

Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Menggunakan Metoda *Collecting Volume* pada Gudang TNT di PT Dahana (Persero)

RENDI VERIYANDI, WALUYO, SITI SAODAH

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
2. Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung

Email : rendiveriyandi@gmail.com

ABSTRAK

Gudang TNT merupakan gudang penyimpanan bahan peledak, apabila terjadi ledakan pada gudang TNT maka perusahaan akan mengalami kerugian dan membahayakan korban jiwa. oleh karena itu dibutuhkan sistem proteksi petir eksternal untuk melindungi gudang TNT dari sambaran petir langsung. Untuk Berdasarkan hal tersebut, maka telah dirancang suatu sistem proteksi eksternal menggunakan metoda collecting volume. Dari hasil perhitungan sistem proteksi eksternal dengan sudut 0° dan arus puncak petir 50 kA didapatkan jarak sambaran r_s 92,83 m, nilai radius lindung Δ_{max} sebesar 54,53 meter, collecting volume V_{coll} 489961,21 m^3 dan sudut lindung θ_s 79,61 $^\circ$ dengan luas penampang down conductor 50 mm^2 dan nilai pentanahan 0,931 Ω .

Kata kunci: Gudang TNT, Proteksi Eksternal, Collecting Volume, Down Conductor, Pentanahan.

ABSTRACT

TNT warehouse is a warehouse or storage of explosives TNT, if there is an TNT explosion at a warehouse TNT company will suffer losses and endanger lives. therefore required external lightning protection system to protect the warehouse tnt from direct lightning strikes. Based an that reason, if has been design an external protection using collecting volume method. Based an the calculating result of external protection system with angle 0° and the peak current of 50 kA lightning strikes it was obtained the distance r_s 92.83 m, the value of protected Δ_{max} radius of 54.53 meters, collecting volume of 489961.21 m^3 and the angel protection θ_s 79.61 $^\circ$, with the cross-sectional area of 50 mm^2 down conductor and grounding value 0.931 Ω .

Keywords: TNT Warehouse, External Protection, Collecting Volume, Down Conductor, Grounding.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki hari guruh yang tinggi dengan jumlah sambaran petir yang banyak, mengingat arus puncak petir rata – rata di Indonesia sangat besar sehingga bahaya sambaran petir yang terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mengakibatkan resiko yang sangat besar serta dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan, peralatan dan instalasi listrik.

Hal demikian adanya suatu proteksi petir eksternal pada suatu bangunan, apalagi suatu bangunan gudang bahan peledak dampaknya sangat besar jika terkena sambaran petir langsung, bisa mengakibatkan meledaknya bangunan, terhentinya produksi kepada konsumen dan mengalami kerugian yang sangat besar kepada perusahaan.

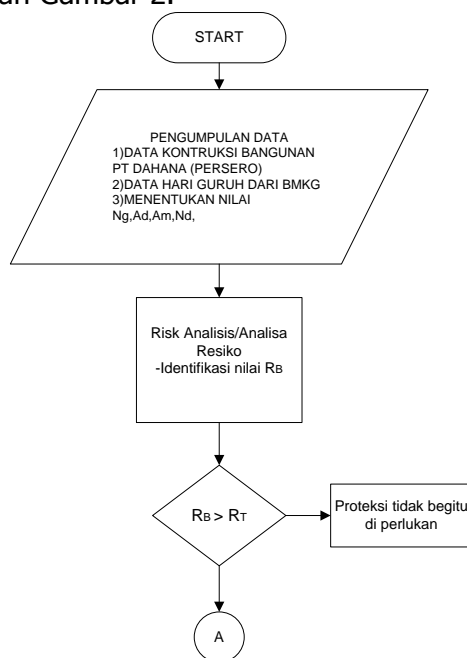
Mengingat gudang TNT adalah gudang penyimpanan bahan peledak di PT Dahana (Persero) daerah Subang Jawa-Barat yang dimana jika bangunan terkena sambaran dan efek sambaran memicu bahan peledak, maka bangunan akan mengalami ledakan, oleh karena itu meminimalisir terjadinya gangguan diperlukan adanya sistem proteksi petir eksternal pada gudang tersebut.

Penelitian memperoleh hasil perhitungan jarak sambaran, *collecting* volume, radius perlindungan, sudut perlindungan, analisis resiko, *down conductor* dan *grounding system*.

