

Perencanaan Sistem Perlindungan Petir Pada Proyek EPCC Pembangunan *Workshop* INKA Banyuwangi

IG. Yudha Harmaya^{1,2}, Maria A. Kartawidjaja^{1*}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia

²Biro Engineering dan BIM, Departemen Energi dan Industrial, PT Adhi Karya (Persero) Tbk, Jakarta 13630, Indonesia

Article Info

Article history:

Received
28 November 2024

Accepted
9 Desember 2024

Keywords:

Banyuwangi, lightning,
lightning strike, PT,
INKA, thunder

Abstract

The construction of PT INKA's new workshop is in Banyuwangi district. This building consists of a workshop building and a Substation building. Based on data from BMG, Banyuwangi district is an area that has an average thunderstorm day per year (T_d) of 101, which is included in the moderate lightning vulnerability level. Lightning strikes can cause physical damage to buildings and infrastructure as well as the safety of human life and living things around the lightning strike. In this context, an assessment of the risk level of buildings against lightning strikes is applied by comparing the estimated direct lightning strike frequency (N_d) with the permissible direct lightning strike frequency (N_c). For the planning of the lightning protection system, an analysis of the coverage area of the lightning protection system installed on the building was also conducted. The results of the study showed that only the workshop building requires a lightning protection system. The aim of assessing the level of risk and analyzing the coverage area is to ensure that the lightning protection system planning for buildings is adequate and in accordance with applicable standards.

Article Info

Article history:

Diterima
28 November 2024

Disetujui
9 Desember 2024

Kata Kunci:

Banyuwangi, Guruh, PT,
INKA, Petir, Sambaran Petir

Abstrak

Pembangunan *workshop* baru PT INKA berlokasi di kabupaten Banyuwangi. Pembangunan ini terdiri dari bangunan *workshop* dan bangunan gardu. Berdasarkan data dari BMG, kabupaten Banyuwangi merupakan daerah yang memiliki hari guruh rata-rata per tahun (T_d) sebesar 101 masuk dalam tingkat kerawanan petir sedang. Sambaran petir dapat menimbulkan kerusakan fisik pada bangunan dan infrastruktur serta keselamatan nyawa manusia dan makhluk hidup di sekitar sambaran petir. Dalam konteks ini, diterapkan penilaian tingkat risiko bangunan gedung terhadap sambaran petir dengan membandingkan frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan (N_d) dengan frekuensi sambaran petir langsung yang dibolehkan (N_c). Untuk perencanaan sistem perlindungan petir juga dilakukan analisa area cakupan sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya bangunan *workshop* yang memerlukan sistem perlindungan petir saja. Tujuan dari penilaian tingkat risiko dan analisa area cakupan ini adalah memastikan perencanaan sistem perlindungan petir pada bangunan memadai dan sesuai standar yang berlaku.

*Corresponding author. Maria A. Kartawidjaja
Email address: maria.kw@atmajaya.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pembangunan *workshop* PT INKA yang memiliki ketinggian bangunan yang cukup tinggi, bangunan dengan ketinggian lebih rawan mengalami gangguan, baik gangguan secara mekanik maupun gangguan alam. Salah satu gangguan alam yang sering terjadi adalah sambaran petir. Karena posisi Indonesia dilalui garis khatulistiwa, akibatnya Indonesia memiliki hari guruh rata-rata per tahun yang sangat tinggi dengan aktifitas 100 sampai 200 hari guruh per tahun. Demikian juga dengan *workshop* PT INKA yang memiliki ketinggian diatas 15m memiliki risiko lebih besar mengalami kerusakan akibat sambaran petir. Bahaya fisik yang dapat ditimbulkan akibat sambaran petir seperti kebakaran, kerusakan struktur bangunan serta dapat menimbulkan ledakan bila sambaran petir mengenai bangunan yang berisi bahan yang mudah meledak. Selain bahaya fisik, sambaran petir juga mengancam keselamatan jiwa manusia terutama pada bangunan yang dihuni. Selain itu petir dapat menimbulkan lonjakan tegangan yang dapat mengakibatkan kerusakan peralatan elektronik yang berada di dalam bangunan.

