



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 091399

**STUDI PROTEKSI PENGAMAN PETIR DAN SISTEM
PENTANAHAN DI BANDAR UDARA TJILIK RIWUT
PALANGKA RAYA KALIMANTAN TENGAH**

Chasib Atsqolani
NRP 2212 105 009

Dosen Pembimbing
I Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda, ST., MT.
Ir. R. Wahyudi

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 091399

**STUDY OF LIGHTNING PROTECTION AND GROUNDING
SYSTEM IN TJILIK RIWUT AIRPORT PALANGKA RAYA
CENTRAL BORNEO**

Chasib Atsqolani
NRP 2212 105 009

Advisor

I Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda, ST., MT.
Ir. R. Wahyudi

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

**STUDI PROTEKSI PENGAMAN PETIR DAN
SISTEM PENTANAHAN DI BANDAR UDARA
TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA
KALIMANTAN TENGAH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

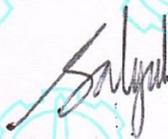
Pada

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

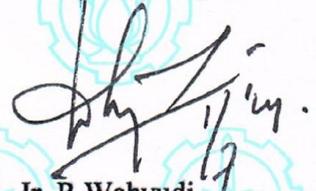
Dosen Pembimbing I,



I Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda, ST., MT.

NIP : 197301232002121001

Dosen Pembimbing II,



Ir. R. Wahyudi

NIP : 195102021976031003



STUDI PROTEKSI PENGAMAN PETIR DAN SISTEM PENTANAHAN DI BANDAR UDARA TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA KALIMANTAN TENGAH

Nama : Chasib Atscolani
NRP : 2212 105 009
Pembimbing I : IGN Satriyadi Hernanda, ST., MT.
NIP : 1973 01 23 2002 12 1001
Pembimbing II : Ir. R. Wahyudi
NIP : 1951 02 02 1976 03 1003

Abstrak

Sistem Perlindungan Eksternal dari bahaya sambaran petir yang sudah di pasang di area lokasi Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya propinsi Kalimantan Tengah saat ini menggunakan metode jarak perlindungan. Yaitu dengan menggunakan jarak perlindungan dengan radius tertentu untuk masing masing peralatan penyalur petir yang dipasang pada ketinggian tertentu. Metode ini mengikuti sebagaimana yang sudah di sampaikan oleh data teknis dari peralatan yang sudah dikeluarkan oleh pabrikan pembuat perangkat tersebut. Sistem perlindungan petir yang digunakan juga harus tetap mengacu pada standar yang berlaku. Dengan mengacu pada IEC 62305-3 sistem perlindungan petir yang terpasang dilakukan pemodelan dengan menggunakan metode yang sudah di sebutkan di dalam IEC 62305-3 yaitu dengan metode bola gelinding dan metode sudut perlindungan. Setelah dilakukan pemodelan ternyata sistem yang sudah terpasang di bandar udara masih belum mampu memenuhi kriteria dari IEC 62305-3 untuk melindungi area penunjang dari bandara Tjilik Riwut secara keseluruhan.

Kata kunci : Sistem perlindungan eksternal dari bahaya sambaran petir, Jarak perlindungan, Standar, IEC 62305-3, Metode bola gelinding, Metode sudut perlindungan

STUDY OF LIGHTNING PROTECTION AND GROUNDING SYSTEM IN TJILIK RIWUT AIRPORT PALANGKA RAYA, CENTRAL BORNEO

Name : Chasib Atsqolani
NRP : 2212 105 009
Advisor I : IGN Satriyadi Hernanda, ST., MT.
NIP : 1973 01 23 2002 12 1001
Advisor II : Ir. R. Wahyudi
NIP : 1951 02 02 1976 03 1003

Abstract

The eksternal lightning protection sistem that have been installed in Tjilik Riwut Airport of Palangka Raya, Central Borneo currently used the radius of protection methode. This methode is use the radius of protection with certain radius for each of lightning protection tower had been installed with certain high from the earth level. This methode was delivered on the technical datasheet from the product being used that was issued by manufacturer of the product. The lightning protection methode that been used should be refer to the aplicable standard. Refer to the IEC 62305, the lightning protection that was installed in the Tjilik Riwut Airport will be modeled to the methode that was delivered on IEC 62305-3, the methode is The Rolling Sphere methode, and the Angle of Protection methode. And then, after the sistem being modeled the lightning protection sistem that been used in Tjilik Riwut doesn't meet the criteria that was require on the standard to protect all the supporting area of Tjilik Riwut Airport at all.

Keywords : Eksternal lightning ightning protection system, radius of protection, standard, IEC 62305-3, Rolling sphere methode, Angle of protection methode.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.,

Puji syukur hanya untuk Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya yang tak henti-hentinya dilimpahkan pada hamba-Nya. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah pada Rasulullah Nabi Muhammad SAW.

Tujuan pelaksanaan dan penulisan buku tugas akhir ini ialah sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bpk. I Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda, ST., MT. dan Ir. R. Wahyudi selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, saran, serta bimbingannya.
2. Bpk. Dr. Tri Arief Sardjono, ST.,MT. dan Ir. Teguh Yuwono selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS dan Koordinator Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga yang telah menyetujui pelaksanaan tugas akhir ini.
3. Istriku tercinta Nikmatul Ikhrom E J, yang senantiasa memberikan semangat, doa dan kasih sayang untuk penulis
4. Segenap keluarga, terutama Bapak, Ibu, Kakak-kakak tercinta, Ayah dan Ibu mertua serta adik-adik iparku yang senantiasa memberikan semangat, kasih sayang, dan doa untuk keberhasilan penulis.
5. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS, rekan kelas power, lintas jalur 2012 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi banyak pihak. Kritik dan saran yang membangun dari pembaca akan sangat dibutuhkan untuk pengembangan ke arah yang lebih baik.