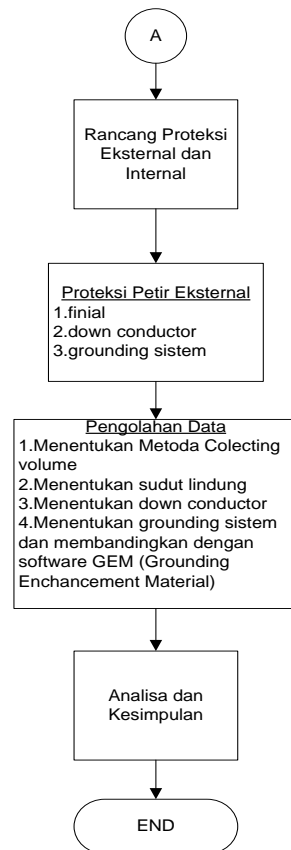
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Langkah Penelitian

Metodologi penelitian merupakan proses ataupun langkah-langkah yang bertujuan supaya penelitian dapat dilakukan secara sistematis. Penelitian dilakukan berdasarkan beberapa tahapan dari awal hingga akhir yang dinyatakan dalam diagram alir. Sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Flowchart Perancangan Proteksi Petir Eksternal



Gambar 2. Flowchart Perancangan Proteksi Petir Eksternal

2.2 Tinjauan Lapangan

Tinjauan lapangan dilakukan dengan cara melakukan peninjauan secara langsung dan melakukan wawancara dengan petugas teknisi lapangan. Lingkup pengamatan yang dilakukan adalah :

1. Pengamatan keadaan struktur dan letak gedung PT Dahana (Persero)
2. Pengamatan intensitas sambaran langsung (N_g)
3. Frekuensi sambaran langsung (N_d)

2.3 Metode *Collecting Volume*

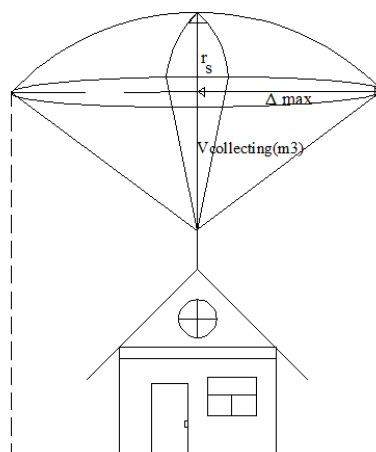
Dasar dari metode ini adalah suatu struktur atau bangunan tertentu hanya akan menangkap sambaran petir (dalam hal ini *downward leader*) yang memasuki atau berada dalam perkiraan *collection volume*-nya. Parameter untuk mendapatkan *collecting volume* yaitu jarak sambaran/ r_s (m) dan attractive radius/ Δ_{max} (m).

Jarak sambaran adalah jarak antara ujung lidah petir yang bergerak kebawah (*downward leader*) bertemu dengan penghujung yang bergerak ke atas (*connecting leader*). Jarak sambaran dihitung dengan parameter antara sudut datang petir yang berbeda-beda θ , besar arus sambaran yang berbeda dan ketinggian bangunan. Persamaan umum dari jarak sambaran:

$$r_s = (i_0, h, \theta) = 0,8[(h + 15)i_0]^{2/3} \cos\theta + 2,4i_0^{2/3} \sin\theta \quad (1)$$

Δ_{max} adalah nilai *maksimum lateral displacement*. Nilai ini digunakan sebagai *attractive radius*, yang berguna untuk mengetahui luas wilayah penangkapan dari terminal udara yang terpasang

$$\Delta_{max} = 0,47[(h + 15)i_0]^{2/3} \quad (2)$$



Gambar 3. Metode *collection volume*

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi metoda *collecting volume* V_{coll} , jarak sambaran r_s dan radius perlindungan (Δ_{max}) (Ugahari, 2009).

Hal menarik terjadi jika dilihat dari Tabel 1 ternyata besar sudut *collection volume* tidak dipengaruhi oleh ketinggian bangunan dan arus petir sehingga besarnya sudut sebesar 52° .

Tabel 1. Jarak sambaran, *maximum lateral displacement*, dan maksimum sudut *collection volume* dan arus petir yang berbeda-beda.

i_0 , kA	h, m	r_s ($\theta=0$), m	θ_{max} , °	Δ_{max} , m
31	30	90,7	52	53,5
	60	131	52	76,6
	90	165	51,5	96,3
60	30	146	52	86
	60	211	52	123
	90	263,7	52	154
100	30	208,5	52	122,7
	60	299	52	175
	90	372	52	218

Pada Tabel 1 besar *collection volume* memiliki sudut yang konstan. Konsep ini didukung oleh penelitian di lapangan yang memberikan keakuratan data sebesar 95%, seperti yang telah diuji oleh N.I Petrov dan Waters di menara televisi moskow yang memiliki ketinggian 540m (Ugahari, 2009).

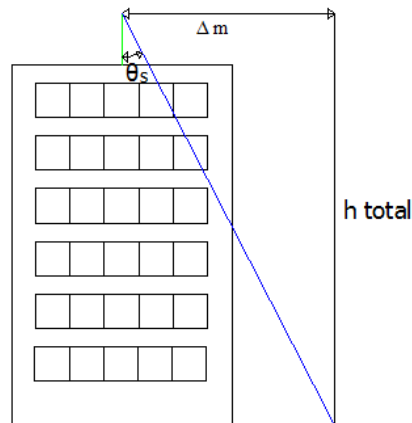
Maka selanjutnya dapat ditentukan besar volume penangkapan dari sambaran petir melalui persamaan:

$$V_{col} = \frac{2\pi}{3} (0,21 A^3 + 0,085 B^3 + 0,38 A^2 B + 0,29 AB^2) \quad (3)$$

