

# PERANCANGAN SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL PADA AIRNAV INDONESIA CABANG YOGYAKARTA

Hardiansyah<sup>1</sup>, Setyawan Wahyu Pratomo<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia  
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

14524017@students.uui.ac.id

155241302@uui.ac.id

**Abstrak**—Standarisasi penangkal petir eksternal pada bangunan dan tower penerbangan semakin dibutuhkan agar terhindar dari gangguan alam yaitu sambaran petir. Dari data stasiun geofisika Yogyakarta diketahui bahwa bangunan dan tower milik AirNav Indonesia Cabang Yogyakarta berada pada daerah hijau dengan nilai densitas sambaran petir 1-12 Km<sup>2</sup>. Setelah dilakukan perhitungan, bangunan dan tower milik AirNav Indonesia memerlukan penangkal petir eksternal.

Prancangan penangkal petir eksternal yang dilakukan pada tower dan bangunan Airnav Indonesia menggunakan metode *rolling sphere* pada bagian sistem terminasi udara dan *multiple rod* pada sistem terminasi bumi. Dalam menentukan bangunan perlu atau tidak proteksi petir dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia 03-7015-2004. Pada sistem terminasi udara menggunakan *splitzer* dengan radius proteksi 150 meter, terminasi bumi dengan 3 batang elektroda dengan panjang 10 m.

**Kata kunci**— penangkal petir, sistem terminasi udara, sistem konduktor, sistem terminasi bumi, *rolling sphere*, *multiple rod*

## I. PENDAHULUAN

AirNav Indonesia cabang Yogyakarta memiliki fasilitas *surveillance* untuk mengamati posisi dan pergerakan pesawat di udara. Fasilitas *surveillance*. Pada AirNav Indonesia Cabang Yogyakarta terdiri dari *Monopulse Secondary Surveillance Radar (MSSR) Mode-S* dan *Primary Surveillance Radar – Secondary Surveillance Radar (PSR- SSR)*. Radar MSSR Mode-S ini menggantikan fungsi dari radar PSR-SSR dikarenakan sambaran petir yang menyebabkan radar PSR-SSR mengalami kerusakan. Setelah dilakukan pengukuran nilai tahanan pentanahan, nilai tahanan tanah yang diperoleh sangat jauh dari nilai standar yaitu 43.1  $\Omega$ . Untuk bangunan yang telah diproteksi terdapat penempatan sistem terminasi udara yang tidak tepat karena terdapat peralatan yang ditempatkan lebih tinggi dari *splitzer* yang dipasang. Dalam perancangan sistem penangkal petir eksternal ini, peneliti melakukan perancangan untuk menentukan area proteksi dari sistem terminasi udara, menentukan sistem konduktor penyalur yang digunakan dan menghitung kebutuhan sistem terminasi bumi menggunakan metode *single rod* dan *multiple rod*. Dalam prakteknya, pemasangan *grounding* untuk instalasi penangkal petir eksternal paling besar yaitu 5 ohm sesuai dengan yang dinyatakan dalam PUIL 2000 [1].