Dengan demikian untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir dibutuhkan sistem perlindungan petir beserta pentanahannya. Sistem perlindungan petir berdasarkan tempatnya terbagi menjadi dua bagian yaitu :

- Perlindungan *External*

Perlindungan *external* adalah instalasi dan alat-alat ditempatkan di luar suatu struktur untuk menangkap dan menghantarkan arus surja petir ke sistem pembumian. Sistem ini berfungsi sebagai perlindungan terhadap tegangan lebih petir jika terjadi sambaran langsung ke struktur bangunan. Perlindungan petir eksternal terdiri dari *air terminal*, kabel *down conductor* dan pembumian.

- Perlindungan Internal

Perlindungan petir internal merupakan perlindungan terhadap sistem elektronika di dalam bangunan / gedung akibat tegangan lebih yang ditimbulkan oleh induksi elektromagnetik akibat sambaran petir tak langsung.

Perlindungan eksternal yang harus ada dalam sistem perlindungan petir harus mampu untuk:

- intersepsi serangan langsung dengan menyediakan sistem *air terminal* pada posisi yang benar seperti yang ditunjukkan pada gambar proyek,
- Penghantaran arus petir secara aman menuju bumi dengan menyediakan konduktor bawah.
- Penyebaran arus ke dalam bumi dengan menyediakan sistem terminasi bumi yang efektif. (Energi dan Industrial, 2013)

Air terminal harus dipasang dengan mempertimbangkan lokasi yang diindikasikan pada titik terbuka, sudut dan tepinya, dan dipastikan *air terminal* dipasang pada sisi atas. Konduktor bawah (*down conductor*) harus dipasang untuk melindungi bangunan dari kerusakan fisik dan cedera makhluk hidup akibat tegangan sentuh. Fungsi konduktor bawah adalah untuk menyediakan jalur impedansi rendah dari *air terminal* ke elektroda bumi sehingga arus petir dapat dialirkan dengan aman ke bumi. Konduktor bawah harus disediakan di setiap tepi struktur (Energi dan Industrial, 2013)

Dalam hal ini, ada beberapa langkah untuk melakukan penilaian risiko petir. Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan penilaian risiko petir:

1. Densitas Sambaran petir ke tanah (N_g)

Densitas sambaran petir ke tanah (N_g) dinyatakan dalam sambaran ke tanah per satuan luas per satuan waktu di suatu lokasi tertentu. Biasanya diasumsikan bahwa densitas sambaran petir ke bumi, gardu induk, atau jalur transmisi atau distribusi kira-kira sebanding dengan tingkat keraunik di lokasi tersebut. Densitas sambaran petir ditentukan dengan persamaan berikut (Anderson) (NFPA, 2008)

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

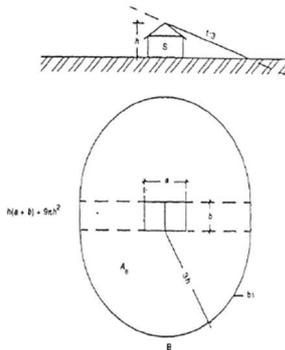
di mana:

T_d = adalah jumlah hari guruh per tahun yang diperoleh dari peta isokeraunik atau tabel yang dikeluarkan oleh BMG

Dalam hal ini, jumlah hari guruh per tahun untuk wilayah Banyuwangi adalah 101 hari (SNI, 2014)

2. Area Cakupan Ekivalen dari Bangunan Gedung (A_e)

Area cakupan ekivalen dari Bangunan Gedung mengacu pada area permukaan tanah setara yang memiliki kerentanan sambaran petir setara dengan strukturnya. Merupakan luas yang disesuaikan dengan struktur yang mencakup pengaruh ketinggian dan lokasi struktur. (SNI, 2014)



Gambar 1.

Area Cakupan Ekivalen

Luas daerah koleksi yang setara dengan bangunan persegi panjang dengan panjang L , lebar W , dan tinggi adalah sebagai berikut:

$$A_e = L.W + 6.H.(L+W) + 9.\pi.H^2 \quad (2)$$

di mana :

A_e = area cakupan ekivalen dari bangunan gedung (m^2)

L = Panjang bangunan gedung

W = Lebar bangunan gedung

H = Tinggi bangunan gedung

3. Frekuensi sambaran petir langsung (N_d) yang diperkirakan pada bangunan gedung Ancaman kejadian tahunan (frekuensi sambaran petir langsung) (N_d) terhadap suatu struktur bangunan gedung ditentukan oleh persamaan berikut:

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} \text{ per tahun} \quad (3)$$

dimana nilai C_1 ditentukan dari tabel berikut:

Tabel 1.

