

Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Riau

Hotdin Peterson A*, Fri Murdiya**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: hotdinpeterston@ymail.com

ABSTRACT

The new building of Engineering Faculty at Riau University is one of the development planning that was by Riau University. It needs external lightning protection system to protect the building from direct lightning strike. For the protection, it has been designed an external protection system using the method of collecting volume. From the result of the calculation of external protection system with the angle of 0° and the peak current of lightning 60 kA, it was found out that the distance of the strike was $r_s 123,58 \text{ m}$, the value of radius lighting protection was Δ_{max} was 72,6 m, the value of collecting volume was $V_{coll} 1059990,46 \text{ m}^3$, and the value of lighting protection zones was $\theta_s 76,82^\circ$.

Keywords : lightning protection system, collection volume method

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, seperti pada gedung baru fakultas teknik universitas riau, dampaknya sangatlah besar jika terkena sambaran petir langsung, bisa mengakibatkan kerusakan pada sistem bangunan itu sendiri juga berakibat fatal bagi makhluk hidup disekitar bangunan, oleh karena itu untuk meminimalisir terjadinya gangguan diperlukan adanya sistem proteksi petir eksternal pada gedung baru fakultas teknik universitas riau.

Penelitian memperoleh hasil perhitungan jarak sambaran, *collecting volume*, radius perlindungan, dan sudut perlindungan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Petir

Petir adalah sebuah cahaya yang dihasilkan oleh tenaga listrik alam yang terjadi diantara awan-awan atau awan ke tanah. Sering terjadi bila cuaca mendung atau badai. Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik yang terjadi di atmosfer. Peristiwa pelepasan muatan ini terjadi karena terbentuknya konsentrasi muatan-muatan positif dan negatif di dalam awan ataupun perbedaan muatan dengan permukaan bumi.

Ketinggian antara permukaan atas dan permukaan bumi pada awan dapat mencapai jarak sekitar 8 km dengan temperatur bagian bawah sekitar 13°C dan temperatur bagian atas sekitar -65°C . Akibatnya, didalam awan tersebut akan terjadi kristal-kristal es tersebut akan saling bertumbukan dan bergesekan sehingga terpisahkan antara muatan positif dan muatan negatif. Pemisahan muatan inilah yang menjadi penyebab utama terjadinya sambaran petir. Pelepasan muatan listrik dapat terjadi

didalam awan, antara awan dengan awan dan antara awan dengan bumi tergantung dari kemampuan udara dalam menahan beda potensial yang terjadi.

Panjang kanal petir bisa mencapai bebrapa kilometer,dengan rata-rata 5 km. Kecepatan pelopor menurun dari awan bisa mencapai 3% dari kecepatan cahaya. Sedangkan kecepatan pelepasan muatan balik mencapai 10% dari kecepatan cahaya. Dimana kecepatan cahaya (c) adalah $3 \times 10^8 \text{ km/s}$

2.2 Taksiran resiko

Cara menentukan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir, diantaranya:

2.2.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir

Berdasarkan PUIPP besarnya kebutuhan proteksi terhadap sambaran petir ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai:

$$R=A+B+C+D+E \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

- R = Perkiraan Bahaya Petir
- A = Penggunaan dan Isi Bangunan
- B = Konstruksi Bangunan
- C = Tinggi Bangunan
- D = Situasi Bangunan
- E = Pengaruh Kilat

2.2.2 Berdasarkan International Electrotechnical Commission (IEC) 1024-1-1

Daerah yang diproteksi adalah daerah disekitar struktur sejauh 3h dimana h adalah tinggi struktur yang diproteksi. Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_c dilakukan sebagai berikut (SNI, 2006):

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

$$E \geq 1 \frac{N_c}{N_d} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan tingkat proteksi sesuai tabel 2.1, yaitu: Tabel 2.1 Effisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Effisiensi SPP
I	0.98
II	0.95

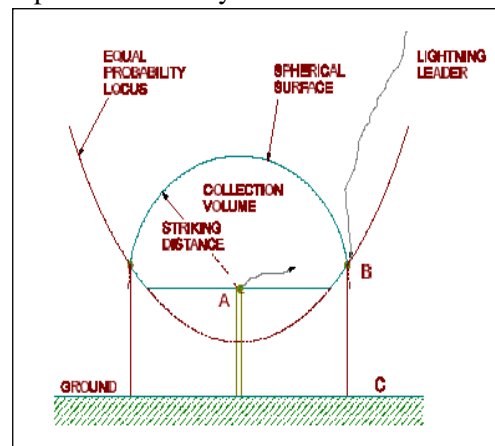
III	0.90
IV	0.80

2.3 Sistem Terminasi Udara

Jarak inisiasi merupakan jarak awalan dari sambaran petir atau jarak dari titik sambaran suatu penangkap petir ke pergerakan *downward* pada *stepped leader*. Besarnya kemungkinan suatu bangunan tersambar petir dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam merencanakan sistim pengaman bangunan terhadap petir.