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Studi Literatur

Kegagalan dalam menginstalasi penangkal petir mengakibatkan bangunan dan peralatan mengalami kerusakan yang fatal. Kegagalan sistem tersebut bisa diakibatkan kesalahan dalam pengambilan data saat perancangan atau kesalahan dari salah satu sistem yang ada pada instalasi penangkal petir eksternal, misalnya sistem terminasi udara yang tidak tepat sehingga tidak melindungi seluruh bangunan, sistem konduktor yang tidak memenuhi nilai standar atau sistem terminasi bumi yang tidak baik. Berikut ini merupakan penelitian yang berkaitan dengan perancangan sistem penangkal petir seperti “Perencanaan Pemasangan Grounding Penangkal Petir Pada Bangunan Cf Silo Di Proyek Indarung Vi Pt Semen Padang” pada penelitian tersebut sistem terminasi udara menggunakan metode sudut proteksi (*Razevig*) hal tersebut dikarenakan struktur bagian atas bangunan yang meruncing keatas [2], sedangkan pada penelitian yang peneliti lakukan menggunakan metode bola bergulir (*Rolling Sphere*) di karenakan bentuk atas bangunan tidak datar ataupun meruncing keatas. Penelitian lainnya yaitu “Rancang Bangun Sistem Pentanahan Pada Pltph Desa Padayo Kecamatan Lubuk Kilangan” pada penelitian tersebut, membahas tentang sistem pentanahan dimana metode yang digunakan yaitu segi empat kosong dengan jumlah elektroda 4 buah sedalam 1 meter[3]. Sedangkan pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode *multiple rod* dengan jumlah elektroda 3 batang dengan kedalaman 10 meter dikarenakan nilai tahanan jenis tanah yang tinggi dan lahan yang tidak luas. Penelitian berikutnya yaitu “Studi Analisis Sistem Pentanahan Eksternal Pada Gedung Unit Pelaksana Teknis Teknologi Informasi Dan Komunikasi Universitas Lampung” penelitian ini melakukan analisa dan perhitungan mengenai perencanaan instalasi penangkal petir yang menggunakan metode Franklin[4] dikarenakan bentuk atas bangunannya adalah limas segi empat. Sistem Franklin merupakan penangkal petir yang bersifat pasif atau menunggu sambaran petir sedangkan peneliti menggunakan metode *Rolling Sphere* dimana *Splitzer* bersifat aktif.

### B. Penangkal Petir

Penangkal petir ditemukan pertama kali oleh Benyamin Franklin sekitar tahun 1752. Dengan mempelajari persamaan listrik dan petir akhirnya Benjamin Franklin menemukan bahwa Petir merupakan pelepasan muatan listrik dan melakukan eksperimen. Metal diikatkan kelayang-layang, untuk menarik sambaran petir. Jika petir menyambar metal di bagian layang-layang, maka arus dialirkan melalui kawat yang dijadikan tali menuju kebumi. Atas dasar itu, benyamin Franklin memasang tembaga runcing pada bagian atas bangunan dan menghubungkannya ke konduktor pbumian. Penyalur petir tersebut pada saat itu disebut Franklin rod dimana saat ini dikenal dengan penangkal petir konvensional [5]. Seiring berkembangnya zaman, ditemukan penangkal petir non-konvensional. Dalam merancang sistem penangkal petir pada bangunan, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui bangunan tersebut memerlukan proteksi petir atau tidak dengan mempertimbangkan kondisi geografis dan keadaan bangunan.

### C. Frekuensi Sambaran Petir

Rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun (Nd), bisa diperoleh dari perhitungan densitas rata-rata sambaran petir ke tanah /km<sup>2</sup> / tahun (Ng) yang diprakirakan ke bangunan, dikalikan dengan area ekivalen (Ae) bangunan. Dimana ditulis dalam persamaan 1 [6]:

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6} \quad (1)$$

Dimana :

Nd : frekuensi rata – rata sambaran petir ke bangunan /tahun

Ng: densitas rata-rata sambaran petir ke tanah /km<sup>2</sup> / tahun

Ae: area cakupan ekivalen dari bangunan gedung (m<sup>2</sup>)

Area cakupan ekivalen dari suatu bangunan yaitu area permukaan tanah yang dianggap sebagai bangunan dengan nilai frekuensi sambaran petir langsung tahunan dihitung dengan persamaan 2 [6]

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

Dimana :

a : panjang atap gedung (m)

b : lebar atap gedung (m)

h : tinggi atap gedung (m)

Area ekivalen sangat dipengaruhi oleh benda / bangunan lain yang ada disekitarnya, apabila jarak benda tersebut kurang dari 3 (h+hs), maka area cakupan ekivalen dikurangi nilai  $x_s$ . nilai  $x_s$  ditulis dengan persamaan 3 [6]

$$x_s = \frac{d+3(hs-h)}{2} \quad (3)$$

Dimana :

Xs : pengaruh jarak benda sekitar (m<sup>2</sup>)

d : jarak antara bangunan dan benda (m)

hs : tinggi benda sekitar bangunan (m)

### D. Risk Assesment / Taksiran resiko

Dalam menentukan seberapa besar resiko suatu bangunan terhadap sambaran petir berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-7015-2004, maka suatu bangunan memerlukan proteksi atau tidak dari petir yaitu [6] :