Dengan : $A = 0,8[(h + 15)i_0]^{2/3}$

$$B = 2.4i_0^{2/3}$$

Nilai Δ_{max} juga menentukan besar sudut perlindungan dari terminal udara pada suatu ketinggian tertentu:



Gambar 4. Sudut Perlindungan

Gambar 4 menunjukkan sudut perlindungan disalah satu bangunan dengan tinggi total bangunan dan Δ_{max} (Ugahari, 2009).

besar sudut perlindungan dari terminal udara menggunakan persamaan :

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{0,47 \left[\frac{[h+15]i_0}{h}\right]^{2/3}}{h}\right) \quad (4)$$

2.4 Down Conductor

Untuk mengetahui berapa luas penampang *down conductor* yang di pasang yaitu:

$$A = i \sqrt{\frac{33t}{\log_{10}\left(\frac{T_m - T_a + 1}{234 + T_a}\right)}} \quad (5)$$

Dimana :

A = luas penampang conductor

i = arus petir rata-rata di indonesia [A]

t = waktu [detik]

T_m = Temperatur maksimum [$^{\circ}$ C]

T_a = Temperatur lingkungan [$^{\circ}$ C]

Tabel 2. Karakteristik *down conductor*

Characteristic	Bare Copper	Cooper tape	N2XSY
Impedance		230	
Inductance	1 μ	963n (0,963 μ)	0,5 μ
Cross sectional area of conductor (mm ²)	50	25 x 3 (75)	50
di/dt (kA/ μ s)		30	

Tabel 2 menunjukkan karakteristik *down conductor* dengan berbagai macam material (Pryoga, 2010).

Dan untuk mengetahui berapa tegangan jatuh pada *down conductor* U_L yaitu:

$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt} \cdot I \quad (6)$$

Dengan:

L = Induktansi Konduktor

l = Panjang conductor

$\frac{di}{dt}$ = Kecuraman arus petir di Indonesia ($kA/\mu s$)

2.5 Grounding System/Sistem Pentanahan

Menentukan besarnya tahanan pentanahan elektroda batang *vertical* dipergunakan rumus sebagai berikut :

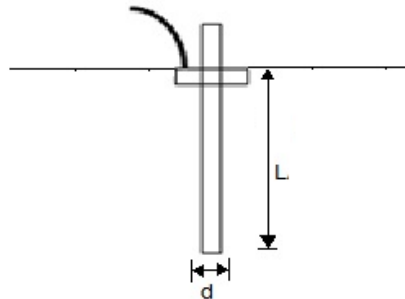
$$R_{bt} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{8L}{d} - 1 \right) \quad (7)$$

dengan : R_{bt} = tahanan pentanahan elektroda batang [Ω]

ρ = tahanan jenis tanah [$\Omega.m$]

L = panjang batang yang tertanam [m]

d = diameter elektroda batang [m]



Gambar 5. Elektroda Batang Tunggal

Gambar 5 menunjukkan elektroda batang dengan diameter dan panjang elektroda (**Pryoga, 2010; IEC 62305–3, 2006, Eritech, 2006**).

Untuk menentukan kombinasi elektroda batang secara paralel yaitu:

$$R_n = R \left(\frac{1 + \lambda a}{n} \right) \text{ dengan } a = \frac{\rho}{2\pi R_s} \quad (8)$$

R_n = kombinasi tahanan [Ω]

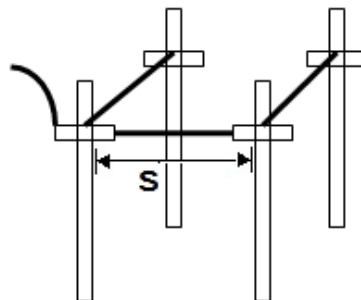
R_{bt} = Nilai tahanan satu batang [Ω]

s = jarak antara batang [m]

ρ = tahanan jenis tanah [$\Omega.m$]

λ = faktor elektroda

n = Jumlah elektroda



Gambar 6. Elektroda Batang Kombinasi

Gambar 6 menunjukkan kombinasi elektroda batang secara paralel dengan jarak yang berbeda (Pryoga, 2010; IEC 62305–3, 2006, Eritech, 2006).