Koefisien Lokasi Struktur atau Bangunan Gedung

Lokasi Struktur atau Bangunan Gedung	C_1
Struktur yang terletak di antara struktur atau pepohonan dengan tinggi yang sama atau lebih tinggi dalam jarak $3H$	0,25
Struktur dikelilingi oleh struktur yang lebih kecil dalam jarak $3H$	0,5
Struktur terisolasi, tidak ada struktur lain yang terletak dalam jarak $3H$	1
Struktur terisolasi di puncak bukit	2

di mana,

N_d = frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan pada bangunan gedung

N_g = densitas sambaran ke tanah rata-rata tahunan, sambaran petir per kilometer per segi per tahun

A_e = area cakupan ekivalen dari bangunan gedung (m^2)

C_1 = koefisien lokasi

4. Frekuensi sambaran petir yang dibolehkan (N_c) pada bangunan gedung

Ukuran risiko kerusakan suatu struktur, termasuk faktor-faktor yang mempengaruhi risiko terhadap struktur, isinya, dan kerugian lingkungan. Itu dihitung dengan membagi frekuensi kerugian properti yang dapat diterima dengan berbagai koefisien yang berkaitan dengan struktur, isi, dan akibat kerusakan (NFPA, 2008). Frekuensi petir yang dapat ditoleransi dinyatakan dengan rumus berikut (NFPA, 2008) :

$$N_c = (1,5 \cdot 10^{-3}) / C \quad (4)$$

Nilai C didapat dari rumus berikut (NFPA, 2008):

$$C = (C_2) \cdot (C_3) \cdot (C_4) \cdot (C_5) \quad (5)$$

di mana :

N_c = Frekuensi Sambaran Petir Langsung yang dibolehkan

C_2 = Penentuan Koefisien Konstruksi

C_3 = Penentuan Koefisien Isi Struktur

C_4 = Penentuan Koefisien Hunian Struktur

C_5 = Penentuan Koefisien Konsekuensi Petir

Sedangkan nilai koefisien C_2 , C_3 , C_4 , dan C_5 dapat diperoleh dari tabel-tabel berikut (NFPA, 2008):

Tabel 2.**Koefisien Konstruksi Struktur atau Bangunan Gedung**

Struktur	Penentuan Koefisien Konstruksi (C_2)		
	<i>Metal Roof</i>	<i>Nonmetallic Roof</i>	<i>Flammable Roof</i>
Metal	0,5	1,0	2,0
<i>Non Metal</i>	1,0	1,0	2,5
<i>Flammable</i>	2,0	2,5	3,0

Tabel 3.**Koefisien Isi Struktur atau Bangunan Gedung**

Isi Struktur	C_3
<i>Low value and nonflammable</i>	0,5
<i>Standard value and nonflammable</i>	1,0
<i>High value, moderate flammability</i>	2,0
<i>Exceptional value, flammable, computer or electronic</i>	3,0
<i>Exceptional value, irreplaceable cultural items</i>	4,0

Tabel 4.**Koefisien Hunian Struktur atau Bangunan Gedung**

Hunian Struktur	C_4
<i>Unoccupied</i>	0,5
<i>Normally occupied</i>	1,0
<i>Difficult to evacuate or risk of panic</i>	3,0

Tabel 5. Koefisien Konsekuensi Petir

Konsekuensi Petir	C_5
<i>Continuity of facility services not required, no environmental impact</i>	1,0
<i>Continuity of facility services required, no environmental impact</i>	5,0
<i>Consequences to the environment</i>	10,0

5. Penilaian Tingkat Risiko Bangunan

Adapun penilaian tingkat risiko bangunan gedung terhadap sambaran petir adalah dengan membandingkan frekuensi sambaran petir langsung yang dibolehkan (N_c) terhadap frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan pada bangunan gedung (N_d). Hasil perbandingan ini digunakan untuk memutuskan apakah diperlukan sistem perlindungan petir. Jika $N_d \leq N_c$, sistem perlindungan petir dapat bersifat opsional sedangkan jika $N_d > N_c$, disarankan untuk memasang sistem perlindungan petir.