2.3.1 Metode Collection Volume

Pada saat ini muncul suatu metode yang memiliki pendekatan fisika dibandingkan dasar *electrogeometric model* (EGM) dengan menggunakan fakta bahwa jarak sambaran (*striking distance*), r_s , bergantung pada kedua puncak arus sambaran petir (*downleader charge*) dan tingkat peningkatan medan listrik. Jarak sambaran adalah jarak antara ujung lidah petir yang bergerak kebawah (*downward leader*) bertemu dengan penghubung yang bergerak ke atas (*connecting leader*). Dan dasar dari metoda ini adalah suatu bangunan tertentu hanya akan menangkap sambaran petir (dalam hal ini *downward leader*) yang memasuki atau berada dalam perkiraan collection volume-nya. Munculnya metode ini secara teknis terdengar kompleks, namun cenderung mudah untuk diimplementasikannya.

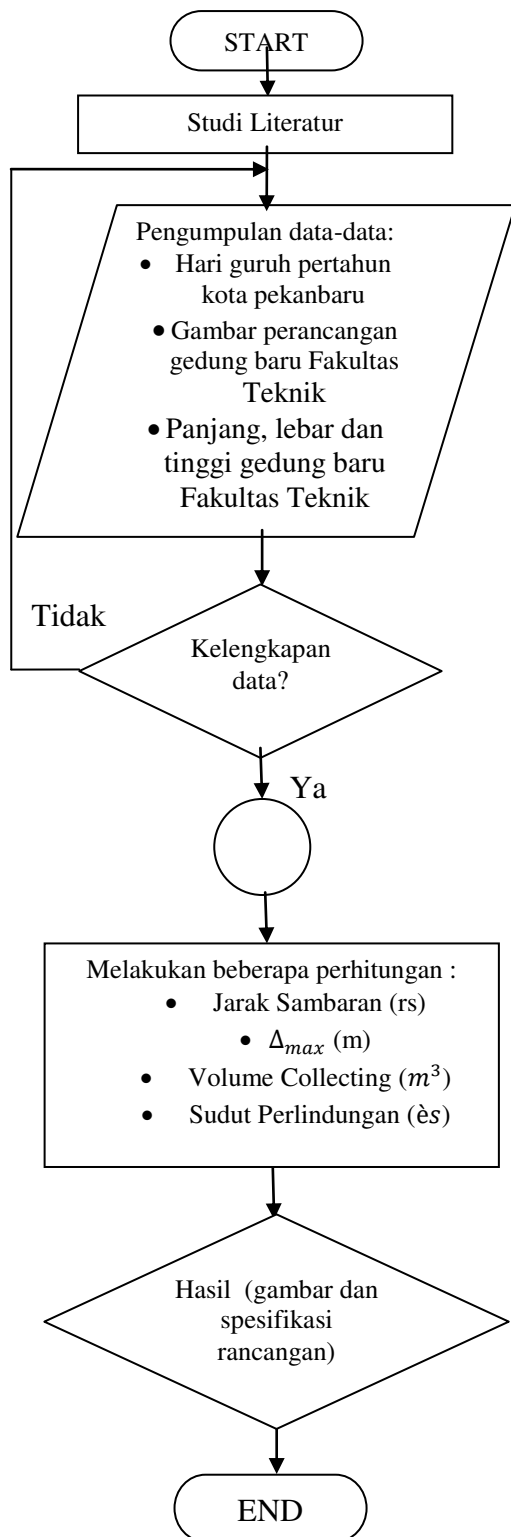


Gambar 1 Metode Collection Volume

3. Metode Penelitian

3.1 Langkah Penelitian

Berikut ini adalah gambaran skema penelitian yang akan dilakukan untuk mengkaji sistem proteksi petir eksternal pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau.



Gambar 2. Flowchart Sistem Proteksi Petir Eksternal

3.2 Metode Collection Volume

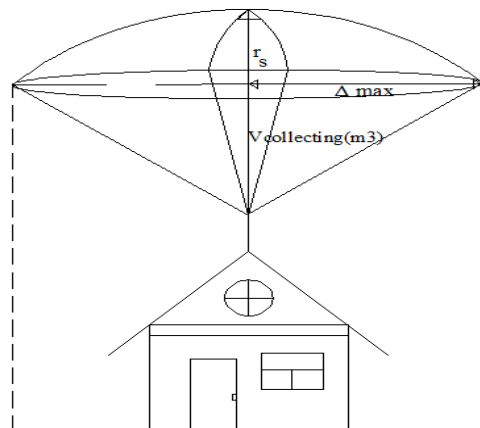
Dasar dari metode ini adalah suatu struktur atau bangunan tertentu hanya akan menangkap sambaran petir (dalam hal ini *downward leader*) yang memasuki atau berada dalam perkiraan collection volume nya. Parameter untuk mendapatkan collecting volume yaitu jarak sambaran/ r_s (m) dan

attractive radius/ Δ_{max} (m). Jarak sambaran adalah jarak antara ujung lidah petir yang bergerak kebawah (*downward leader*) bertemu dengan penghubung yang bergerak ke atas (*connecting leader*). Jarak sambaran dihitung dengan parameter antara sudut datang petir yang berbeda-beda, besar arus sambaran yang berbeda dan ketinggian bangunan. Persamaan umum dari jarak sambaran:

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

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

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



Gambar 3. Metode Collection Volume

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi metoda *collection volume* V_{coll} , jarak sambaran r_s dan radius perlindungan (Δ_{max}). 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 3.1 Jarak sambaran *maximum lateral displacement*, dan maximum sudut collection volume dan arus petir yang berbeda beda.

i_0, kA	h,m	$r_s(\theta = 0), m$	θ_{max}°	Δ_{max}
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

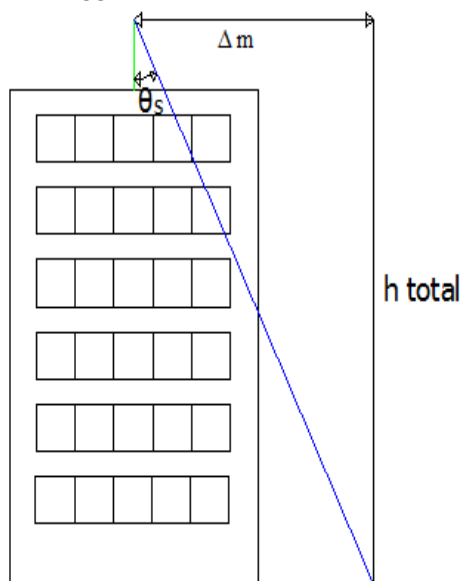
Pada Tabel 3.1 besar *collection volume* memiliki sudut yang konstan. Konsep ini didukung oleh penelitian di lapangan yang memberikan keakuratan data sebesar 95%, seperti yang telah diuji oleh N.I Petrov dan Waters di menara televisi moskow yang memiliki ketinggian 540m. Maka selanjutnya dapat ditentukan besar volume penangkapan dari sambaran petir melalui persamaan:

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

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

$B = 2.4i_0^{\frac{2}{3}}$

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



Gambar 4. Sudut Perlindungan Gedung

Gambar 4 menunjukkan sudut perlindungan disalah satu bangunan dengan tinggi total bangunan dan Δ_{max} . Besar sudut perlindungan dari terminal udara menggunakan persamaan :

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

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Gedung

Data bangunan Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Riau sebagai berikut :

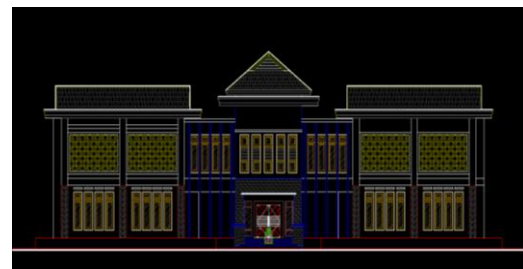
Tabel Data bangunan Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Riau

Tabel 4.1 Data Bangunan Tipe 1.

Panjang g / L (m)	Lebar r / W (m)	Tinggi i / H (m)	Tinggi i Finial
40	16	13	4

Tabel 4.2 Data Bangunan Tipe 2.

Panjang g / L (m)	Lebar r / W (m)	Tinggi i / H (m)	Tinggi i Finial
40	16	11	4



Gambar 5. Menunjukkan bagian tampak depan gedung



Gambar 6. Menunjukkan bagian tampak belakang gedung

Tabel 4.3 Data BMKG Riau 2015 (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika)

Besaran / Parameter	Nilai
Data IKL (hari guruh rata-rata pertahun)(hari)(fg)	166
Curah hujan rata-rata pertahun (mm/th)	2048,3
Tinggi awan terendah (m) (Ha)	304,8

Tinggi diatas permukaan laut (m)	27
----------------------------------	----

4.2 Pengolahan Data

Pada Pengolahan data, penulis menggunakan beberapa parameter,berikut parameter-parameter yang digunakan:

1. Sudut datang petir : sudut datang petir terhadap finial berkisar antara 0°-60° hal ini didasarkan bahwa besar sudut volume penangkapan maksimum terminal udara pada dasar teori adalah sebesar 52°.
2. Tinggi finial yang digunakan sebesar 4 m
3. Besar arus petir : Menurut data petir yang diambil dari sistem deteksi petir di Sumatera menggunakan sensor LPATS (*Lightning Position and Tracking System*) yang dipasang di Dumai, Padang, Pangkal Pinang, Bengkulu dan Pulau Pabelokan. LPATS ini mengumpulkan data petir lokal selama penelitian yang dilakukan oleh Zoro, dkk. Karakteristik petir daerah tropis di kitaran garis khatulistiwa di wilayah Riau (2001-2002). Besar arus petir berkisar 20 kA-60 kA dan untuk kecuraman arus (di/dt) sebesar 575 kA/μs.(Zoro,dkk,2002).