3. DATA, PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

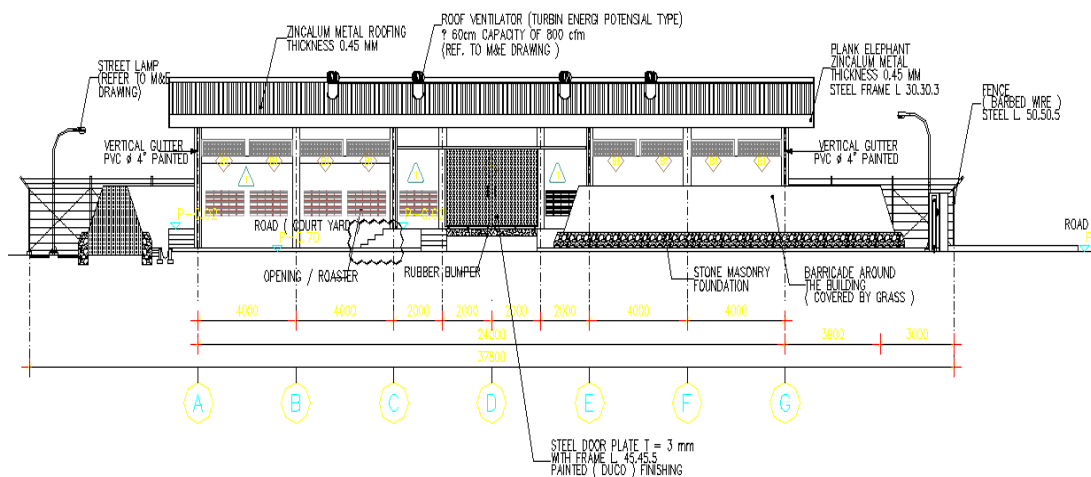
3.1 Data Kontruksi

Data struktur/gudang TNT PT. Dahana (Persero) sebagai berikut :

Tabel 3. Data Struktur/ Gudang TNT PT.Dahana (Persero)

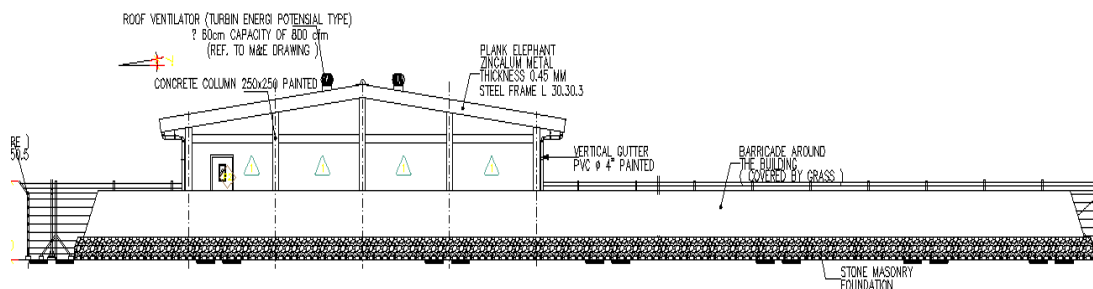
Panjang / L (m)	Lebar / W (m)	Tinggi / H (m)
27	20	6

Tabel 3 menunjukkan data struktur bangunan pada PT. Dahana (Persero) Subang.



Gambar 5. Tampak Depan Gudang TNT

Gambar 5 menunjukkan tampak depan Gudang TNT PT. Dahana (Persero) Subang.



Gambar 6. Tampak Samping Gudang TNT

Gambar 6 menunjukkan tampak Samping Gudang TNT PT. Dahana (Persero) Subang.

Intensitas sambaran langsung petir ke tanah (N_g)

$$N_g = 0,04 T_d^{1,25} \text{ per km}^2 \text{ per tahun}$$

dengan:

T_d = jumlah hari guruh pertahun yang di peroleh dari stasiun BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika)

Tabel 4. Jumlah Hari Guruh di Bandung (sumber stasiun BMKG Bandung)

BULAN	TAHUN	
	2013	2014
JANUARI	11	125
FEBRUARI	23	23
MARET	31	101
APRIL	28	69
MEI	27	46
JUNI	17	34
JULI	4	40
AGUSTUS	2	20
SEPTEMBER	1	0
OKTOBER	7	0
NOPEMBER	16	0
DESEMBER	32	0
TOTAL	199	458

Tabel 4 menunjukkan data hari guruh 2013 dan 2014 di Bandung dengan sumber stasiun BMKG Bandung.

3.2 Data Analisis Resiko

Tabel 5. Data struktur dan data analisis resiko

Parameter	Simbol	Nilai
Dimensi (m)	(L, W, H)	(27, 20, 6)
Jml hari guruh	T_d	458
Faktor lokasi	C_d	1
Mengurangi kerusakan fisik	P_d	1
Probability resiko kebakaran	P_f	1
faktor pengurang konsekuensi dari api/kebakaran	r	0,8
Jenis bahaya khusus	h	20
Probability kerusakan akibat api atau ledakan (untuk sambaran langsung)	δf	0,05

Tabel 5 menunjukkan data dimensi struktur/bangunan Gudang TNT, Jumlah hari guruh yang dipakai dan faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan analisis resiko (**IEC 62305-1,2,3; 2006**).

Tabel 6. Nilai resiko yang umum di toleransi R_T

Jenis kerugian	R_T (γ^{-1})
Hilangnya nyawa manusia atau cedera	10^{-5}
Hilangnya layanan kepada publik	10^{-3}
Hilangnya warisan budaya	10^{-3}

Tabel 6 menunjukkan nilai resiko yang ditolerir dengan perhitungan analisis resiko sesuai standar IEC 62305 – 2 (IEC 62305-2, 2006).