2. METODE KAJIAN

Proyek EPCC pembangunan *Workshop* INKA berlokasi di Kp. Baru, Ds. Bulusan, Kec. Kalipuro, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur Indonesia. Pada proyek ini terdapat 7 buah bangunan *workshop* yang akan dibangun dan 5 buah bangunan gardu. Adapun data ukuran bangunan sesuai dokumen gambar sipil yang sudah mendapat persetujuan dari pihak pemberi kerja adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Ukuran Bangunan Gedung proyek EPCC *Workshop* INKA

No.	Nama Bangunan	Dimensi Bangunan		
		Panjang Bangunan (m)	Lebar Bangunan (m)	Tinggi Bangunan (m)
1.	<i>Carbody Manufacture</i>	150	50	17
2.	Componet manufacture	150	50	17
3.	Surface Treatment	170	32	17
4.	<i>Final Assembly I</i>	150	50	17
5.	<i>Final Assembly II</i>	150	50	17
6.	<i>Final Assembly III</i>	150	50	17
7.	<i>Final Testing</i>	250	25	17
8.	Gardu Substation	8	8	4
9.	Gardu A	16	8	4
10.	Gardu B	16	8	4
11.	Gardu C	16	8	4
12.	Gardu D	16	8	4

Diagram alir proses yang dilakukan dalam penilaian risiko bangunan terhadap sambaran petir ini dapat dilihat pada Gambar 2.

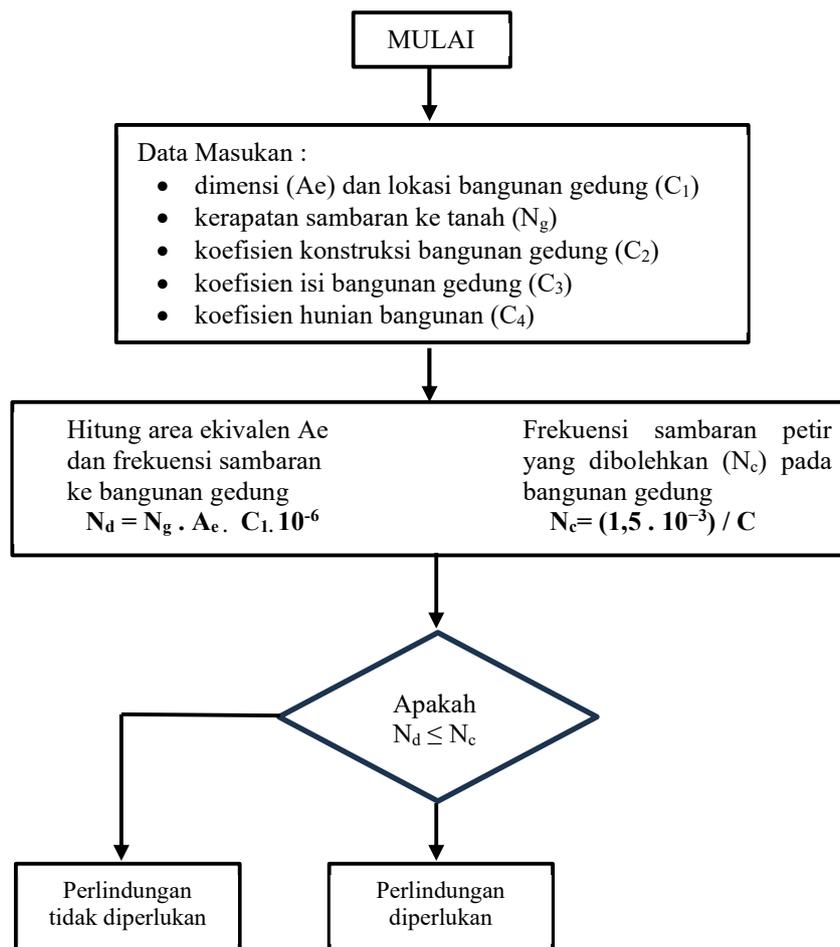
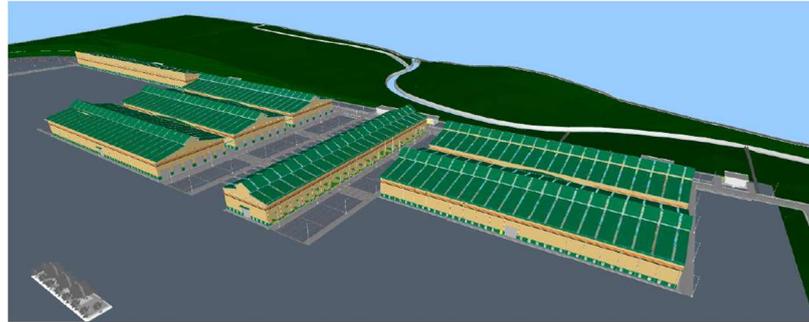
**Gambar 2.**