Surabaya, Juni 2014

Penulis

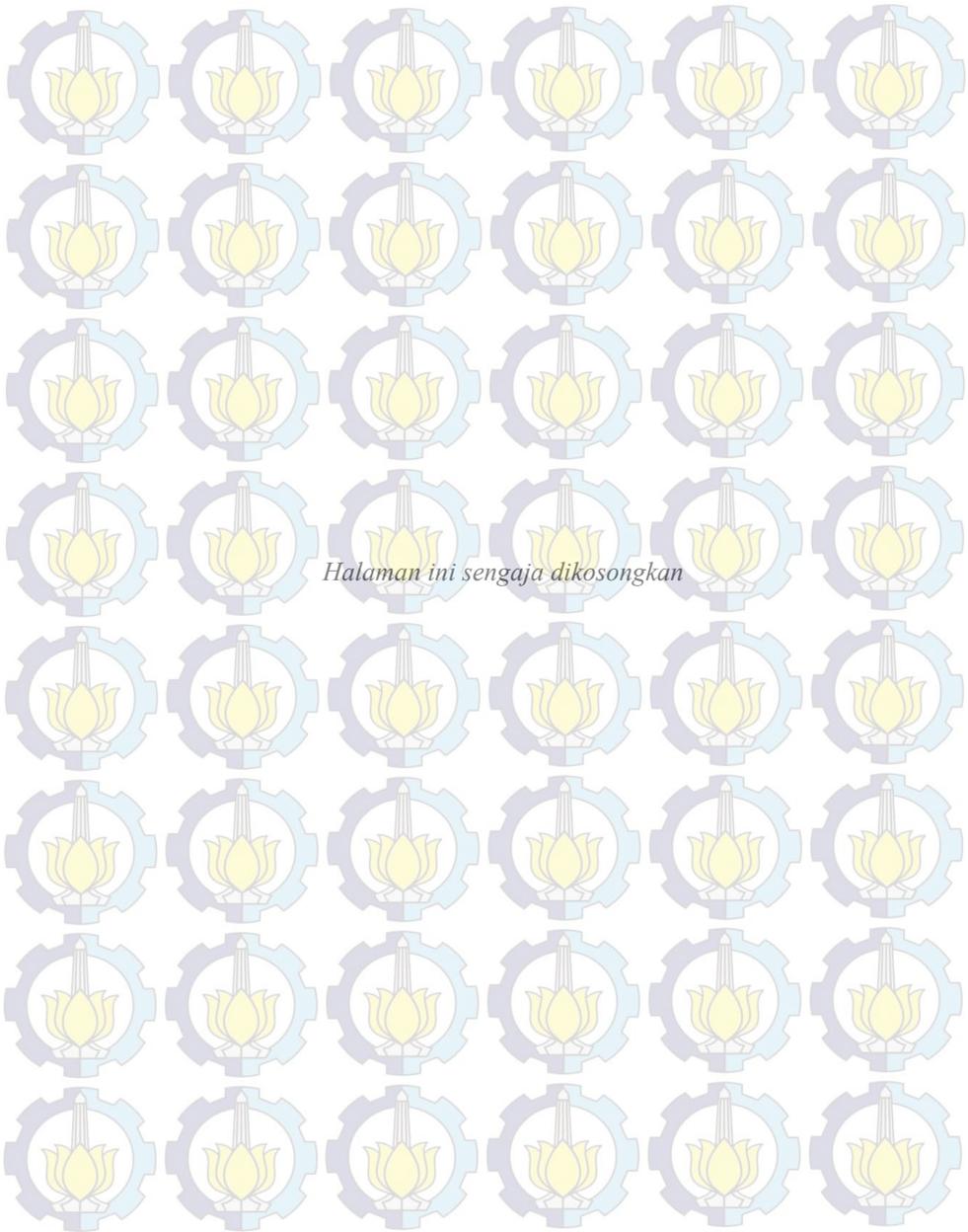
DAFTAR ISI

HALAMAN

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tinjauan Pustaka.....	3
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan Buku.....	5
BAB II SISTEM PERLINDUNGAN TERHADAP PETIR.....	7
2.1 Proses Terjadinya Petir.....	7
2.2 Jenis-Jenis Sambaran Petir.....	9
2.2.1 Sambaran Antara Awan dengan Tanah (<i>Cloud to Ground</i> (CG)).....	9
2.2.2 Sambaran Antara Awan dengan Awan (<i>Cloud to Cloud</i>).....	9
2.2.3 Sambaran Antara Muatan di dalam Petir (<i>Intra-Cloud</i>).....	9
2.3 Karakteristik Petir.....	9
2.3.1 Durasi Pendek (<i>Short Duration/ Impulse Current</i>).....	9
2.3.2 Durasi Panjang (<i>Long Stroke</i>).....	10
2.4 Sistem Perlindungan Terhadap Sambaran Petir.....	10
2.4.1 Metode Sudut Perlindungan/ Kerucut.....	11

2.4.2	Metode Bola Bergulir (<i>Rolling Sphere Methode</i>)	12
2.4.3	Metode Mesh/ jala	14
BAB III SISTEM PERLINDUNGAN TERHADAP PETIR DI BANDAR UDARA TJILIK RIWUT		
3.1	Kondisi Geografis Propinsi Kalimantan Tengah	17
3.2	Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya	19
3.3	Sistem Perlindungan Petir yang Terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya	19
3.3.1	Perlindungan Petir pada Area Terminal dan Cargo	20
3.3.2	Perlindungan Petir pada Area Parkiran	20
3.3.3	Perlindungan Petir pada Area NDB (<i>Non Directional Beacon</i>)	21
3.3.4	Perlindungan Petir pada Area PH (<i>Power House</i>)	21
3.3.5	Perlindungan Petir pada Area ATC (<i>Air Traffic Controller</i>)	22
3.3.6	Perlindungan Petir pada Area Kantor Administrasi Bandar Udara (ADBAND)	22
3.4	Sistem Pentanahan (<i>Grounding System</i>)	23
BAB IV ANALISA SISTEM PERLINDUNGAN PETIR DI BANDAR UDARA TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA		
4.1	<i>Obstacle Area</i>	25
4.1.1	Ketinggian Bangunan Terminal dan Cargo yang diijinkan Sesuai <i>Obstacle Area</i>	28
4.1.2	Ketinggian Bangunan atau Peralatan di Area Parkiran yang diijinkan Sesuai <i>Obstacle Area</i>	29
4.1.3	Ketinggian Bangunan di Area NDB (<i>Non Directional Beacon</i>) yang diijinkan Sesuai <i>Obstacle Area</i>	31
4.1.4	Ketinggian Bangunan di Area <i>Power House</i> yang diijinkan Sesuai <i>Obstacle</i>	

	<i>Area</i>	31
4.1.5	Ketinggian Bangunan di Area Tower ATC (<i>Air Traffic Controller</i>) yang diijinkan Sesuai <i>Obstacle Area</i>	33
4.1.6	Ketinggian Bangunan di Area Kantor Administrasi Bandar Udara (ADBAND) yang diijinkan Sesuai <i>Obstacle Area</i>	34
4.2	Sistem Perlindungan Petir dan Pentanahan yang Saat Ini Ada dan Terpasang di Area Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya.....	35
4.2.1	Analisa Sistem Perlindungan Petir yang Terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Sesuai dengan IEC 62305.....	37
4.2.1.1	Terminal dan Cargo.....	37
4.2.1.2	Area Parkiran.....	43
4.2.1.3	Area NDB (<i>Non Directional Beacon</i>).....	46
4.2.1.4	<i>Power House</i>	49
4.2.1.5	<i>Tower ATC (Air Traffic Controller)</i>	53
4.2.1.6	Kantor Administrasi Bandar Udara (ADBAND).....	55
4.2.2	Analisa Sistem Pentanahan Untuk Proteksi Petir Yang Terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Sesuai dengan IEC 62305.....	59
4.3	Studi Perancangan Penyalur Petir Serta Pentanahan di Area Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Sesuai dengan IEC 62305.....	63
BAB V PENUTUP.....		77
5.1	Kesimpulan.....	77
5.2	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....		81
BIODATA PENULIS.....		83