- Jika  $Nd \leq Nc$ , maka tidak diperlukan proteksi,
- Jika  $Nd > Nc$ , maka memerlukan proteksi dengan tingkat efisiensi berdasarkan persamaan 4:

$$E = 1 - \frac{Nc}{Nd} \quad (4)$$

Dimana :

E : Effisiensi

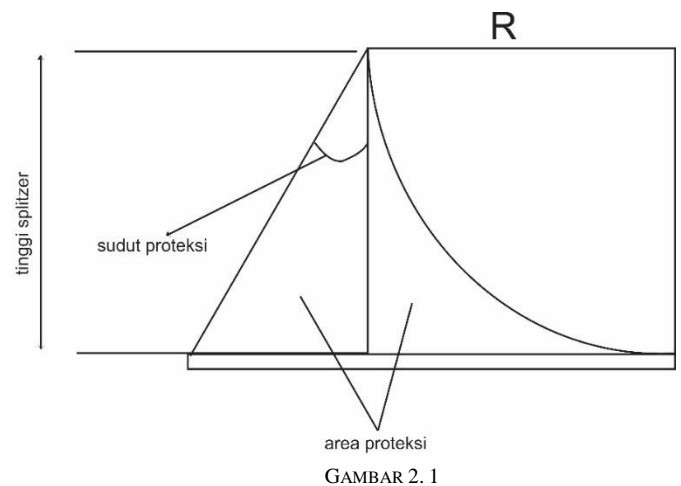
Nc : Frekuensi sambaran petir maksimum yang

dibolehkan dengan nilai ketetapan yaitu 10<sup>-1</sup> / tahun [7]

Nd : Frekuensi rata – rata sambaran petir ke bangunan km<sup>4</sup> / tahun

### E. Sistem Terminasi Udara

Sistem terminasi udara merupakan salah satu bagian dari sistem proteksi petir eksternal, yang berfungsi untuk mengetahui daerah proteksi petir dari penempatan *splitzer* seperti pada Gambar 2.1 berikut :



Dalam penempatannya *splitzer* diletakkan pada jarak 2-3 meter lebih tinggi dari permukaan tertinggi bangunan guna menghindari peningkatan frekuensi sambaran petir langsung [7]. Dalam menghitung area proteksi berdasarkan penempatan *splitzer*, terdapat berbagai metode yaitu dengan metode sudut proteksi (*Razevig*), bola bergulir (*Rolling Sphere*) atau metode jala (*Mesh*). Besarnya radius proteksi (R) dalam metode *Rolling Sphere* berhubungan dengan besarnya nilai arus petir dan dinyatakan dengan persamaan 5 [5]

$$R (m) = I^{0.75} \quad (5)$$

Dimana :

R (m) = Radius proteksi (m)

I = Arus maksimum (kA)

Setelah menentukan radius proteksi yang akan digunakan, maka selanjutnya adalah menghitung besarnya sudut lindung. Jika tinggi bangunan yang diproteksi lebih kecil dari radius, besarnya sudut lindung dari batang *splitzer* ke area proteksi dihitung dengan persamaan 6 [8]

$$a^0 = \sin^{-1} \left( 1 - \frac{h}{r} \right) \quad (6)$$

Dimana :

$\alpha$  : sudut proteksi

h : tinggi *splitzer* (m)

r : radius proteksi (m)

#### F. Sistem Konduktor

Sistem konduktor merupakan salah satu sistem dari proteksi petir eksternal yang berfungsi sebagai penyalur arus petir (down konduktor) yang diterima dari terminasi udara menuju elektroda bumi. Pada sistem konduktor luas penghantar arus petir menuju sistem terminasi bumi dihitung berdasarkan persamaan 7 sebagai berikut [9]:

$$A = I \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} S}{\log_{10} \left( \frac{T}{274+1} \right)}} \quad (7)$$

Dimana :

A = Luas penampang penghantar (mm<sup>2</sup>)

I = Arus petir maksimum (kA)

S = Arus gangguan berlangsung (detik)

T = Temperature konduktor yang diizinkan

Arus gangguan berlangsung yaitu 0.001 detik dan tempertur konduktor yang diizinkan adalah 1000° C [9]. Jika hasil perhitungan yang diperoleh lebih kecil dari konduktor yang akan digunakan, maka Adrias (2000) yang dikutip oleh Gusrita (2009) menyatakan bahwa apabila luas penampang kabel yang akan digunakan tidak ada maka dapat digunakan kabel atau kawat yang mendekati nilai hasil perhitungan dan tidak boleh menggunakan kabel atau kawat yang lebih kecil dari hasil perhitungan tersebut [9].