Diagram alir proses penilaian risiko sambaran petir pada setiap bangunan

Adapun letak bangunan seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Site Plan Proyek

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penilaian Risiko Sambaran Petir Pada Setiap Bangunan Gedung

Sesuai dengan data masukan dari ukuran bangunan gedung dari Tabel 6. nilai area ekivalen pada bangunan sudah diketahui serta nilai jumlah hari guruh per tahun dari tabel yang dikeluarkan oleh BMG yang sebesar 101 untuk area Banyuwangi (SNI, 2014), maka nilai frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan pada bangunan gedung dapat diperoleh sesuai dengan Tabel 7. berikut ini:

Tabel 7.

Nilai Frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan per tahun (N_d)

No.	Nama Bangunan	T_d	C_1	A_e ($L.W + 6.H.(L+W)$ $+ 9.\pi.H^2$)	N_d ($N_g \cdot A_e \cdot$ $C_1 \cdot 10^{-6}$)
1.	<i>Carbody Manufacture</i>	101	0,5	36071.28	0.231
2.	Componet manufacture	101	0,5	36071.28	0.231
3.	Surface Treatment	101	0,5	34215.28	0.219
4.	<i>Final Assembly I</i>	101	0,5	36071.28	0.231
5.	<i>Final Assembly II</i>	101	0,5	36071.28	0.231
6.	<i>Final Assembly III</i>	101	0,5	36071.28	0.231
7.	<i>Final Testing</i>	101	0,5	42471.28	0.272
8.	Gardu <i>Substation</i>	101	0,25	900.39	0.003
9.	Gardu A	101	0,25	1156.39	0.004
10.	Gardu B	101	0,25	1156.39	0.004
11.	Gardu C	101	0,25	1156.39	0.004
12.	Gardu D	101	0,25	1156.39	0.004

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Frekuensi sambaran petir yang dibolehkan (N_c) pada bangunan gedung seperti terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan per tahun (N_d)

No.	Nama Bangunan	Parameter C				N_c (1.5×10^{-3})/C
		C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	
1.	<i>Carbody Manufacture</i>	1	1	1	1	0.002
2.	Componet manufacture	1	1	1	1	0.002
3.	Surface Treatment	1	1	1	1	0.002
4.	<i>Final Assembly I</i>	1	1	1	1	0.002
5.	<i>Final Assembly II</i>	1	1	1	1	0.002
6.	<i>Final Assembly III</i>	1	1	1	1	0.002
7.	<i>Final Testing</i>	1	1	1	1	0.002
8.	Gardu <i>Substation</i>	1	1	0,5	1	0.003
9.	Gardu A	1	1	0,5	1	0.003
10.	Gardu B	1	1	0,5	1	0.003
11.	Gardu C	1	1	0,5	1	0.003
12.	Gardu D	1	1	0,5	1	0.003

Adapun hasil penilaian risiko sambaran petir pada setiap bangunan gedung pada proyek EPCC pembangunan *workshop* INKA adalah sebagai berikut:

Tabel 8.