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

		HALAMAN
Gambar 2.1	Distribusi dan Pergerakan Ion-Ion Positif dan Negatif pada Awan Bermuatan.....	8
Gambar 2.2	Karakteristik Arus Petir.....	9
Gambar 2.3	<i>Long Stroke Current</i>	10
Gambar 2.4	Metode Sudut Perlindungan.....	11
Gambar 2.5	Grafik Sudut Perlindungan terhadap Ketinggian.....	12
Gambar 2.6	Metode Bola Bergulir.....	13
Gambar 2.7	Metode Mesh/ Jala.....	14
Gambar 3.1	Peta Pulau Kalimantan.....	17
Gambar 3.2	Kerapatan Sambaran Petir per Tahun.....	18
Gambar 3.3	Layout Bandar Udara Tjilik Riwut.....	19
Gambar 3.4	Layout Penyalur Petir Area Terminal dan Cargo.....	20
Gambar 3.5	Layout Penyalur Petir untuk Area Parkiran.....	21
Gambar 3.6	Layout Penyalur Petir untuk Area NDB.....	21
Gambar 3.7	Layout Penyalur Petir Area <i>Power House</i>	22
Gambar 3.8	Layout Penyalur Petir untuk Area <i>Tower</i>	22
Gambar 3.9	Layout Penyalur Petir Kantor Administrasi Bandara.....	23
Gambar 3.10	Layout Jalur Pentanahan Penyalur Petir.....	23
Gambar 3.11	(a) Koneksi Antar Batang Konduktor dan Kabel Penyalur Dari Tower (b) Posisi Kabel <i>Bare Copper</i> yang di Tanam 50 cm.....	24
Gambar 4.1	<i>Obstacle Area</i>	26
Gambar 4.2	Area Bandara dalam <i>Obstacle Area</i>	27
Gambar 4.3	Jarak Area Terminal dengan Landasan Pacu.....	28
Gambar 4.4	Tampak Samping Terminal dan Cargo diantara Zona A1-B1.....	28
Gambar 4.5	Area Parkiran.....	30
Gambar 4.6	Area <i>Power House</i>	32
Gambar 4.7	Jarak Tower dengan Zona A1.....	33
Gambar 4.8	Kantor Administrasi Bandara.....	34
Gambar 4.9	Area Perlindungan Petir LPI Guardian CAT IIIIG di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka.....	34

	Raya.....	36
Gambar 4.10	Perspektif Posisi Tower Penyalur Petir untuk Area Terminal dan Cargo.....	38
Gambar 4.11	Tampak Samping Proteksi Petir di area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level I.....	38
Gambar 4.12	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level I.....	39
Gambar 4.13	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level I.....	39
Gambar 4.14	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level IV....	40
Gambar 4.15	Tampak Samping Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level IV....	40
Gambar 4.16	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level IV.....	41
Gambar 4.17	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level I.....	41
Gambar 4.18	Tampak Samping Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level I.....	42
Gambar 4.19	Tampak Samping Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level IV.....	42
Gambar 4.20	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level IV.....	43
Gambar 4.21	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level I.....	44
Gambar 4.22	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level IV.....	44
Gambar 4.23	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I.....	45

Gambar 4.24	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV.....	45
Gambar 4.25	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV.....	46
Gambar 4.26	Tampak Depan Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I.....	47
Gambar 4.27	Tampak Samping Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I.....	47
Gambar 4.28	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV.....	48
Gambar 4.29	Tampak Depan Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I.....	49
Gambar 4.30	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I.....	49
Gambar 4.31	Tampak Depan Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV.....	50
Gambar 4.32	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan level IV.....	50
Gambar 4.33	Tampak Depan Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I.....	51
Gambar 4.34	Tampak Samping Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I.....	51
Gambar 4.35	Tampak Depan Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV.....	52
Gambar 4.36	Tampak Samping Proteksi Petir di Area <i>Power House</i> dengan Metode Bola Gelinding Proteksi	

	Menggunakan Level IV.....	52
Gambar 4.37	Tampak Depan Proteksi Petir di Area <i>Tower</i> ATC dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I.....	53
Gambar 4.38	Tampak Depan Proteksi Petir di Area <i>Tower</i> ATC dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I.....	54
Gambar 4.39	Tampak Depan Proteksi Petir di Area <i>Tower</i> ATC dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV.....	54
Gambar 4.40	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I.....	55
Gambar 4.41	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I.....	55
Gambar 4.42	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV....	56
Gambar 4.43	Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV....	56
Gambar 4.44	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I.....	57
Gambar 4.45	Tampak Samping Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I.....	57
Gambar 4.46	Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV.....	58
Gambar 4.47	Tampak Samping Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV.....	58
Gambar 4.48	Layout Interkoneksi Grounding	59
Gambar 4.49	Jalur Interkoneksi Sistem Pentanahan Untuk Penyalur Petir dan Pentanahan Sistem.....	60
Gambar 4.50	Jalur Interkoneksi Sistem Pentanahan untuk	

	Penyalur Petir.....	60
Gambar 4.51	Jalur Kabel Pentanahan di Dalam Tanah	61
Gambar 4.52	Hasil Pengukuran Tahanan Tanah.....	62
Gambar 4.53	Susunan Dalam Pemasangan Batang Konduktor Pentanahan.....	63
Gambar 4.54	Ketinggian Bangunan di Titik Terdekat dengan Titik A1	65
Gambar 4.55	Area Perlindungan pada Metode Bola Gelinding..	65
Gambar 4.56	Peletakan Batang Konduktor pada Bangunan Terminal dan Cargo	68
Gambar 4.57	Tampak Atas Pemodelan Terminal dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding dengan Level Perlindungan Level I	69
Gambar 4.58	Tampak Depan Pemodelan Area Terminal dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding dengan Level Perlindungan Level I	69
Gambar 4.59	Tampak Samping Pemodelan Area Terminal dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding dengan Level Perlindungan Level I	69
Gambar 4.60	Tampak Isometric Kanan-Depan Pemodelan Area Terminal dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding dengan Level Perlindungan Level I ...	70
Gambar 4.61	Tampak Isometric Kanan-Belakang Pemodelan Area Terminal dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding dengan Level Perlindungan Level I	70
Gambar 4.62	Sistem Perlindungan Petir Untuk Area Terminal dan Posisinya Dalam <i>Obstacle Area</i>	71
Gambar 4.63	Perbandingan Radius dan Jarak Konduktor	72
Gambar 4.64	Luasan Area Pentanahan Ring.....	72
Gambar 4.65	Tampak Atas Jalur Pentanahan.....	74
Gambar 4.66	Tampak Isometric Jalur Pentanahan, dan Kabel Turunan yang Berada di Bangunan.....	74
Gambar 4.67	Tampak Isometric Air Rancangan <i>Air Terminal</i> , Kabel Turunan dan Jalur Pentanahan.....	75

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Jari-Jari Bola Gelinding dan Kelas Perlindungannya.....	14
Tabel 2.2 Jarak Jari-Jari Bola Bergulir dan Jarak Antar Konduktor dalam Sistem Mesh sesuai Kelas Perlindungan.....	15
Tabel 4.1 Level Proteksi dari LPI Guardian CAT IIIG.....	35
Tabel 4.2 Jarak Antar Batang Konduktor dan Kedalaman Lengkungan (<i>Sag</i>).....	66
Tabel 4.3 Jarak Tipikal Antar Konduktor Turunan Sesuai Dengan Kelas LPS.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Petir merupakan fenomena alam yang menghasilkan energi begitu besar pada saat menyambar pada suatu benda atau peralatan. Peralatan listrik harus diberikan perlindungan yang baik terhadap petir, ketika petir menyambar dan mengenai peralatan listrik yang tidak berpelindung maka akan menyebabkan kerusakan pada benda atau peralatan tersebut.

Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Kalimantan Tengah, merupakan pusat terminal penerbangan utama di wilayah Kalimantan Tengah. Sebagai Bandar Udara utama di propinsi Bandar Udara Tjilik Riwut harus didukung oleh peralatan dan perangkat penunjang yang baik dan memadai. Salah satu sistem penunjang di suatu Bandar Udara, yaitu sistem kelistrikan dan telekomunikasi yang memiliki peran penting dalam operasional Bandar Udara.

Perlindungan petir sendiri dibagi menjadi 2 cara yaitu perlindungan petir internal dan eksternal. Perlindungan petir internal dapat dilakukan dengan cara perbaikan di sisi *grounding* peralatan dan penambahan peralatan penahan surja atau biasa disebut *surge arrester*. Perlindungan petir eksternal merupakan perlindungan petir dari bahaya sambaran langsung, hal ini bisa dilakukan dengan cara memasang instalasi penyalur petir yang terdiri dari *air terminal*, *down conductor*, dan *ground rod/earth termination*.

Pada perlindungan internal yaitu dengan membuat sistem *grounding* yang terintegrasi untuk menyamakan potensial diseluruh lokasi area perlindungan, sedangkan untuk penggunaan *arrester* sesuai dengan zona dan kelas perlindungannya. Pada perlindungan eksternal ada beberapa metode perlindungan yaitu perlindungan dengan metode sudut perlindungan, metode bola gelinding dan juga metode jala-jala/ mesh.

Dengan memperhatikan dasar ilmiah dan teknis serta standar sebagai acuan dalam sistem perlindungan petir dalam penerapannya di lapangan dan dengan mengingat fungsi Bandar Udara Tjilik Riwut beserta peralatan pendukung operasinya di lapangan yang cukup vital serta adanya proses perluasan wilayah Bandar Udara saat ini, maka dirasa perlu untuk diadakan studi tentang sistem perlindungan petir yang ada di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Kalimantan Tengah.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi perumusan masalah dalam tugas akhir ini ialah :

1. Bandar Udara Tjilik Riwut sebagai Bandar Udara utama di ibukota Provinsi Kalimantan Tengah yaitu Palangka Raya merupakan salah satu lokasi vital yang perlu dijaga untuk tetap bisa beroperasi normal secara terus menerus.
2. Sebagai salah satu fasilitas publik, Bandar Udara Tjilik Riwut sangat penting untuk tetap di jaga dari gangguan dan bahaya yang bisa mengancam kelancaran kegiatan operasional atau bahkan keberlangsungan operasional dari Bandar Udara tersebut. Untuk itu segala potensi bahaya baik non teknis maupun teknis perlu benar-benar diperhatikan dan diberikan solusi untuk menanggulangi dan mengamankan dari seluruh ancaman yang ada.
3. Palangka Raya yang terletak di jalur khatulistiwa merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki hari guruh yang cukup besar yaitu di kisaran 80 pertahun. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa daerah tersebut memiliki kerawanan dan tingkat bahaya yang tinggi dari gangguan sambaran petir. Oleh sebab itu suatu sistem perlindungan petir yang baik dan handal sangat mutlak diperlukan.
4. Sistem perlindungan dari gangguan petir yang ada tentunya harus tetap memperhatikan kaidah-kaidah dan Acuan standar yang berlaku, di akui serta yang dipersyaratkan oleh pihak-pihak terkait

Berdasarkan atas beberapa permasalahan di atas, untuk itu sangat diperlukan suatu studi/ penelitian mengenai sistem perlindungan petir dengan mengacu pada standar yang berlaku dan di akui serta dipersyaratkan untuk diterapkan di lokasi tersebut, dengan tetap memperhatikan standar keselamatan lain yang di adopsi Bandar Udara Tjilik Riwut.

1.3 Batasan Masalah

Studi penyalur petir pada Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya dilakukan hanya pada wilayah/lokasi dan peralatan atau sistem yang berada dalam wilayah tanggung jawab Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Kalimantan Tengah. Dimana lokasi-lokasi tersebut meliputi lokasi yang di pasang perangkat perangkat pengamanan petir berupa tower penyalur petir yang terdiri dari: area terminal dan cargo,

area parkir, area NDB(*Non Directional Beacon*), area PH(*Power House*), area tower ATC (*Air Traffic Controller*), dan area kantor administrasi bandara(*ADBAND*).

Studi pengamanan petir ini meliputi dan di batasi pada studi area perlindungan dari perangkat petir eksternal dan sistem pentanahan untuk perangkat petir yang di aplikasikan saat ini jika mengacu pada standar yang ada. Standar yang akan digunakan sebagai bahan acuan untuk studi sistem perlindungan petir dan pentanahan di Bandar Udara Tjilik Riwut yang dibahas dalam buku Tugas Akhir ini yaitu IEC 62305-3 "*Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*"

1.4 Tinjauan Pustaka

Pustaka yang digunakan dalam penulisan buku tugas akhir ini yaitu dari buku-buku penunjang untuk teori mengenai petir serta standard-standard nasional dan internasional yang berkaitan dengan teknik pengamanan petir terutama IEC 62305-1 "*Protection against lightning – Part 1: General principle*"; IEC 62305-3 "*Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*". Kemudian draft standar lain yang akan digunakan sebagai bahan pertimbangan yaitu "*ICAO - ANNEX 14*" sebagai standar desain manual dalam pembuatan bandar udara, dan juga literatur serta standar lain dalam hal keselamatan penerbangan serta perlindungan petir, baik berupa buku, *datasheet*/katalog/data teknis dari suatu produk atau buku aplikasi teknis yang dikeluarkan oleh pabrikan, situs, forum serta sumber-sumber pembahasan dan diskusi di internet.

1.5 Tujuan

1. Untuk mengevaluasi sistem perlindungan petir dan sistem pentanahan yang saat ini di aplikasikan di Bandar Udara Tjilik Riwut kota Palangka Raya propinsi Kalimantan Tengah.
2. Untuk mendapatkan hasil studi dan analisa mengenai penyalur petir dan sistem pentanahan yang sudah terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya sesuai dengan standar IEC 62305-3 "*Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*".
3. Untuk memperoleh suatu dasar acuan dalam perbaikan sistem perlindungan petir dan pentanahan kedepan.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam studi sistem perlindungan petir di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya akan dilakukan dengan melakukan beberapa metode berikut:

1. Studi literatur
Studi literatur dilakukan guna mencari literatur dan standar dalam pemasangan suatu instalasi penyalur petir beserta peralatan pendukungnya .
2. Studi dan pengumpulan data di lapangan
Studi dan pengumpulan data di lapangan dilakukan dengan cara melakukan pengumpulan data di lokasi serta pengumpulan informasi mengenai kondisi aktual dari narasumber yang merupakan petugas yang berwenang dalam bagian tersebut guna mendapatkan data yang benar-benar valid mengenai kondisi tersebut.
3. Analisa data
Data beserta informasi yang sudah diperoleh kemudian dianalisa secara teoritis dan teknis serta perhitungannya. Data dianalisa mengenai sistem penyalur petir yang sudah terpasang pada area Bandar Udara apakah mampu mengamankan seluruh area Bandar Udara baik dari sambaran langsung maupun tak langsung.
4. Menentukan masalah dan perbaikan
Setelah dilakukan studi analisa kemudian bisa ditentukan masalah yang menyebabkan sistem perlindungan petir yang sudah terpasang tidak bekerja maksimal sesuai dengan dasar teori dan standard yang digunakan. Kemudian juga ditentukan bagaimana solusi perbaikan dari kondisi yang ada sehingga diharapkan nantinya sistem pengaman petir yang sudah ada dapat bekerja secara maksimal.
5. Penulisan laporan tugas akhir
Semua teori, data hasil analisa beserta permasalahan dan metode perbaikan yang sudah dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini disusun dan ditulis dalam suatu laporan tugas akhir sesuai dengan format yang sudah ditentukan oleh pihak Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri ITS .