3.3 Perhitungan Proteksi Eksternal

3.3.1 Pengolahan Data Metoda Collecting Volume

Pada pengolahan data digunakan beberapa parameter, berikut parameter-parameter yang digunakan :

- Sudut Datang petir : sudut datang petir terhadap finial berkisar antara $0^\circ - 60^\circ$ hal ini didasarkan bahwa besar sudut volume penangkapan maksimum terminal udara pada dasar teori adalah sebesar 52° .
- Besar Arus petir : Menurut JADPEN tahun 1995, arus puncak petir pada daerah Subang Jawa-Barat terdistribusi normal dengan maksimum sambaran berkisar antara 18 kA-50 kA untuk sambaran jenis negatif dengan rata rata arus puncak petir sebesar 41 kA dan untuk kecuraman arus (di/dt) sebesar 30 kA/ μ s.
- tinggi finial yang digunakan sebesar 4 m dengan menggunakan standar erico system 3000.

Tabel 7. Data Konstruksi Gudang TNT di PT Dahana (Persero) dan Finial

Karakteristik	Ukuran
Tinggi bangunan / H	6 m
Panjang bangunan / L	27 m
Lebar bangunan / W	20 m
Tinggi finial	4 m

Tabel 7 menunjukkan data kontruksi Gudang TNT PT.Dahana (Persero) beserta finial yang dipasang (Eritech, 2006).

3.3.2 Perhitungan Jarak Sambaran (r_s)

$$r_s = (i_0, h, \theta) = 0,8[(h + 15)i_0]^{2/3} \cos\theta + 2,4i_0^{2/3} \sin\theta$$

Tabel 8. Perhitungan jarak sambaran r_s dengan $\theta = 0^\circ - 60^\circ$ dan $i_0 = 18 - 50$ kA

h (m)	i_0 (kA)	θ	r_s (m)	h (m)	i_0 (kA)	θ	r_s (m)
10	18	0	52.98	10	18	10	54.13
10	25	0	63.48	10	25	10	66.16
10	35	0	73.19	10	35	10	76.53
10	40	0	80.00	10	40	10	83.66
10	50	0	92.83	10	50	10	97.08

(a) Sudut 0°

(b) Sudut 10°

h (m)	i_0 (kA)	θ	r_s (m)	h (m)	i_0 (kA)	θ	r_s (m)
10	18	20	54.78	10	18	30	52.93
10	25	20	66.97	10	25	30	65.91
10	35	20	77.56	10	35	30	76.22
10	40	20	84.78	10	40	30	83.32
10	50	20	98.37	10	50	30	96.68

(c) Sudut 20°

(d) Sudut 30°

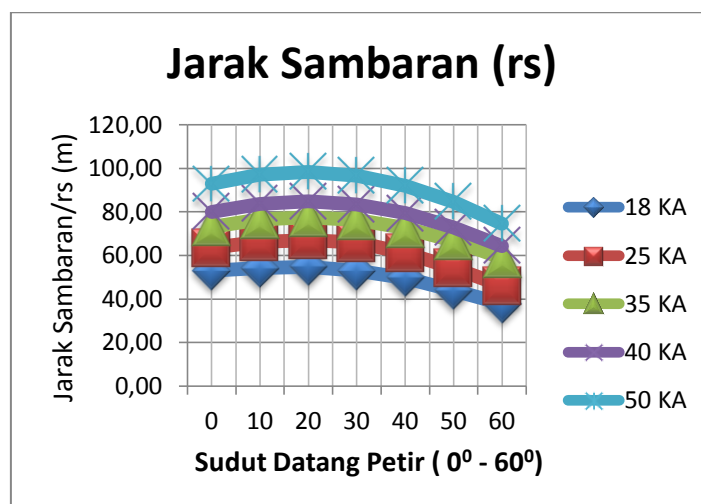
h (m)	Io(kA)	θ	rs (m)	h (m)	Io(kA)	θ	rs (m)
10	18	40	49.58	10	18	50	43.82
10	25	40	60.99	10	25	50	54.31
10	35	40	72.57	10	35	50	66.71
10	40	40	79.33	10	40	50	72.93
10	50	40	92.05	10	50	50	84.62

(e) Sudut 40°

(f) Sudut 50°

h (m)	Io(kA)	θ	rs (m)
10	18	60	37.76
10	25	60	46.01
10	35	60	58.83
10	40	60	64.31
10	50	60	74.62

(g) Sudut 60°



Gambar 7. Jarak Sambaran untuk Arus Puncak 18 kA-50kA dan Sudut datang petir 0° – 60°

Dari Gambar 7 terlihat bahwa rentangan jarak terjauh dari kemungkinan sambaran petir berkisar antara sudut 0° hingga 30° dari garis normal titik tertinggi bangunan. Dan kemudian besar jarak sambaran akan menurun seiring dengan pertambahan sudut datang petir (sesuai dengan metode *collection volume*, sudut datang maksimum petir adalah 52°).