Penilaian Risiko setiap Bangunan Gedung

No.	Nama Bangunan	N_d	N_c	Penilaian
1.	<i>Carbody Manufacture</i>	0.231	0.002	Perlu sistem perlindungan petir
2.	<i>Component Manufacture</i>	0.231	0.002	Perlu sistem perlindungan petir
3.	<i>Surface Treatment</i>	0.219	0.002	Perlu sistem perlindungan petir
4.	<i>Final Assembly I</i>	0.231	0.002	Perlu sistem perlindungan petir
5.	<i>Final Assembly II</i>	0.231	0.002	Perlu sistem perlindungan petir
6.	<i>Final Assembly III</i>	0.231	0.002	Perlu sistem perlindungan petir
7.	<i>Final Testing</i>	0.272	0.002	Perlu sistem perlindungan petir
8.	Gardu <i>Substation</i>	0.003	0.003	Tidak perlu perlindungan petir
9.	Gardu A	0.004	0.003	Perlu sistem perlindungan petir
10.	Gardu B	0.004	0.003	Perlu sistem perlindungan petir
11.	Gardu C	0.004	0.003	Perlu sistem perlindungan petir
12.	Gardu D	0.004	0.003	Perlu sistem perlindungan petir

Dari Tabel 8. bangunan gedung di proyek EPCC *Workshop* INKA hampir semua memerlukan sistem perlindungan petir kecuali bangunan gedung gardu *Substation*.

3.2. Analisa Area cakupan Pada Perancangan Sistem Perlindungan Petir

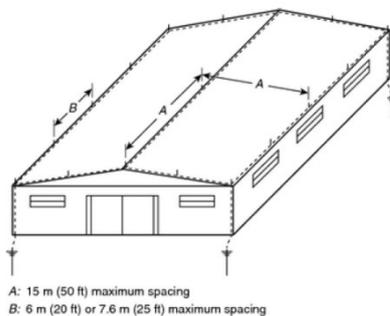
Geometri struktur atau bangunan gedung menentukan zona perlindungan dari sistem perlindungan petir. Terdapat tiga metode untuk menentukan zona perlindungan petir (NFPA, 2008), diantaranya:

- Tipe atap
- Atap bertingkat
- Metode Bola Gulir (*Rolling Sphere*)

Zona perlindungan untuk jenis atap dapat dibagi ke dalam jenis-jenis sebagai berikut (NFPA, 2008):

- Atap datar atau landai
- Dormers
- Atap berkubah
- Atap dengan bubungan, sumur, cerobong asap, atau ventilasi

Metode perancangan lokasi air terminal untuk atap datar atau landai (*gently slooping roofs*) seperti terlihat pada gambar 6. Karena atap bangunan gedung *workshop* INKA berbentuk atap landai yang lebih dari 15 m atau panjangnya harus mempunyai alat penghenti sambaran tambahan yang ditempatkan pada jarak yang tidak melebihi m (50 kaki) di area datar atau landai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. kawasan juga dapat dilindungi dengan menggunakan air terminal yang lebih tinggi yang menciptakan zona pelindung menggunakan metode *rolling* bola agar bola tidak bersentuhan dengan rata atau area atap miring.



Gambar 4.

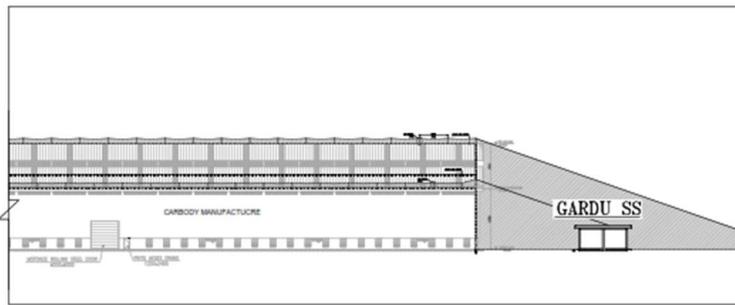
Perancangan lokasi *Air Terminal* pada *Workshop* INKA

Untuk semua bangunan *workshop* yang ada di proyek pembangunan *workshop* INKA mengikuti metode perancangan sistem perlindungan petir seperti terlihat pada Gambar 4.