#### G. Sistem Terminasi Bumi

Sistem terminasi bumi merupakan salah satu dari sistem proteksi petir eksternal yang berfungsi untuk merambatkan arus petir yang diterima dari konduktor menuju bumi. Dalam standar instalasi penangkal petir, nilai tahanan pentanahan untuk penangkal petir eksternal maksimal sebesar 5Ω. Terdapat beberapa metode dalam menghitung nilai tahanan pentanahan diantaranya yaitu menggunakan metode elektroda tunggal dan multiple rod dengan persamaan sebagai berikut:

- *Single Rod* / Pasak tunggal

Nilai tahanan pentanahan pemasangan electrode dengan pasak tunggal, dihitung berdasarkan persamaan 8 [10]:

$$Rp = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (8)$$

Dimana :

Rp : Tahanan pentanahan ( ohm )

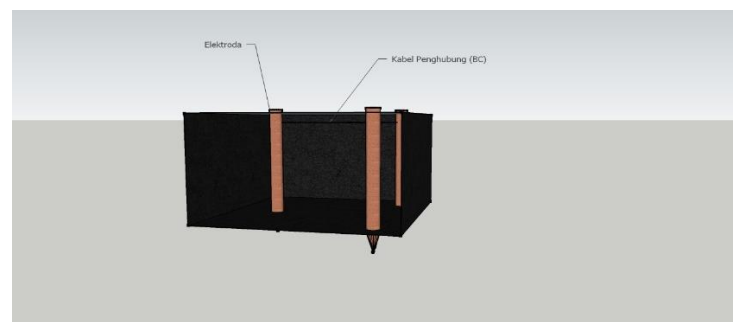
$\rho$  : Tahanan jenis tanah ( ohm-cm )

a : Jari-jari penampang pasak ( cm )

L : Panjang pasak tanah ( cm )

- *Multiple Rod*

Persamaan yang digunakan pada metode pasak tunggal dikembangkan oleh Professor H.B. Dwight dari Institut Teknologi Massachusetts. Jika nilai tahanan pada pasak tunggal belum memenuhi nilai tahanan yang diinginkan, maka dilakukan penambahan elektrode dengan cara menambahkan batang elektrode dimana jarak elektrode minimal 2 meter dan dihubungkan dengan kabel elektrode. Apabila masih memerlukan elektrode ketiga, maka elektrode ketiga harus diatur hingga memiliki jarak yang sama dengan elektrode lainnya seperti terlihat pada Gambar 2.2.



GAMBAR 2.2

Ketiga batang elektrode membentuk segitiga sama sisi dengan jarak elektrode tidak boleh kurang dari dua kali panjang elektrode[3] Dimana perhitungan yang digunakan berdasarkan persamaan 9 yaitu :

$$Rp = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \times F \quad (9)$$

Dimana :

n = Jumlah elektrode

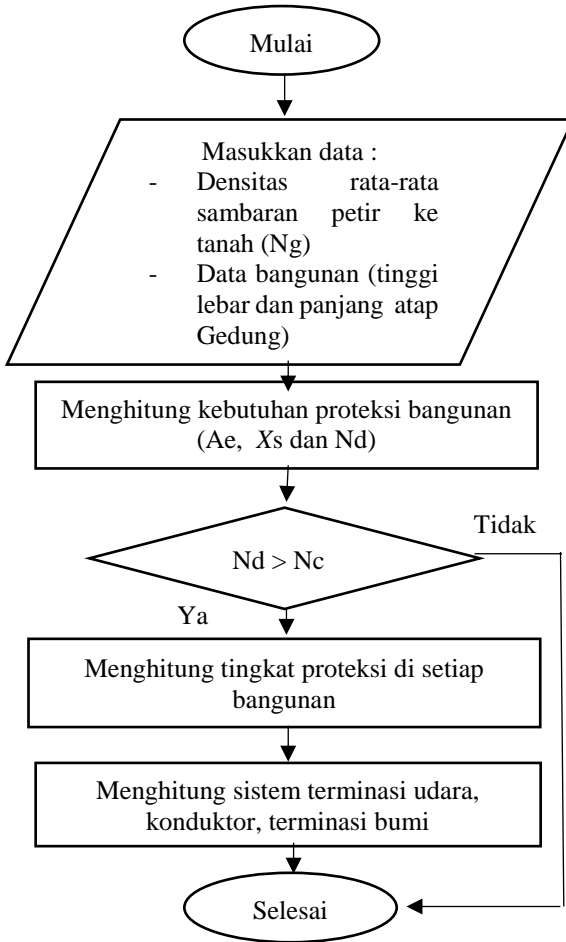
F = Faktor perkalian berdasarkan Tabel 2.1 [11]