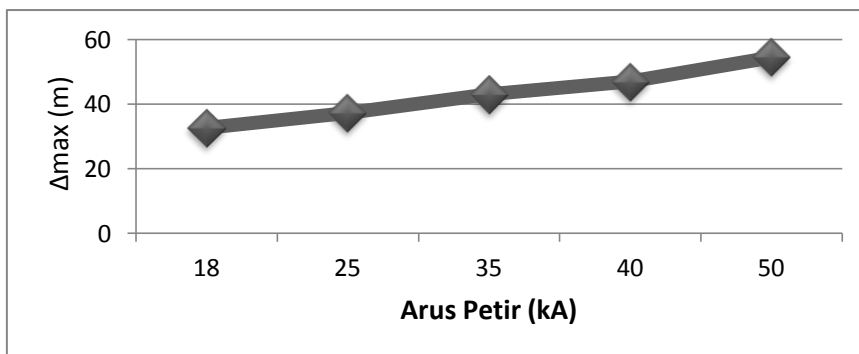
3.3.3 Perhitungan *maximum lateral displacement / attractive radius* (Δ_{max})

$$\Delta_{max} = 0,59 r_s = 0,47[(h + 15)i_0]^{2/3}$$

Tabel 9. Perhitungan *attractive radius* dengan $\theta = 0^\circ$, dengan $i_0 = 18 - 50 \text{ kA}$

h (m)	Io (kA)	Δ_{max} (m)
10	18	32,60
10	25	37,34
10	35	42,99
10	40	47,00
10	50	54,54

Gambar 9 menunjukkan hasil dari perhitungan *attractive radius* dengan $\theta = 0^\circ$, dengan $i_0 = 18 - 50 \text{ kA}$.



Gambar 8. Grafik Radius Perlindungan/Δmax (m)

Dari Gambar 8 terlihat bahwa semakin besar arus petir maka akan semakin meningkat juga nilai *attractive radius* nya. Besar *attractive radius* akan bertambah besar sesuai dengan pertambahan besar jarak sambaran pada sudut 0° .

3.3.4 Perhitungan collecting volume di Gudang TNT PT Dahana (Persero)

$$V_{col} = \frac{2\pi}{3} (0,21 A^3 + 0,085 B^3 + 0,38 A^2 B + 0,29 AB^2)$$

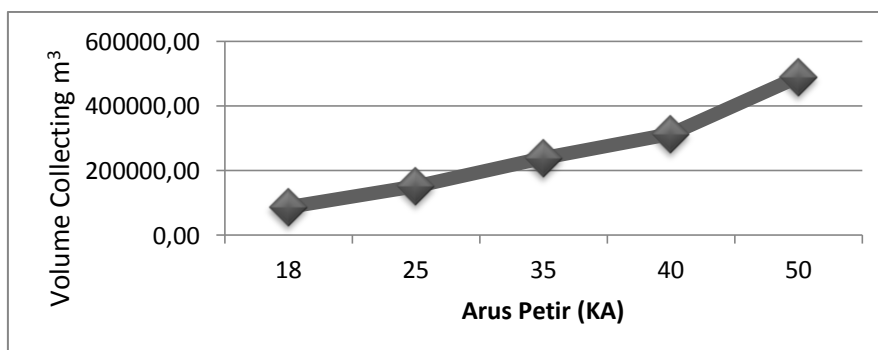
Dimana; $A = 0,8[(h + 15)i_0]^{2/3}$

$B = 2,4i_0^{2/3}$

Tabel 10. Perhitungan Volume Penangkapan Sambaran Petir Dengan $\theta = 0^\circ$ dan $i_0 = 18 - 50 \text{ kA}$

h (m)	I ₀ (kA)	A	B	V _{coll} (m ³)
10	18	52,98	16,48	87530,49
10	25	63,48	20,51	152395,52
10	35	73,19	25,67	240080,99
10	40	80,00	28,07	313575,17
10	50	92,83	32,57	489961,21

Tabel 10 menunjukkan hasil dari perhitungan volume penangkapan sambaran petir dengan $\theta = 0^\circ$, dengan $i_0 = 18 - 50 \text{ kA}$.



Gambar 9. Grafik Collection Volume (m3)

Pada Gambar 9 besar volume bergantung pada besar arus petir, jarak sambaran dan ketinggian bangunan. Semakin tinggi arus petir, maka *collection volume* akan semakin besar.

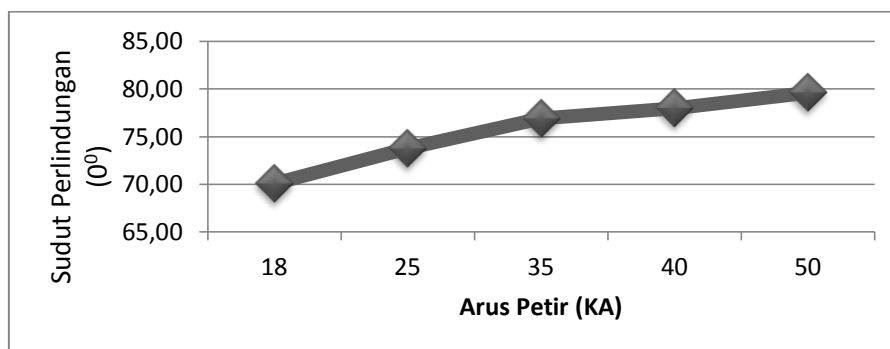
3.3.5 Perhitungan Sudut Perlindungan Gudang TNT PT Dahana (Persero)

$$\theta_s = \arctan \left\{ \frac{0,47 \left[[h + 15] i_0 \right]^{2/3}}{h} \right\}$$