Sedangkan untuk bangunan gardu akan dilakukan analisa area cakupan perlindungan petir sebagai berikut ini:

1. Gardu SS

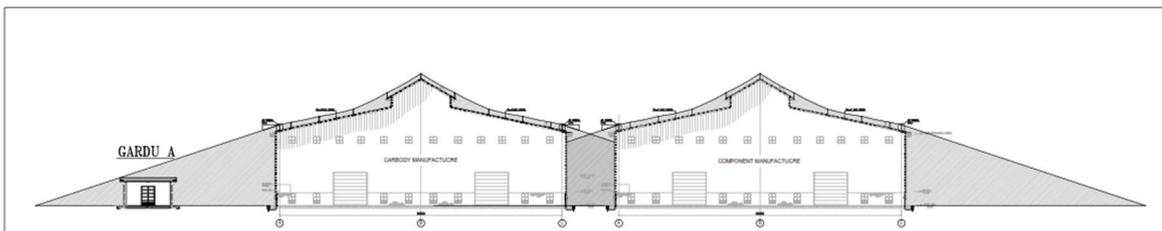
Pada area Gardu SS dengan perhitungan area cakupan ekivalen seperti pada Gambar 1. sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan *Workshop Carbody Manufacture* sudah cukup untuk melindungi bangunan Gardu SS dari kemungkinan sambaran petir, sehingga sistem perlindungan petir pada bangunan Gardu SS tidak perlu ditambahkan lagi sistem perlindungan petir seperti terlihat pada Gambar 5. Padahal secara penilaian tingkat risiko sistem perlindungan petir untuk bangunan Gardu SS tidak memerlukan pemasangan sistem perlindungan petir eksternal hanya perlu menambahkan sistem perlindungan internal yang berada pada masing-masing peralatan listrik yang ada di dalamnya.



Gambar 5.
Area Perlindungan Petir untuk Gardu SS

2. Gardu A

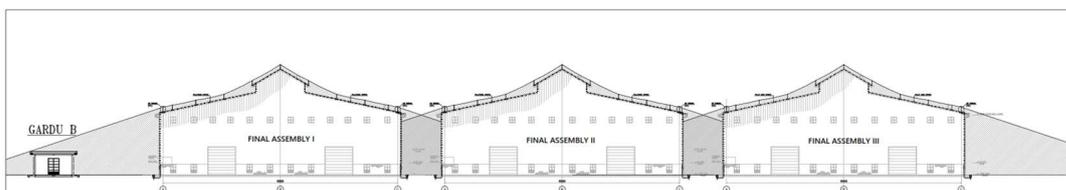
Pada area Gardu A dengan perhitungan area cakupan ekivalen seperti pada Gambar 1, sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan *Workshop Carbody Manufacture* sudah cukup untuk melindungi bangunan Gardu A dari kemungkinan sambaran petir, sehingga sistem perlindungan petir untuk Gardu A tidak diperlukan lagi seperti terlihat pada Gambar 6. Padahal secara penilaian tingkat risiko sistem perlindungan petir untuk bangunan Gardu A memerlukan pemasangan sistem perlindungan petir. Dikarenakan sudah terlindungi dari sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan *Workshop Final Assembly I* dan bangunan *Workshop Surface Treatment* sehingga tidak diperlukan lagi pemasangan sistem perlindungan petir pada bangunan tersebut.

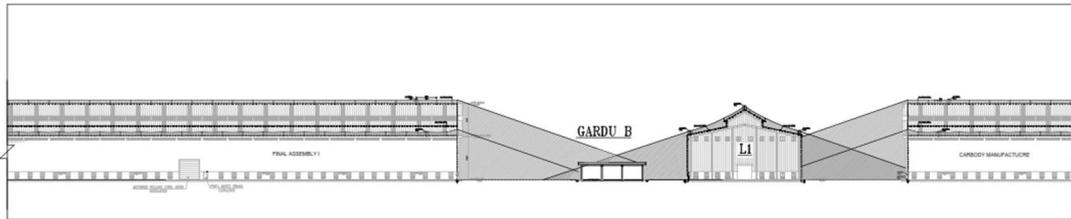


Gambar 6.
Area Perlindungan Petir untuk Gardu A

3. Gardu B

Pada area Gardu B dengan perhitungan area cakupan ekivalen seperti pada Gambar 1, sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan *Workshop Final Assembly* dan *workshop Surface Treatment* sudah cukup melindungi bangunan Gardu B dari kemungkinan sambaran petir, sehingga sistem perlindungan petir untuk Gardu B tidak diperlukan lagi seperti terlihat pada Gambar 7. Padahal secara penilaian tingkat risiko sistem perlindungan petir untuk bangunan Gardu B memerlukan pemasangan sistem perlindungan petir. Dikarenakan sudah terlindungi dari sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan *Workshop Final Assembly I* dan bangunan *Workshop Surface Treatment* sehingga tidak diperlukan lagi pemasangan sistem perlindungan petir pada bangunan tersebut.