TABEL 2.1 FAKTOR PENGALI

| Jumlah rod | F    |
|------------|------|
| 2          | 1.16 |
| 3          | 1.29 |
| 4          | 1.36 |
| 8          | 1.68 |
| 12         | 1.80 |
| 16         | 1.92 |
| 20         | 2.00 |
| 24         | 2.16 |

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Alur Penelitian



GAMBAR 3. 1

#### B. Perancangan Sistem

##### 1. Kebutuhan proteksi Bangunan

Menghitung kebutuhan proteksi disetiap bangunan bertujuan untuk menentukan apakah bangunan memerlukan proteksi atau tidak. Pada AirNav Indonesia Cabang Yogyakarta terdapat 4 bangunan yang akan dihitung untuk menentukan apakah bangunan memerlukan proteksi atau tidak yaitu bangunan peralatan, bangunan ATC (*Air Traffic Control*), Tower *Monopulse Secondary Surveillance Radar* (MSSR) *Mode-S* dan Tower *Primary Surveillance Radar – Secondary Surveillance Radar* (PSR-SSR). Dari hasil perhitungan bangunan yang memerlukan penangkal petir eksternal yaitu bangunan ATC, Tower radar MSSR *Mode-S* dan Tower PSR-SSR.

##### 2. Sistem Terminasi udara

Penempatan *splitzer* pada ketinggian 3 meter dari ketinggian bangunan yang paling tinggi yaitu pada tower radar MSSR *MODE-S* Pemasangan *splitzer* pada tower dipasang sebanyak

2 buah yaitu pada tower radar PSR-SSR dan MSSR-S dengan ketinggian yang sama. Berdasarkan tingkat proteksi pada bangunan tower radar PSR-SSR adalah tingkat IV, radius proteksinya adalah 60 m dan arus puncak berdasarkan persamaan 5 yaitu :

$$R(m) = I^{0.75}$$

$$60 = I^{0.75}$$

$$I = \sqrt[0.75]{60}$$

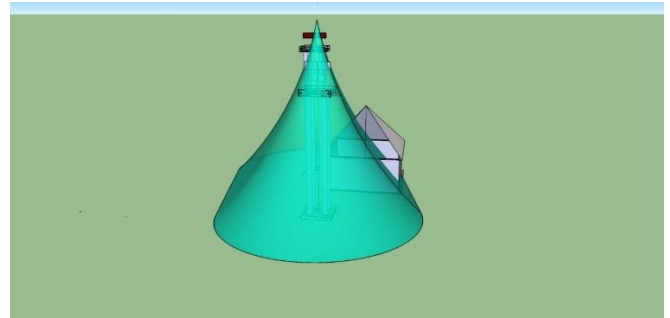
$$I = 234.892 \text{ kA}$$

Dengan sudut lindung berdasarkan persamaan 6 yaitu :

$$a^0 = \sin^{-1} \left( 1 - \frac{31}{150} \right)$$

$$a^0 = 52,498$$

Diperoleh hasil seperti pada gambar 3.2 berikut :