4.2.1 Perhitungan Jarak Sambaran (r_s)

$$r_s = (i_0, h, \theta) = 0,8[(h + 15)i_0]_{\frac{2}{3}} \cos\theta + 2.4i_0^{2/3} \sin\theta$$

Tabel 4.4 – 4.10 Perhitungan jarak sambaran r_s dengan $\theta = 0^\circ - 60^\circ$ dan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$

Tip 1.

Sudut 0°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
17	20	0	59,40
17	30	0	77,85
17	40	0	94,31
17	50	0	109,43
17	60	0	123,58

Sudut 10°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
-------	------------	----------	--------

17	20	10	61,56
17	30	10	80,68
17	40	10	97,744
17	50	10	113,41
17	60	10	128,08

Sudut 20°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
17	20	20	61,85
17	30	20	81,07
17	40	20	98,22
17	50	20	113,96
17	60	20	128,69

Sudut 30°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
17	20	30	60,28
17	30	30	79,005
17	40	30	95,70
17	50	30	111,04
17	60	30	125,41

Sudut 40°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
17	20	40	56,86
17	30	40	74,52
17	40	40	90,28
17	50	40	104,75
17	60	40	118,30

Sudut 50°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
-------	------------	----------	--------

17	20	50	51,72
17	30	50	67,78
17	40	50	82,18
17	50	50	95,29
17	60	50	107,6

Sudut 60°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
17	20	60	45,01
17	30	60	58,98
17	40	60	71,45
17	50	60	82,91
17	60	60	93,64

Tabel 4.11 – 4.17 Perhitungan jarak sambaran r_s dengan $\theta = 0^\circ - 60^\circ$ dan $i_0 = 20 - 60$ kA

Tipe 2

Sudut 0°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
15	20	0	56,91
15	30	0	74,57
15	40	0	90,33
15	50	0	104,82
15	60	0	118,37

Sudut 10°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
15	20	10	59,1
15	30	10	78,45
15	40	10	93,82
15	50	10	108,87
15	60	10	122,95

Sudut 20°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
15	20	20	59,51
15	30	20	78,49
15	40	20	94,48
15	50	20	109,62
15	60	20	123,8

Sudut 30°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
15	20	30	58,12
15	30	30	76,15
15	40	30	92,25
15	50	30	107,05
15	60	30	120,901

Sudut 40°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
15	20	40	54,95
15	30	40	72,01
15	40	40	87,23
15	50	40	101,22
15	60	40	114,31

Sudut 50°

h (m)	I_0 (kA)	θ	Rs (m)
15	20	50	50,12
15	30	50	65,67
15	40	50	79,56
15	50	50	92,32
15	60	50	104,25

Sudut 60°

h (m)	I_0 (kA)	ϵ	R_s (m)
15	20	60	43,76
15	30	60	57,35
15	40	60	69,47
15	50	60	80,61
15	60	60	91,03

sudut datang petir (sesuai dengan metode *collection volume*, sudut datang maksimum petir adalah 52°)

4.2.2 Perhitungan *Maximum Lateral Displacement / attractive radius* (Δ_{max})

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

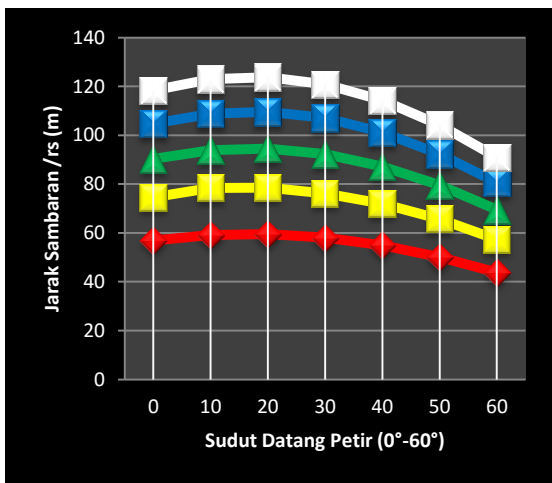
Tabel 4.18-4.19 Perhitungan *attractive radius* dengan $\epsilon = 0^\circ$, dengan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$