Tabel 11. Perhitungan Nilai Sudut Lindung Dari Finial Dengan $\theta = 0^\circ$, $i_0 = 18 - 50 \text{ kA}$

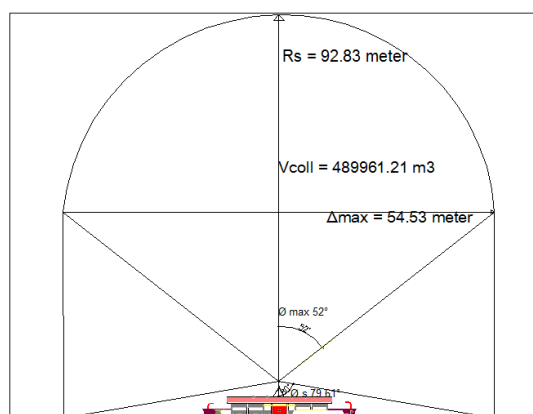
Sudut(θ)	h (m)	I _o (kA)	θ_s
0°	10	18	70,08
	10	25	73,77
	10	35	76,91
	10	40	77,99
	10	50	79,61

Tabel 11 menunjukkan hasil dari sudut lindungbangunan terhadap bahaya sambaran petir dengan $\theta = 0^\circ$, dengan $i_0 = 18 - 50 \text{ kA}$.



Gambar 10. Grafik Sudut Perlindungan θ_s (θ°)

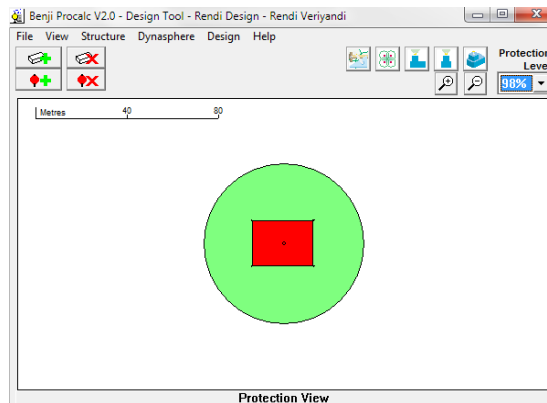
Dari Gambar 10 terlihat bahwa semakin besar arus petir maka semakin besar sudut perlindungannya. Sehingga manusia atau objek yang berada di dalam wilayah sudut perlindungan, tidak akan tersambar petir.



Gambar 11. Hasil gambar Metoda *Collecting Volume*

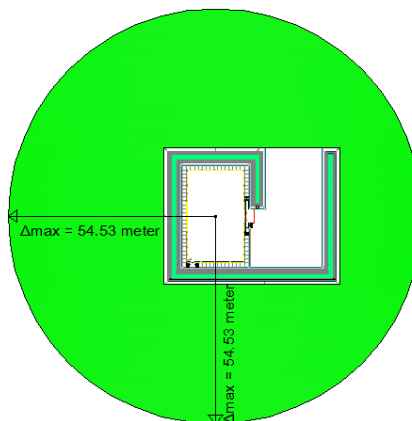
Pada Gambar 11 bangunan terlindungi oleh besar collecting volumenya dengan menggunakan arus puncak petir 50 kA dan sudut jarak sambaran 0° .

3.3.6 Perbandingan Gambar Attractive Area Menggunakan Software Benji Procalc V2.0 Dengan Perhitungan Manual



Gambar 12. Attractive area menggunakan Benji Procalc V2.0

Terlihat bahwa hasil Gambar 12 software Benji Procalc yang ditampilkan dengan protection level 98% terdapat perbedaan dengan hasil perhitungan manual pada Gambar 13. didapat 40 meter radius perlindungan simulasi software benji dan 54,53 meter perhitungan manual sehingga didapat perbedaan hasil 14,53 meter (**Eritech, 2006**).



Gambar 13. Attractive area perhitungan manual

Pada Gambar 12 hasil dari perbandingan software benji *procalc* dan Gambar 13 perhitungan manual dikarenakan terdapat perbedaan dari jarak sambaran antara finial dan udara di dalam rumus / persamaan. Jarak sambaran benji procalc didapat dari jarak samping dekat bangunan, sedangkan jarak sambaran dari perhitungan manual menggunakan metoda collecting volume di dapat dari atas bangunan yang dimana sudah di jelaskan pada bab 3, bahwa jarak sambaran merupakan jarak antara ujung lidah petir yang bergerak kebawah (*downward leader*) bertemu dengan penghubung yang bergerak ke atas (*connecting leader*). akan tetapi struktur/bangunan yang sudah di simulasikan oleh software benji masih terlindungi oleh daerah lindung sambaran petir dan perlu dilakukan perhitungan dengan sudut datang petir yang sama.