1.7 Sistematika Penulisan Buku

Dalam penulisan buku tugas akhir ini akan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

BAB I Pendahuluan

Bab ini secara garis besar membahas tentang latar belakang judul tugas akhir, permasalahan yang terjadi, tujuan tugas akhir, metodologi penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun laporan tugas akhir ini

BAB II Sistem Perlindungan Terhadap Petir

Bab II akan membahas mengenai dasar teori, dan tinjauan pustaka yang akan digunakan sebagai dasar untuk pengerjaan laporan tugas akhir ini, dalam bab ini akan di paparkan mengenai proses terjadinya petir, jenis-jenis sambaran petir dan karakteristik petir sebagai gambaran mengenai fenomena petir serta sistem perlindungan terhadap sambaran petir yang akan digunakan sebagai acuan utama untuk permodelan sistem perlindungan petir yang akan di bahas pada bab selanjutnya

BAB III Sistem Perlindungan terhadap Petir di Bandar Udara Tjilik Riwut

Dalam Bab III akan di bahas mengenai kondisi sistem perlindungan terhadap petir dan pentanahan yang saat ini digunakan di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya, dengan diberikan pendahuluan mengenai sekilas tentang kondisi geografia Kalimantan Tengah, kota Palangka Raya serta Bandar Udara Tjilik Riwut.

BAB IV Analisa Sistem Perlindungan Petir Di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai Analisa dalam studi perlindungan petir dan sistem pentanahan yang saat ini digunakan di bandara tjilik riwut baik dengan metode yang saat ini di gunakan maupun sesuai dengan IEC 62305-3. Kemudian juga akan di berikan gambaran mengenai *obstacle area* pada bandar udara yang digunakan juga sebagai acuan dalam perancangan sistem perlindungan petir di Bandar Udara Tjilik Riwut.

BAB V Penutup

Pada bagian kesimpulan dan saran akan di sampaikan kesimpulan dari hasil analisa sistem perlindungan petir dan pentanahan di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya serta masukan/saran untuk sistem perlindungan petir dari hasil analisa tentang sistem perlindungan petir yang sudah di gunakan saat ini.

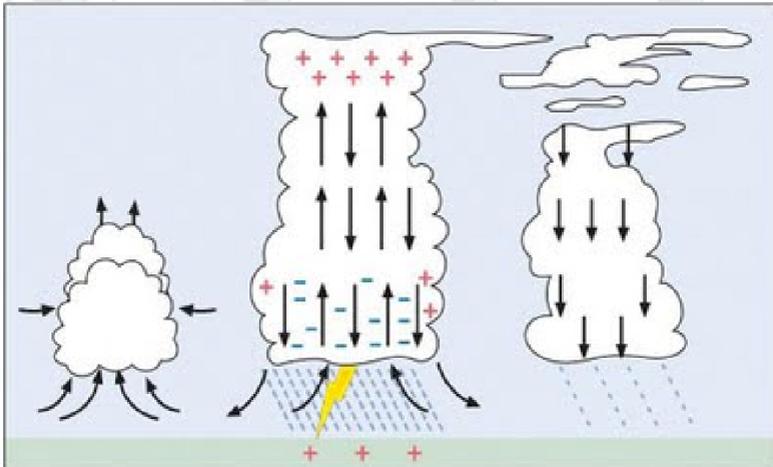
BAB II

SISTEM PERLINDUNGAN TERHADAP PETIR

2.1 Proses Terjadinya Petir[9][10][11]

Petir merupakan fenomena alam yang terjadi akibat pelepasan muatan yang bisa terjadi antara awan dengan awan/ awan dengan tanah. Pada peristiwa ini terjadi loncatan muatan dengan jumlah yang cukup besar sehingga akan diikuti oleh loncatan bunga api yang biasa disebut dengan kilat/ petir.[9]

Awan terbentuk dari proses penguapan air di dataran bumi baik dari laut, danau sungai maupun tempat-tempat penampungan air terbuka yang ada di permukaan bumi. Uap air yang berupa gas bersuhu hangat tersebut bergerak naik ke udara. Suhu udara yang hangat tersebut menyebabkan udara dingin yang ada di sekitarnya tertarik menuju udara hangat tersebut sehingga terbentuk suatu awan besar. Ketika udara panas yang terkandung di awan sangat banyak maka uap air yang terkandung di dalam awan juga sangat banyak. Udara yang mengandung uap air ini akan naik menuju lokasi yang lebih tinggi dengan kecepatan sekitar 30 sampai 40 m/s, sehingga udara yang mengandung butiran air tersebut mencapai suhu yang lebih rendah. Ketika udara yang mengandung uap air mencapai suhu yang lebih rendah uap air akan cenderung membeku dan memiliki berat jenis yang lebih besar sehingga udara yang mengandung butiran-butiran es tersebut akan meluncur kebawah dengan kecepatan yang relative tinggi. Gerakan udara yang mengandung butiran es ke bawah tersebut menyebabkan terjadinya gesekan antara udara yang mengandung uap air yang bergerak ke atas dan udara yang mengandung butiran air yang bergerak ke bawah. Gesekan tersebut menyebabkan ion-ion negatif tertarik oleh butiran-butiran air es yang menuju ke bawah, dan ion positif di tolak sehingga ion positif terkumpul di bagian atas dari awan dan ion negatif terkumpul di bagian bawah dari awan sehingga terbentuklah suatu awan bermuatan.



Gambar 2.1 Distribusi dan Pergerakan Ion-Ion Positif dan Negatif pada Awan Bermuatan [9]

Muatan negatif yang terkumpul dibagian bawah dari awan tersebut menginduksi permukaan bumi yang menyebabkan ion-ion positif tertarik dan terkumpul pada permukaan bumi yang berada di bawah awan bermuatan tersebut. Muatan-muatan positif yang terkumpul dipermukaan bumi juga akan merambat dan berpindah menuju lokasi-lokasi yang memiliki ketinggian yang lebih tinggi dari permukaan bumi melalui media-media yang dapat menghantarkan ion positif tersebut untuk semakin mendekati ion-ion negatif yang terkumpul di bagian bawah dari awan bermuatan.

Ketika konsentrasi ion yang berada di permukaan bumi dan di bagian awan sudah cukup besar menyebabkan terjadi beda potensial yang cukup tinggi antara awan dan permukaan bumi. Ketika beda potensial yang terjadi melebihi besaran tegangan tembus dari udara atmosfer di sekitar maka akan timbul lompatan muatan disertai bunga api yang di sebut dengan petir.

Petir yang mungkin bisa terjadi tidak hanya antara muatan negatif yang ada di awan dengan muatan positif yang ada di permukaan bumi tetapi juga antara muatan positif pada awan bermuatan yang berada di bagian atas awan bermuatan dengan ion-ion negatif yang berada dipermukaan bumi, atau bahkan antara positif dan negatif yang keduanya berada di dalam awan bermuatan.