Tipe 1

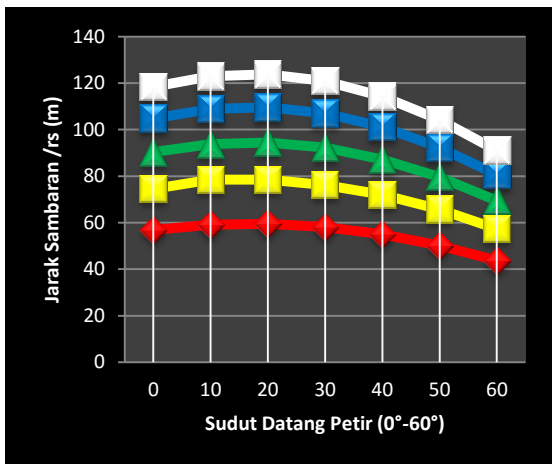
h (m)	I_0	Δ_{max}
17	20	34,9
17	30	45,73
17	40	55,4
17	50	64,29
17	60	72,6

Tipe 2

h (m)	I_0	Δ_{max}
15	20	33,43
15	30	43,81
15	40	53,07
15	50	61,58
15	60	69,54



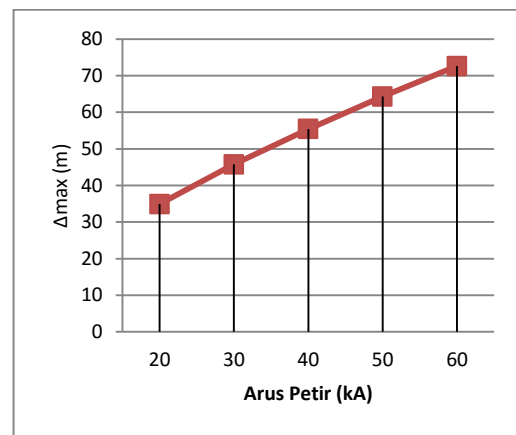
Gambar 7. Jarak Sambaran untuk Arus Puncak 20 kA – 60 kA dan Sudut Datang petir $0^\circ - 60^\circ$ Tipe 1.



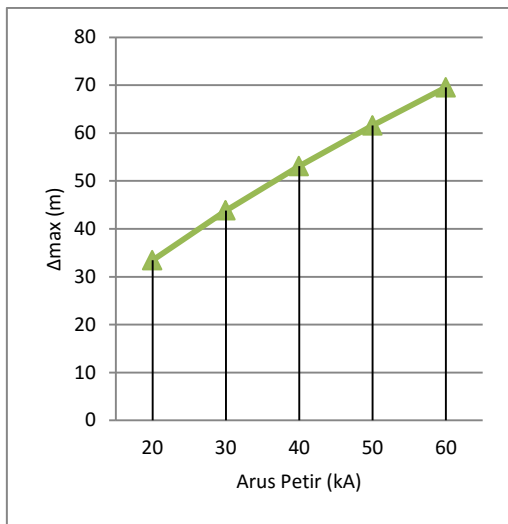
Gambar 8. Jarak Sambaran untuk Arus Puncak 20 kA – 60 kA dan Sudut Datang petir $0^\circ - 60^\circ$ Tipe 2.

Dari Gambar 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 penambahan



Gambar 9 . menunjukkan hasil dari perhitungan *attractive radius* dengan $\epsilon = 0^\circ$, dengan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$ Tipe 1.



Gambar 10. menunjukkan hasil dari perhitungan *attractive radius* dengan $\epsilon = 0^\circ$, dengan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$ Tipe 2

Dari Gambar 9 dan 10 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° .

4.2.3 Perhitungan Collecting volume pada Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Riau

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

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

$$B = 2,4i_0_{\frac{2}{3}}$$

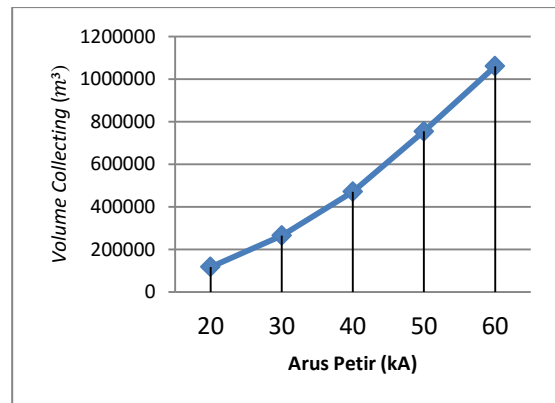
Tabel 4.20-4.21. Perhitungan Volume Penangkapan Sambaran Petir Dengan $\epsilon = 0^\circ$ dan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$

