteksi dengan standar IEC 1662, Gedung B Widya Puraya UNDIP membutuhkan SPP dengan level proteksi Tingkat III.
2. Gedung B Widya Puraya UNDIP memiliki potensi terjadi tegangan induksi maksimal dari SPP eksternal terhadap instalasi peralatan di dalam gedung sebesar 6670 Volt akibat terkena sambaran petir.
3. Jarak instalasi peralatan terhadap SPP eksternal pada Gedung B Widya Puraya sebesar 1,5 meter lebih besar dari jarak amannya sebesar 0,44 meter sehingga tidak membutuhkan komponen SPD untuk melindungi peralatan komputer di dalam gedung dari efek tegangan induksi maksimal dari SPP eksternal akibat terkena sambaran petir.

### 5.2 Saran

1. Pemasangan sistem proteksi harus diperhitungkan sesuai dengan tingkat level proteksi yang dibutuhkan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan faktor keamanan dari sistem tersebut.
2. Sebaiknya peralatan komputer di Gedung A Widya Puraya dipasang komponen SPD berupa *varistor* (MOV) untuk melindungi peralatan komputer tersebut dari efek tegangan induksi maksimal SPP eksternal akibat terkena sambaran petir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Arismunandar, Prof., Dr., *Teknik Tegangan Tinggi*, Jakarta : Pradnya Paramita, 1973.
- [2]. Brown, Gary, *How PC Power Supplies Work*.  
<http://www.howstuffworks.com/power-supply.html>.  
Agustus 2006.
- [3]. Carpenter, Jr., Roy B., and Dr. Yinggang Tu, *The Secondary Effects of Lightning Activity*, Colorado, USA.
- [4]. DN, Taufik, Abdul Syakur, Yuningtyastuti, *Analisa Kebutuhan Pemakaian Sistem Proteksi Penangkal Petir pada Gedung Bertingkat*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Fakultas Teknik UNDIP Semarang, 2005.
- [5]. Golde, R.H, *Lightning Volume 2*. London : Academic Press Inc. 1981.
- [6]. Hasse, P., *Overvoltages Protection of Low Voltage Systems*, Peter Peregrinus Ltd, London, 1992.
- [7]. Herawati, *Perancangan Sistem Proteksi Jaringan pada Komputer Terhadap Gangguan Tegangan Surja di Gedung Administrasi Pusat Universitas Kristen Maranatha*, Seminar Nasional dan Workshop Teknik Tegangan Tinggi IV, Batam, 2001.
- [8]. Hutauruk, T.S., Ir., M.E.E, *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*, Jakarta : Erlangga, 1991.
- [9]. IEC, *Assesment of The Risk of Damage Due to Lightning, Internasional Standard*, CEI IEC 1662 First Edition, 1995.
- [10]. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta, 1983.
- [11]. Reynaldo Zoro, Dr., Ir., *Pengaruh Impuls Elektromagnetik dari Petir pada Peralatan Berbasis Elektronik dan Mikroprosesor*, Seminar Teknik Tenaga Elektrik, 2003.
- [12]. SNI 03-7015-2004 tentang Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung.  
[http://www.google.co.id/SNI\\_03-7015-2004.pdf](http://www.google.co.id/SNI_03-7015-2004.pdf).  
Desember 2005.
- [13]. ....., *MIL-HDBK-419A Grounding, Bonding and Shielding for Electronics Equipments and Facilities*, Department of Defense, Washington D.C, USA, 1987.  
<http://www.Department of Defense Washington D C/Lightning Induction at electronic equipment.pdf> . Mei 2006.
- [14]. ....., *Lightning and Surge Protection – Basic Principles*, MTL Surge Technologies, Application Note, TAN 1002.  
[http://www.MTL\\_Surge\\_Technologies.com/TAN1002\\_\(02\).pdf](http://www.MTL_Surge_Technologies.com/TAN1002_(02).pdf). Desember 2005.
- [15]. ....., *Perlindungan Peralatan Elektronika dari Bahaya Induksi Akibat Sambaran Petir*.  
[http://www.elektro\\_indonesia.co.id/energi1.html](http://www.elektro_indonesia.co.id/energi1.html).  
Februari 2006.
- [16]. .....,  
[http://en.wikibooks.org/wiki/Computer\\_Hardware.html](http://en.wikibooks.org/wiki/Computer_Hardware.html).  
Februari 2007.



**Yopie Mafudin** (L2F001654) lahir tanggal 6 Maret 1983 di Semarang. Lulus dari SMU Negeri 3 Semarang tahun 2001, dan sampai sekarang sedang menyelesaikan studi S1 di Konsentrasi Ketenagaan Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Email : djopie\_76@yahoo.com

Menyetujui dan Mengesahkan

Pembimbing I

Ir. Juningtyastuti  
NIP. 131 285 569  
Tanggal.....

Pembimbing II

Abdul Syakur, S.T, M.T  
NIP. 132 231 132  
Tanggal.....