2.2 Jenis-Jenis Sambaran Petir[11]

2.2.1 Sambaran Antara Awan dengan Tanah (*Cloud to Ground (CG)*)

Sambaran antara awan dengan tanah merupakan jenis sambaran yang paling banyak dikenal. Sambaran antara awan dengan tanah merupakan lompatan muatan yang terjadi antara ion-ion yang ada di tanah dengan yang ada di permukaan bumi.

2.2.2 Sambaran Antara Awan dengan Awan (*Cloud to Cloud*)

Sambaran antara awan dengan awan terjadi akibat loncatan muatan yang berada di dalam kelompok awan yang berbeda.

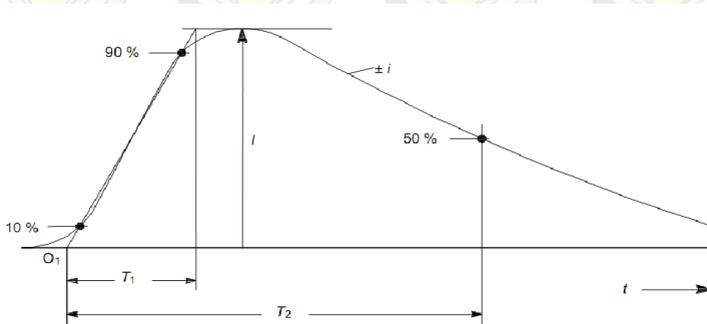
2.2.3 Sambaran Antara Muatan di dalam Petir (*Intra-Cloud*)

Sambaran *intra-cloud* terjadi akibat loncatan muatan yang terjadi di dalam satu kelompok awan yang sama. Sambaran *intra-cloud* biasanya terjadi antara muatan yang berada di bagian atas dari awan dengan muatan yang berada di bagian bawah awan tersebut.

2.3 Karakteristik Petir[2]

2.3.1 Durasi Pendek (*Short Duration/ Impulse Current*)

Karakteristik arus impulse petir sebagaimana yang ada di dalam “IEC 62305-1 Annex A” merupakan gelombang impulse sebagaimana gambar berikut.

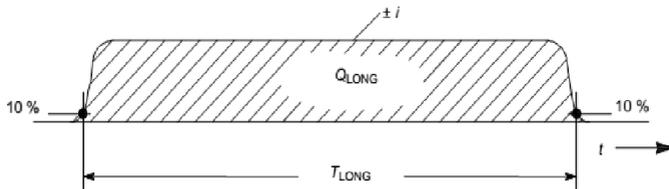


Gambar 2.2. Karakteristik Arus Petir [1]

Dimana nilai $T_1 = 10\mu\text{s}$, sedangkan untuk $T_2 = 350\mu\text{s}$ (IEC 62305-1 annex A.3.2)

2.3.2 Durasi Panjang (*Long Stroke*)

Sedangkan untuk karakteristik *long stroke*, dimana durasi waktu yang terjadi lebih dari 2ms digambarkan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.3. *Long Stroke Current* [1]

dengan nilai $T_{long} = 0.5s$.

2.4 Sistem Perlindungan terhadap Sambaran Petir

Perlindungan terhadap sambaran petir dapat dilakukan dengan beberapa cara dimana tentunya cara tersebut juga harus tetap memperhatikan kaidah-kaidah keilmuan dan standar yang diakui baik di Indonesia maupun secara internasional. Ada beberapa standar untuk perlindungan petir yang bisa menjadi acuan dalam perancangan perlindungan dari sambaran petir. Standar tersebut diantaranya yaitu IEC, IEEE, NFPA-780 dan lain-lain.

Negara Indonesia melalui Badan Standar Nasional juga mengeluarkan standar untuk perlindungan petir yaitu SNI IEC-62305. Standar tersebut merupakan standar terjemahan dari standar internasional yaitu IEC 62305. IEC 62305 merupakan standar yang diakui secara internasional dan digunakan secara umum di beberapa negara di dunia termasuk di Eropa, Asia dan negara Asia Tenggara.

Mengacu pada standar IEC 62305 perlindungan bahaya petir dibagi menjadi dua bagian besar yaitu perlindungan internal dan eksternal. Perlindungan eksternal merupakan sistem perlindungan dari bahaya sambaran petir secara langsung. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan area perlindungan pada bangunan yang akan dilindungi dengan menggunakan batang konduktor yang ditempatkan di area luar dari bangunan.

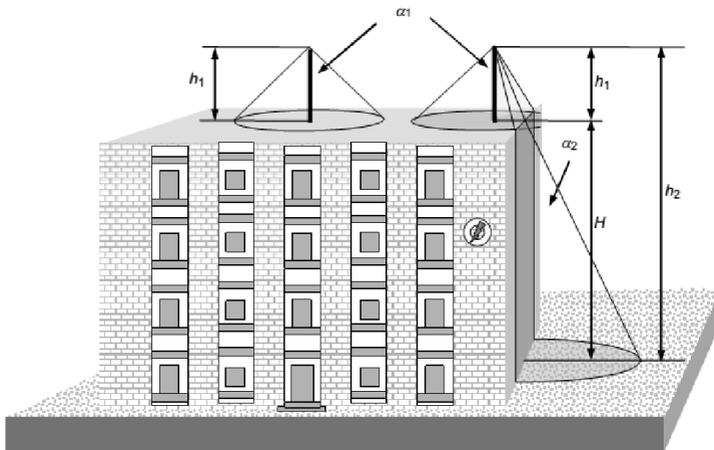
Batang-batang konduktor yang ditempatkan di luar area tersebut akan membentuk sudut/ ruang/ area perlindungan dimana besarnya menyesuaikan dengan level perlindungan sebagaimana yang sudah

ditentukan di dalam IEC 62305. Metode-metode perlindungan tersebut terdiri dari sistem sudut perlindungan/ kerucut, metode mesh dan metode bola gelinding. Metode bola gelinding merupakan metode yang paling umum dan disarankan untuk digunakan saat ini, tetapi tidak berarti bahwa metode perlindungan yang lain tidak bisa digunakan akan tetapi semua sistem tersebut bisa digunakan dan tetap di akui sebagai metode yang dianggap bisa mengamankan dari perlindungan petir eksternal sesuai dengan yang sudah tercantum di dalam IEC 62305.

Berikut metode-metode perlindungan dari bahaya sambaran petir sesuai dengan IEC 62305

2.4.1 Metode Sudut Perlindungan/ Kerucut [2]

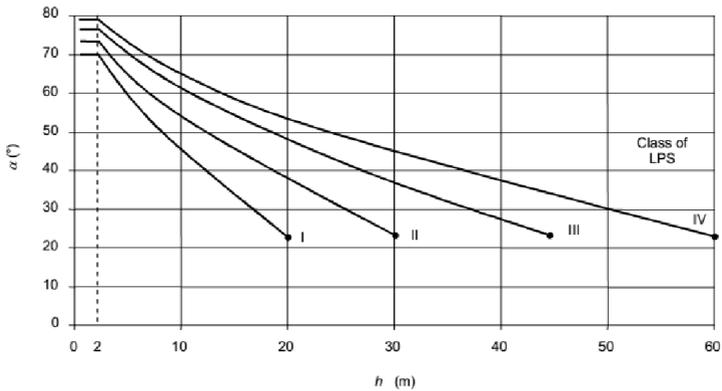
Metode perlindungan dari bahaya petir dengan sistem sudut perlindungan dilakukan dengan cara menempatkan satu batang konduktor yang di tempatkan di lokasi yang lebih tinggi dari bangunan/ peralatan yang akan dilindungi. Dari titik puncak konduktor tersebut kemudian ditarik garis dengan sudut perlindungan α dari garis horisontal.