Tipe 1

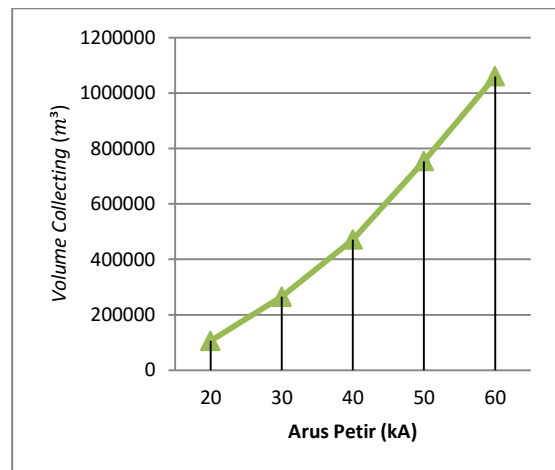
h (m)	I_0	A	B	$V_{coll}(m^3)$
17	20	59,4	17,68	117715,15
17	30	77,85	23,17	264993,408
17	40	94,31	28,07	471130,14
17	50	109,43	32,57	735995,69
17	60	123,58	36,78	1059990,46

Tipe 2

h (m)	I_0	A	B	$V_{coll}(m^3)$
15	20	56,91	17,68	105750,97
15	30	74,57	23,17	237928,08
15	40	90,33	28,07	422935,296
15	50	104,82	32,57	660833,05
15	60	118,37	36,78	951661,368



Gambar 11. menunjukkan hasil dari perhitungan *collecting volume* dengan $\epsilon = 0^\circ$, dengan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$ Tipe 1



Gambar 12 . menunjukkan hasil dari perhitungan *collecting volume* dengan $\epsilon = 0^\circ$, dengan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$ Tipe 2

Pada Gambar 11 dan 12 besar volume bergantung pada besar arus petir, jarak sambaran dan ketinggian bangunan. Semakin tinggi arus petir, maka Collection volume akan semakin besar.

4.2.4 Perhitungan Sudut Perlindungan Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Riau

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

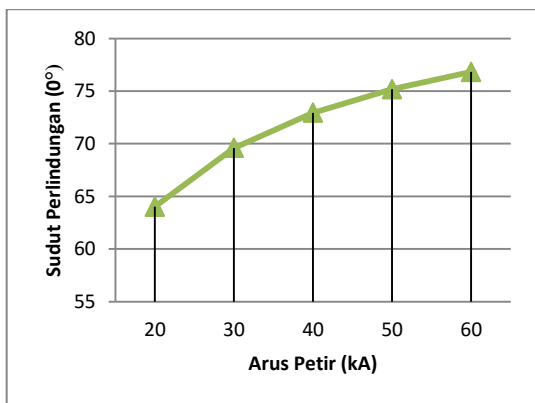
Tabel 4.22-4.23 Perhitungan Nilai Sudut Lindung Dari Finial Dengan $\theta = 0^\circ, i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$

Tipe 1

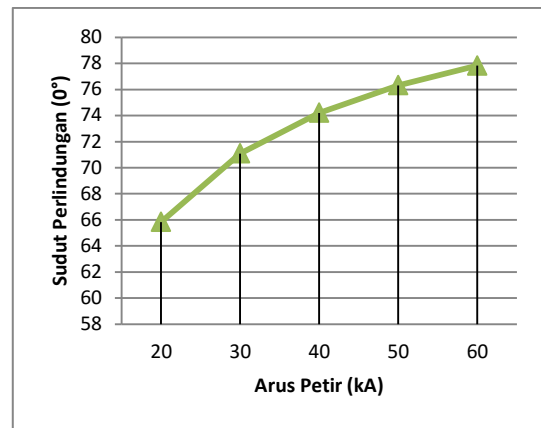
0°	h (m)	I_0	θ_s
0°	17	20	64,02
0°	17	30	69,6
0°	17	40	72,94
0°	17	50	75,18
0°	17	60	76,82

Tipe 2

0°	h (m)	I_0	θ_s
0°	15	20	65,83
0°	15	30	71,09
0°	15	40	74,21
0°	15	50	76,31
0°	15	60	77,82



Gambar 13 . menunjukkan hasil dari perhitungan sudut perlindungan dengan $\theta = 0^\circ$, dengan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$ Tipe 1



Gambar 14 . menunjukkan hasil dari perhitungan sudut perlindungan dengan $\theta = 0^\circ$, dengan $i_0 = 20 - 60 \text{ kA}$ Tipe 2

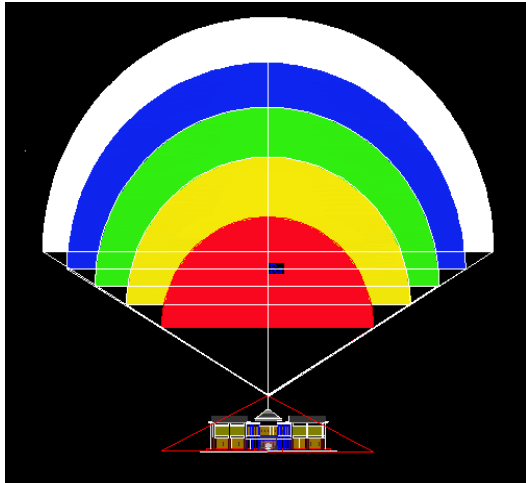
Dari Gambar 13 dan 14 terlihat bahwa semakin besar arus petir maka semakin besar sudut perlindungannya, sehingga manusia atau objek yang berada didalam wilayah sudut perlindungan, tidak akan tersambar petir.