GAMBAR 3. 2

Tower berada diluar area proteksi seperti terlihat pada Gambar 3.2 sehingga dilakukan perubahan nilai radius menjadi 150, nilai arus puncak berdasarkan persamaan 5 yaitu :

$$R(m) = I^{0.75}$$

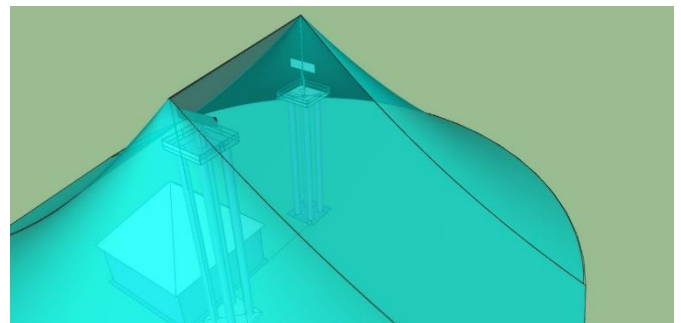
$$I = 796.993 \text{ kA}$$

Besarnya sudut lindung yaitu berdasarkan persamaan 6 yaitu:

$$a^0 = \sin^{-1} \left( 1 - \frac{31}{150} \right)$$

$$a^0 = 52,498$$

Diperoleh hasil seperti pada gambar 3.3 berikut :



GAMBAR 3. 3

##### 3. Sistem Konduktor

Kabel konduktor yang digunakan yaitu kabel terisolasi, dikarenakan struktur bangunan yang terbuat dari besi. Dimana luas penampang minimal berdasarkan persamaan 7 adalah sebagai berikut:

$$A = I \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} S}{\log_{10}\left(\frac{T}{274+1}\right)}}$$

$$A = 796.9939269 \times 10^3 \times \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} \times 0.001}{\log_{10}\left(\frac{1000}{274+1}\right)}}$$

$$A = 796993.9269 \times 4.27562915 \times 10^{-5}$$

$$A = 34.1 \text{ mm}^2$$

#### 4. Sistem Terminasi Bumi

Pada saat pengukuran tahanan pentanahan, data suatu sistem grounding dengan metode elektroda tunggal yang ditanam ke tanah dengan nilai tahanan pentanahan 43.1  $\Omega$  seperti pada Gambar 3.4, panjang elektroda / kedalaman elektroda 6 m, jari-jari elektroda 0.015 m.



GAMBAR 3.4

Dari data tersebut bisa diketahui tahanan jenis tanah pada daerah tersebut menggunakan persamaan 8:

$$5 = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

$$\rho = 254.636 \Omega\text{-m}$$

Dari hasil tersebut berdasarkan Tabel 3.1 maka jenis tanah adalah pasir basah.

TABEL 3. 1 TAHANAN JENIS TANAH

| Jenis tanah                               | Tanah rawa | Tanah liat & ladang | Pasir basah | Kerikil basah | Pasir dan kerikil kering | Tanah berbatu |
|---|------------|---------------------|-------------|---------------|--------------------------|---------------|
| Tahanan jenis tanah ( $\Omega\text{-m}$ ) | 30         | 100                 | 200         | 500           | 1000                     | 3000          |

#### - Perancangan dengan elektroda tunggal

Perancangan ini diasumsikan bahwa nilai tahanan jenis tanah saat perancangan sama dengan nilai tahanan jenis saat pengukuran. Karena nilai tahanan jenis tanah terlalu besar maka diambil nilai awal perancangan panjang elektroda yaitu 10 m dan jari-jari elektroda 0.015 m. Diperoleh nilai tahanan pentanahan berdasarkan persamaan 8 yaitu :

$$Rp = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

$$5 = \frac{\rho}{2 \times 3.14 \times 10} \left( \ln \frac{4 \times 10}{0.015} - 1 \right)$$

$$\rho = 45.588 \Omega\text{-m}$$

Dari hasil perancangan sistem grounding dengan metode elektroda tunggal, maka tahanan jenis tanah yang dibutuhkan untuk mendapatkan tahanan tanah sebesar 5  $\Omega$  pada elektroda tunggal dengan panjang 10 meter adalah 45.588265904  $\Omega\text{-m}$ . Maka jika dilakukan pengolahan tanah tahanan jenis tanah yang dibutuhkan berdasarkan Tabel 3.1 yaitu berada antara tanah liat dan rawa.