Gambar 2.4 Metode Sudut Perlindungan [2]

Sudut perlindungan dari *air termination* unit menyesuaikan dengan standar yang di sebutkan pada IEC 62305-1 dan untuk tiap level

ketinggian maka nilai sudut α juga akan berubah sesuai gambar grafik berikut.

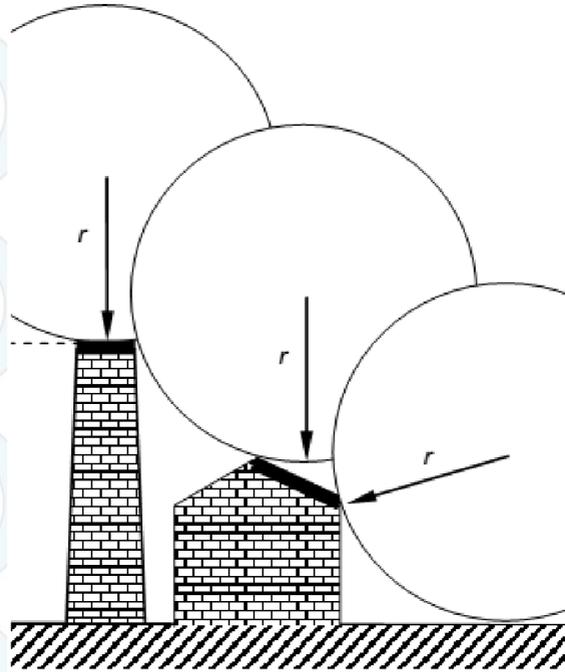


Gambar 2.5 Grafik Sudut Perlindungan Terhadap Ketinggian [1][2]

Dari grafik di atas dapat terlihat bahwa ketinggian dari *air terminal* dari peralatan/ area yang dilindungi juga mempengaruhi besaran sudut α dan area perlindungan dari sistem penyalur petir menggunakan metode sudut perlindungan.

2.4.2 Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Methode*) [2]

Metode bola bergulir merupakan metode perlindungan petir dimana pada area yang akan dilindungi dibuat suatu model bola dan digulirkan/ digelindingkan ke seluruh area yang akan dilindungi. Ketika permukaan bola tersebut menyentuh area/ lokasi dimana pada daerah yang akan dilindungi tersebut maka area tersebut merupakan area yang tidak aman dari potensi bahaya sambaran petir. Untuk metode *rolling sphere* dapat dijelaskan melalui gambar model bola bergulir berikut.



Gambar 2.6 Metode Bola Bergulir [2]

Pada gambar di atas memperlihatkan dimana area yang dilalui oleh permukaan bola (area yang di blok warna hitam tebal) merupakan area yang tidak aman dan harus diberikan peralatan perlindungan dari sambaran petir. Daerah yang berada di bawah bola yang tidak terkena permukaan bola merupakan area yang aman dari sambaran petir (sesuai dengan standar yang digunakan).

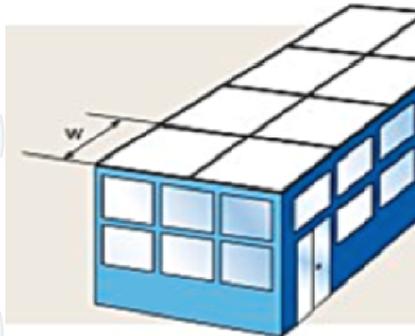
Jari-jari lingkaran/ bola gelinding yang digelindingkan ke seluruh area memiliki jari-jari r . Dimana nilai r menyesuaikan mengikuti kelas perlindungan yang akan digunakan. Untuk nilai r merujuk pada IEC 62305 sesuai dengan tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Jari-Jari Bola Gelinding dan Kelas Perlindungannya.[1][2]

Class of LPS	Rolling sphere radius r m
I	20
II	30
III	45
IV	60

2.4.3 Metode Mesh/ Jala[2]

Metode mesh merupakan metode perlindungan dari gangguan petir secara eksternal dengan cara menggunakan batang konduktor yang diletakkan secara melintang membentuk suatu model jala-jala pada daerah atau bangunan yang akan dilindungi.



Gambar 2.7 Metode Jala-Jala

Metode ini sama dengan metode sangkar faraday dimana seluruh bagian bangunan yang akan dilindungi diselubungi oleh batang konduktor. Masing-masing konduktor diletakkan dengan jarak w sebagaimana terlihat dalam gambar 2.7. Jarak antar konduktor juga mengikuti dari kelas perlindungan yang akan digunakan yang juga disebutkan dalam IEC 62305 yaitu:

Tabel 2.2 Jarak Jari-Jari Bola Bergulir dan Jarak Antar Konduktor dalam Sistem Mesh sesuai Kelas Perlindungan [2]

Class of LPS	Rolling sphere radius r m	Mesh size w_m m
I	20	5 × 5
II	30	10 × 10
III	45	15 × 15
IV	60	20 × 20

Dari tabel 2.2 di atas terlihat bahwa jarak antar konduktor yang berbentuk segi 4 jala-jala dengan jarak untuk perlindungan level I persegi 4 jala-jala harus memenuhi nilai 5x5 meter dan untuk perlindungan level IV persegi dengan ukuran 20x20 meter.



(Halaman ini sengaja di kosongkan)

BAB III

SISTEM PERLINDUNGAN TERHADAP PETIR DI BANDAR UDARA TJILIK RIWUT

3.1 Kondisi Geografis Propinsi Kalimantan Tengah

Kalimantan Tengah merupakan salah satu propinsi yang berada di pulau kalimantan. Terletak diantara $00^{\circ} 44' 54''$ LU – $03^{\circ} 47' 07''$ LS dan $110^{\circ} 43' 19''$ – $115^{\circ} 47' 36''$ BT wilayah kalimantan tengah memiliki luas wilayah yang cukup luas yaitu 157.983 km^2 . Mayoritas wilayah kalimantan tengah merupakan daratan dengan mayoritas wilayahnya merupakan area hutan tropik yang sangat lebat. Wilayah kalimantan tengah berbatasan langsung dengan sebagian wilayah propinsi kalimantan timur dan propinsi kalimantan selatan di bagian timur, dibagian barat berbatasan dengan propinsi kalimantan barat, dibagian utara berbatasan dengan sebagaian wilayah propinsi kalimantan barat dan propinsi kalimantan timur, serta di bagian selatan yang langsung berbatasan dengan laut jawa.