4.3 Rancang Bangun Terminal Udara, Volume Penangkapan dan Sudut Perlindungan

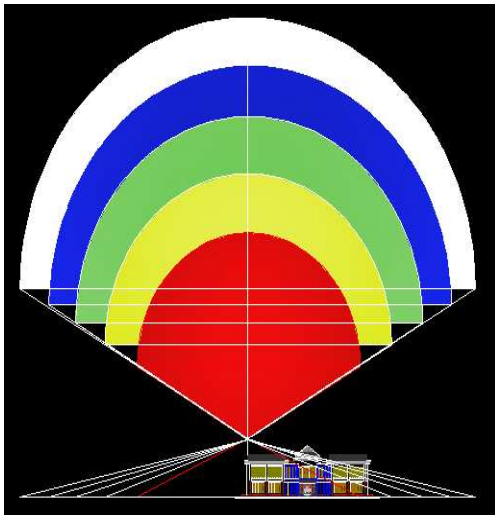
Langkah-langkah yang diperlukan dalam proses penentuan letak titik terminal udara dengan menggunakan metode *Collection Volume* adalah :

1. Bentuk permukaan dari proteksinya adalah lingkaran, sehingga menjadikan maximum lateral displacement sebagai jari-jarinya dan selanjutnya mencari luas permukaan yang dapat diproteksi oleh terminal udara.
2. Menggambar *collection volume*-nya
3. Menentukan letak pemasangan terminal udara berdasarkan bentuk *collection volume*, *attractive area*, dan sudut perlindungan.

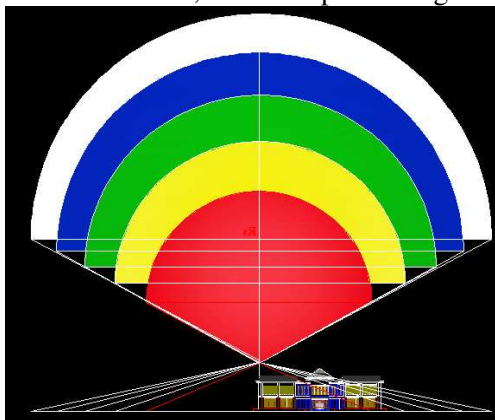
Setelah melakukan perhitungan mengenai desain proteksi eksternal sambaran petir (finial), desain letak terminal udara yang memungkinkan pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau yaitu:



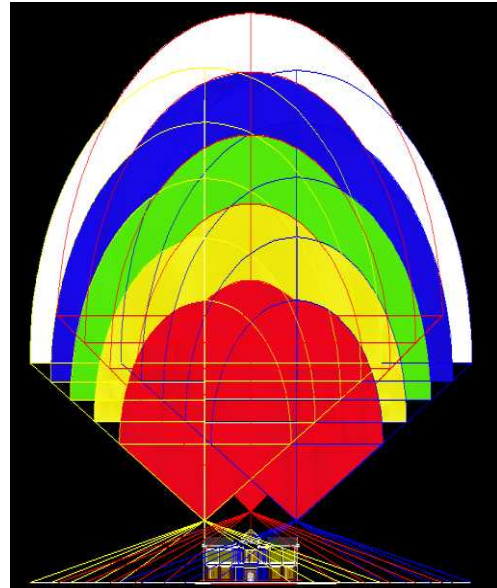
Gambar 15. Letak peletakan terminal udara pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau tipe 1 berdasarkan *collection volume*, *attractive area*, dan sudut perlindungan.



Gambar 16 Letak peletakan terminal udara pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau tipe 2a berdasarkan *collection volume*, *attractive area*, dan sudut perlindungan.



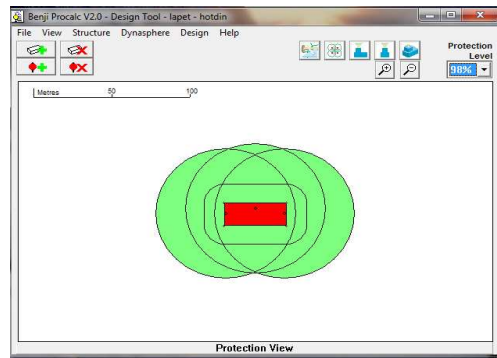
Gambar 17. Letak peletakan terminal udara pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau tipe 2b berdasarkan *collection volume*, *attractive area*, dan sudut perlindungan.



Gambar 18. Merupakan gabungan peletakan terminal udara pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau.