#### - Perancangan dengan multiple rod

Perancangan ini panjang elektroda yang digunakan cukup panjang mengingat nilai tahanan jenis tanah yang begitu besar, yaitu panjang 10 m dan jari jari 1.5 cm, karena nilai tahanan jenis tanah yang tinggi maka pada perancangan ini dilakukan pengolahan tanah menjadi tanah liat yaitu berdasarkan Tabel 3.1 tanah liat memiliki tahanan jenis tanah sebesar 100  $\Omega\text{-m}$  Dengan jumlah elektroda yaitu 3 buah, diperoleh nilai tahanan pentanahan berdasarkan persamaan 9 yaitu :

$$Rp = \frac{100}{2 \times 3.14 \times 10} \left( \ln \frac{4 \times 10}{0.015} - 1 \right) \times 1.29$$

$$Rp = 4.716 \Omega$$

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-7015-2004, bangunan yang memerlukan penangkal petir eksternal pada AirNav Indonesia cabang Yogyakarta yaitu tower radar MSSR Mode – S yang memiliki frekuensi sambaran petir kebangunan sebesar 0.285  $\text{km}^4/\text{tahun}$  dimana nilai maksimal frekuensi sambaran petir adalah 0.1  $\text{km}^4/\text{tahun}$ . Selanjutnya tower radar PSR-SSR dengan frekuensi sambaran petir kebangunan sebesar 0.229  $\text{km}^4/\text{tahun}$ , dan bangunan ATC dengan frekuensi sambaran petir kebangunan sebesar 0.1105  $\text{km}^4/\text{tahun}$ .
2. Pada sistem terminasi udara penempatan *splitzer* diatas tower radar MSSR Mode – S dan tower radar PSR-SSR pada ketinggian 31 m, menggunakan metode *Rolling Sphere* dengan radius 150 m, sudut proteksi sebesar 52.49° dan arus maksimal sebesar 796.993 kA.
3. Pada sistem sistem konduktor menggunakan kabel terisolasi dengan luas penampang minimal 34.1  $\text{mm}^2$ .
4. Pada sistem terminasi bumi pada elektroda tunggal, untuk mendapatkan tahanan tanah  $\leq 5 \Omega$  nilai tahanan jenis tanah yang diolah harus  $\leq 45.588 \Omega\text{-m}$  dengan panjang elektroda minimal 10 m. Pada elektroda multiple rod untuk mendapatkan tahanan tanah  $\leq 5 \Omega$  dan pengolahan

tanah menjadi 100  $\Omega$ -m, jumlah elektroda 3 batang dengan panjang elektroda 10 m.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," vol. 2000, no. Puil, 2000.
- [2] E. Kantona, "Perencanaan pemasangan grounding penangkal petir pada bangunan cf silo di proyek indarung vi pt. semen padang tugas akhir," 2016.
- [3] T. Akhir, "Prodi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang," 2016.
- [4] R. Ariesta *et al.*, "STUDI ANALISIS SISTEM PENTANAHAN EKSTERNAL PADA GEDUNG UNIT PELAKSANA TEKNIS TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI UNIVERSITAS LAMPUNG," *Stud. Anal. Sist. PENTANAHAN EKSTERNAL PADA GEDUNG UNIT PELAKSANA Tek. Teknol. Inf. DAN Komun. Univ. LAMPUNG*, pp. 1–5.
- [5] *OPTIMALISASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL MENGGUNAKAN JENIS EARLY STREAMER*. 2010.
- [6] S. N. Indonesia, "Sistem proteksi petir pada bangunan gedung," 2004.
- [7] M. Sukmawidjaja *et al.*, "ANALISIS PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI BANGUNAN THE BELLAGIO RESIDENCE TERHADAP SAMBARAN PETIR," vol. 12, pp. 75–86, 2015.
- [8] M. Ulfa, "Perencanaan sistem penangkal petir di gedung bengkel teknik alat berat politeknik negeri padang," 2016.
- [9] J. Gajah, "( APLIKASI BALAI KOTA PARIAMAN ) Oleh :," vol. 1, no. 2, pp. 12–18, 2012.
- [10] E. Rod, "Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan," vol. 3, no. 2, pp. 66–71, 2016.
- [11] C. P. Systems, *Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*, vol. 2007. 2007.
- [12] G. Principles and R. Management, "Introduction BS EN / IEC 62305 Lightning protection standard Key points Guide to BS EN / IEC 62305," vol. 44, no. 0, 2008.