3.3.7 Perhitungan Luas Penampang *Down Conductor*

$$\begin{aligned}
 A &= I \sqrt{\frac{33t}{\log_{10}\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}} \\
 &= 41 \times 10^3 \sqrt{\frac{33 \times 0,1}{\log_{10}\left(\frac{1083 - 30}{234 + 30} + 1\right)}} \\
 &= 41 \times 10^3 \times 2,174
 \end{aligned}$$

= 89134

1 circular mill = 0,000506 mm²

Jadi,

A = 89134 × 0,000506 = 45,10mm² = 50 mm²

Tabel 12. Perbandingan U_L tegangan jatuh pada beberapa down conductor

No.	Jenis Down Conductor	L (μH)	di/dt (kA/μs)	l (m)	U _L (kV)
1.	BC 50 mm ²	1 μH	30	23,2	696
2.	Cooper tape 25x3	0,963 μH	30	23,2	670
3.	N2XSY	0,5 μH	30	23,2	348

Pada Tabel 12 terdapat hasil perbandingan tegangan jatuh dengan berbagai jenis material *down conductor*.

3.3.8 Perhitungan Tahanan Pentanahan

$$R = \frac{9,24\Omega m}{2\pi 3m} \left(\ln \frac{8,3m}{16mm} - 1 \right)$$

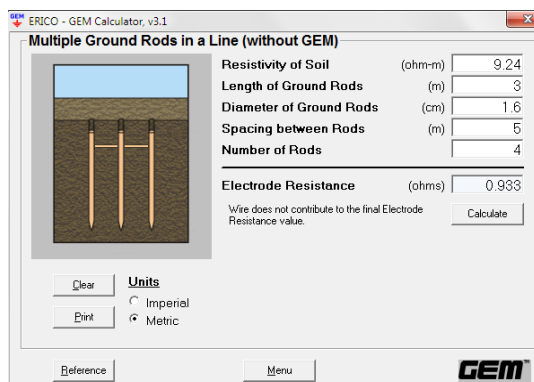
$$= 3,095 \Omega$$

Untuk menentukan kombinasi elektroda batang secara paralel yaitu:

$$R_n = 3,095\Omega \left(\frac{1 + 2,15 \cdot 0,095}{4} \right) \text{ dengan } a = \frac{9,24\Omega m}{2\pi \cdot 3,095\Omega \cdot 5m} = 0,095$$

$$= \mathbf{0,931\Omega}$$

Perbandingan dengan software *GEM (Grounding Enhancement Material)*



Gambar 14. Simulasi software *GEM (Grounding Enhancement Material)*

Pada Gambar 14 ditampilkan hasil dari simulasi software *GEM (Grounding Enhancement Material)* (Eritech, 2006).

4. KESIMPULAN DAN ANALISIS

1. Dari hasil perhitungan analisis resiko yang terjadi di gudang TNT PT Dahana (Persero) dengan menggunakan perhitungan standard *IEC 62305-2* bahwa resiko yang di timbulkan lebih besar dari resiko yang di tolerir dengan nilai $R_B = 0,104$, ($R_B > R_T$) Maka di gudang TNT PT Dahana (Persero) perlu di lakukan pemasangan proteksi eksternal.
2. Dengan adanya system proteksi petir eksternal pada Gudang TNT PT Dahana Persero, maka ketika terjadi sambaran petir langsung ke bangunan atau struktur tersebut dapat terlindungi dengan baik, dengan radius perlindungan 54,53 meter dan besar volume penangkapan 489961,21 m³.

3. Dari hasil perhitungan di peroleh tahanan tanah sebesar $0,931 \Omega$ dengan memasang 4 elektroda batang dihubungkan secara parallel, jarak antara elektroda ke elektroda lainnya 5 meter dengan panjang rod 3 meter. menurut (Pasal 54, ayat 1 Per.-2/Men/1989) sudah memenuhi syarat pembumian dikarenakan nilai pentanahan kurang dari 1Ω .
4. Dari nilai yang didapat perhitungan manual yaitu $0,931 \Omega$ setelah di pasang 4 elektroda dan menggunakan simulasi software *GEM* bernilai $0,933 \Omega$. Sehingga nilai yang di dapat perhitungan manual mendekati dengan simulasi software *GEM*.

DAFTAR RUJUKAN

IEC 62305 – 1. (2006). Protection against lightning – part 1: General principles.

IEC 62305 – 2. (2006). Protection against lightning – part 2-2: Risk management: Assessment of risk for structures.

IEC 62305 – 3. (2006). Protection against lightning – part 3 : Physical damage to structures and life hazard

Yudi Ugahari. (2009). *Analisis Proteksi Sambaran Petir Eksternal Menggunakan Metode Collecting Volume Studi Kasus Gedung Fakultas Teknik universitas Indonesia.* Juli.

Agus Pryoga. (2010). *Perancangan Sistem Proteksi Eksternal Pada Kawasan Ship Unloader.*

Eritech. (2006). System 2000, System 3000.