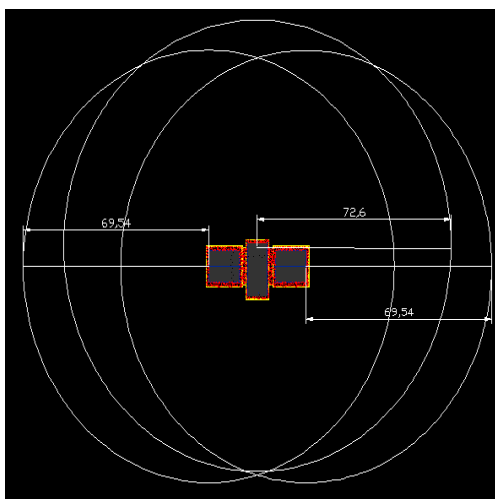
Pada gambar diatas adalah menggambarkan bangunan gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau yang sudah terlindungi oleh metoda *collection volume*.

4.4 Perbandingan Gambar *Attractive Area* Menggunakan *Software Benji Procalc V2* Dengan Perhitungan Manual



Gambar 19. Hasil perhitungan menggunakan Benji Procalc.

Terlihat bahwa hasil pada gambar 19 *software benji procalc* yang ditampilkan dengan *protection level* 98% terdapat perbedaan dengan hasil perhitungan manual pada gambar 4.14. didapat 50 meter radius perlindungan simulasi *software benji* dan 72,6 meter pada tipe 1 dan 69,54 meter pada tipe 2 sehingga didapat perbedaan hasil 22,6 meter pada tipe 1 dan 19,54 meter pada tipe 2.



Gambar 20. *Attractive area* perhitungan manual.

Pada gambar 20. hasil dari perbandingan *software benci procalc* dan gambar 4.14 perhitungan manual dikarenakan terdapat perbedaan dari jarak sambaran antara finial dan udara di dalam rumus/ persamaan. Jarak sambaran dari perhitungan manual menggunakan metode *collecting volume* di dapat dari atas bangunan yang dimana sudah dijelaskan bahwa jarak sambaran merupakan jarak antara ujung lidah petir yang bergerak kebawah (*downward leader*) bertemu dengan penghubung yang bergerak keatas (*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.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan analisa penulis maka sistem proteksi petir eksternal pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Besar jarak sambaran berdasarkan metode *collection volume* dipengaruhi oleh besarnya kuat arus petir, sudut datang petir, dan tinggi bangunan yang akan diproteksi.
2. Jarak sambaran terbesar di gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau ada dibagian tengah bangunan sebesar 59,4 m dan jarak sambaran terkecil ada pada sisi kanan dan kiri bangunan sebesar 56,91 m.

3. Berbeda dengan metode konvensional dan bola berguling, besar sudut perlindungan volume suatu bangunan berdasarkan metode *collection volume* dipengaruhi oleh ketinggian bangunan dan besar arus petir.
4. Hasil perancangan sistem proteksi petir menggunakan metode *collection volume* dengan aplikasi *Autocad* memperlihatkan bahwa penangkal petir yang dibutuhkan sebanyak 3 buah pada gedung baru Fakultas Teknik Universitas Riau.

Daftar Pustaka

- Team, 2004. *National Fire Protection Association 780*. National Fire Protection Association. [Online] Available at: http://www.google.co.id/NFPA_780.pdf. [Accessed 30 Oct 2013].
- Team, 2005. *Protection of Structures Against Lightning (IEC 1024-1-1)*. International Electrotechnical Commission 81. [Online] Available at: http://www.google.co.id/IEC_1024-1-1.pdf. [Accessed 30 Oct 2013].
- Tim, 1983. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Tim, 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Tim, 2006. *Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung (SNI 03-7015-2004)*. [Online] Available at: http://www.google.co.id/SNI_03-7015-2004.pdf. [Accessed 30 Oct 2013].
- Yudi Ugahari. (2008). *Analisis Proteksi Sambaran Petir Eksternal Menggunakan Metode Collecting Volume Studi Kasus Gedung Fakultas Teknik Universitas Indonesia*. Juli.
- Eritech. (2006). System 2000, System 3000.
- Rendi Veriyandi. (2014). *Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Menggunakan*

Metoda Collecting Volume pada Gudang TNT di PT Dahana (Persero). Oktober.

Ria, Gusnita Jufri, 2009. *Perencanaan Instalasi Penangkal Petir di Laboratorium Terpadu Fakultas Ekonomi UNP, Padang*: Tugas Akhir UNP

Abdul syakur, Yuningtyas. 2006. Sistem Proteksi Petir Pada Gedung Widya Puraya. *Jurnal Sains dan Teknologi. Transmisi*, Vol. 11, No. 1, Juni 2006: 35 - 39

Reynaldo Zoro. 2013. External Lightning Protection System for Main Office Building in the Area with High Lightning Density. *Jurnal Sains dan Teknologi. The 4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI 2013)*