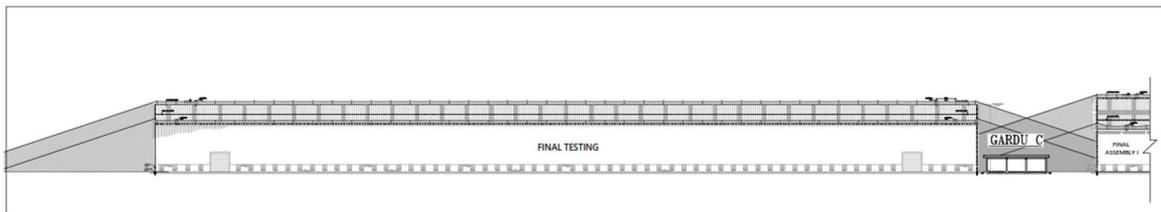




Gambar 7.
Area Perlindungan Petir untuk Gardu B

4. Gardu C

Pada area Gardu C dengan perhitungan area cakupan ekivalen seperti pada Gambar 1, perlindungan petir yang dipasang pada bangunan *workshop Final Testing* dan *workshop Final Assembly I* dan sudah cukup untuk melindungi bangunan Gardu C dari kemungkinan sambaran petir, sehingga perlindungan petir untuk Gardu C tidak diperlukan seperti terlihat pada Gambar 8. Padahal secara penilaian tingkat risiko perlindungan petir untuk bangunan Gardu C memerlukan pemasangan sistem perlindungan petir. Dikarenakan sudah terlindungi dari sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan *workshop Final Testing* dan *workshop Final Assembly I* sehingga tidak diperlukan lagi pemasangan sistem perlindungan petir pada bangunan tersebut.



Gambar 8.
Area Perlindungan Petir untuk Gardu C

5. Gardu D

Pada bangunan Gardu D, lokasi bangunan Gardu D adalah tipikal seperti Gardu A yang berada di sebelah satu bangunan *workshop* saja sehingga tidak diperlukan pemasangan sistem perlindungan petir karena sudah masuk area cakupan ekivalen dari sistem perlindungan bangunan *workshop Final Testing* seperti terlihat pada gambar 3.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penilaian risiko sambaran petir pada setiap bangunan gedung dan analisa area cakupan sistem perlindungan petir yang dipasang pada bangunan-bangunan yang paling tinggi dari bangunan disekitarnya didapatkan bahwa semua bangunan *workshop* memerlukan pemasangan sistem perlindungan petir pada bangunannya. Sedangkan untuk bangunan gardu, hanya gardu SS yang tidak memerlukan pemasangan sistem perlindungan petir sesuai dengan penilaian risiko bangunan terhadap sambaran petir. Akan tetapi berdasarkan analisa area cakupan sistem perlindungan proteksi yang terpasang pada bangunan sebelahnya tidak memerlukan sistem perlindungan proteksi lagi, karena area

bangunan gardu sudah terlindungi sistem proteksi petir yang terpasang pada bangunan *workshop*.

Untuk bangunan gardu yang tidak dipasang sistem perlindungan petir sesuai dengan hasil analisa penilain risiko dan area cakupan, disarankan untuk peralatan yang ada didalam bangunan tersebut dipasang sistem perlindungan petir seperti penggunaan lightning arrester pada peralatan listrik dan elektroniknya.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. SNI 03-7015-2014, “ Sistem perlindungan petir pada bangunan gedung”, 2014
2. NFPA 780, *Standard for the Installation of Lightning Protection Systems*, 2008
3. IEEE 998-2012, *IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations*, 2012
4. Energi dan Industrial, D (2013). *Electrical Earthing and Lightning Protection Specification*, Jakarta: Penerbit Departemen Energi dan Industrial PT. ADHI Karya (Persero) Tbk