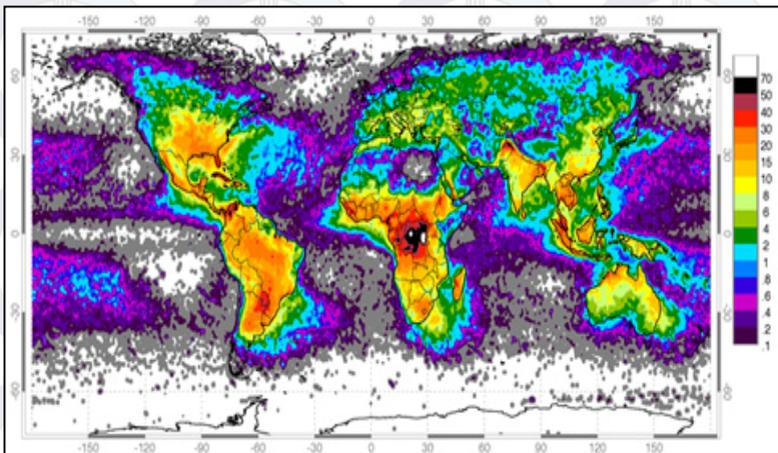


Gambar 3.1 Peta Pulau Kalimantan

Kota Palangka Raya merupakan ibu kota propinsi Kalimantan Tengah. Berada pada 2° lintang utara, dan $113^{\circ}40.00'$ bujur timur kota Palangka Raya memiliki luas wilayah 2.400km^2 . Kota ini berada di hilir Sungai Kahayan yang merupakan salah satu sungai terbesar di Kalimantan.

Wilayah propinsi Kalimantan Tengah yang memiliki luas sekitar 158 ribu km^2 dan terletak di daerah equatorial menyebabkan propinsi Kalimantan Tengah termasuk daerah yang beriklim tropis. Daerah Kalimantan Tengah memiliki mayoritas area yang berupa hutan hujan tropik dengan suhu udara berkisar 23°C pada malam hari dan 33°C pada siang hari. Curah hujan yang juga tinggi yaitu mencapai 2.000 - 4.000mm / tahun dengan rata-rata hari hujan 120 hari/ tahun menyebabkan area ini memiliki kelembababan yang udara yang cukup tinggi, sehingga awan juga dengan mudah terbentuk di wilayah ini.

Kondisi ini juga memberikan dampak yang sangat besar terhadap besaran hari guruh di Kalimantan Tengah yang mencapai 200 hari guruh per tahun, dengan kerapatan sambaran petir mencapai 20 sambaran per kilometer pertahun[12].



Gambar 3.2 Kerapatan Sambaran Petir per Tahun[12]

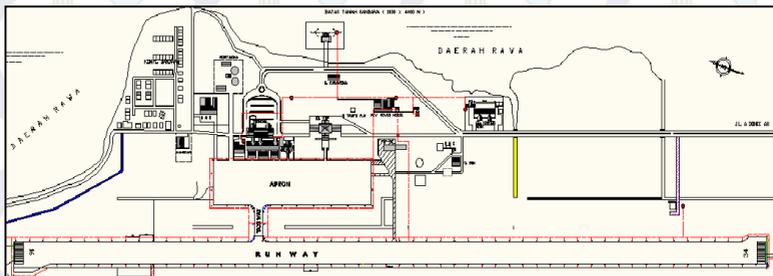
3.2 Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya

Bandar Udara Tjilik Riwut terletak di kota Palangka Raya yang merupakan ibukota propinsi Kalimantan Tengah. Berada di ibukota propinsi Kalimantan Tengah, Bandar Udara Tjilik Riwut menjadi Bandar Udara utama yang menghubungkan provinsi Kalimantan Tengah dengan seluruh wilayah yang ada di Indonesia.

Wilayah Kalimantan Tengah yang berada di tengah pulau Kalimantan yang masih dengan mayoritas area nya merupakan area daratan dengan kepadatan penduduk yang masih terbilang rendah dan masih didominasi dengan area hijau/ perhutanan. Jalur darat yang menunjang untuk sarana penghubung transportasi darat juga masih sangat minim dan jalan dengan kualitas aspal yang baik masih berada di area kota-kota utama dan jalur poros antar provinsi saja. Sehingga jalur-jalur penghubung antara kota di dalam provinsi serta kota-kota kecil di seluruh wilayah Kalimantan sangat sulit untuk ditempuh lewat jalur darat. Hal tersebut, sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya menjadikan transportasi udara menjadi sistem transportasi yang sangat menunjang dan penting bagi warga Kalimantan Tengah dan Palangka Raya khususnya.

3.3 Sistem Perlindungan Petir yang Terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya

Sistem perlindungan petir yang terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut saat ini menggunakan beberapa tower penyalur petir yang diletakkan di beberapa lokasi. Masing masing tower tersebut dilengkapi dengan peralatan penyalur petir dan berfungsi untuk melindungi satu area tertentu di kawasan Bandar Udara. Jadi masing-masing lokasi hanya dilindungi oleh satu perangkat tower penyalur petir.



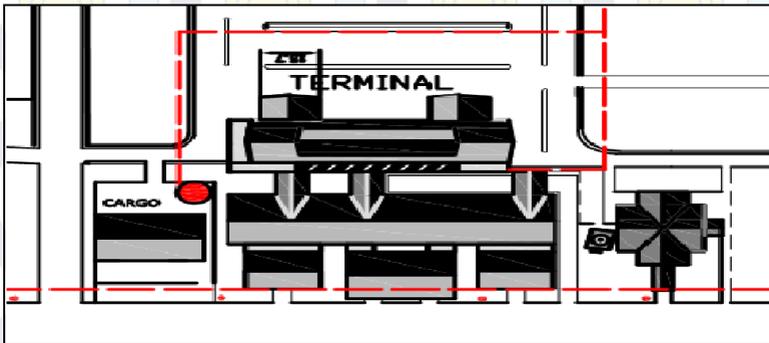
Gambar 3.3 Layout Bandar Udara Tjilik Riwut

Lokasi tower penyalur petir ada 6 titik yang diletakkan di 6 lokasi untuk melindungi bangunan dan area masing-masing yaitu:

1. Area Terminal dan Cargo
2. Area Parkiran
3. Area NDB (*Non Directional Beacon*)
4. Area PH(*Power House*)
5. Area Tower ATC (*Air Traffic Controller*)
6. Area Kantor administrasi bandara (ADBAND).

3.3.1 Perlindungan Petir pada Area Terminal dan Cargo

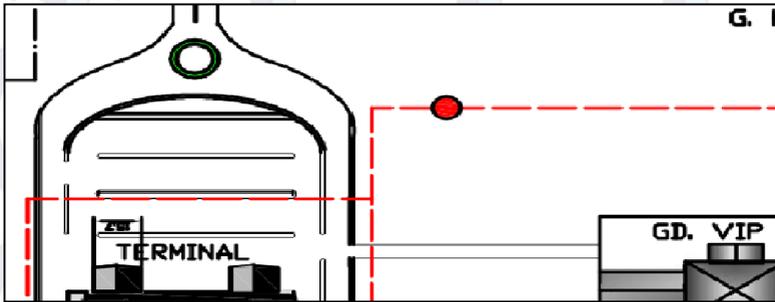
Pada Area Terminal dan Cargo perlindungan petir menggunakan satu buah tower penyalur petir. Tower tersebut memiliki ketinggian 20 meter dari permukaan tanah dan diletakkan di antara bangunan terminal utama dan bangunan *cargo handling*. Area yang akan dilindungi meliputi seluruh bangunan terminal utama, gedung cargo, serta terminal VIP lama.



Gambar 3.4 Layout Penyalur Petir Area Terminal dan Cargo

3.3.2 Perlindungan Petir pada Area Parkiran

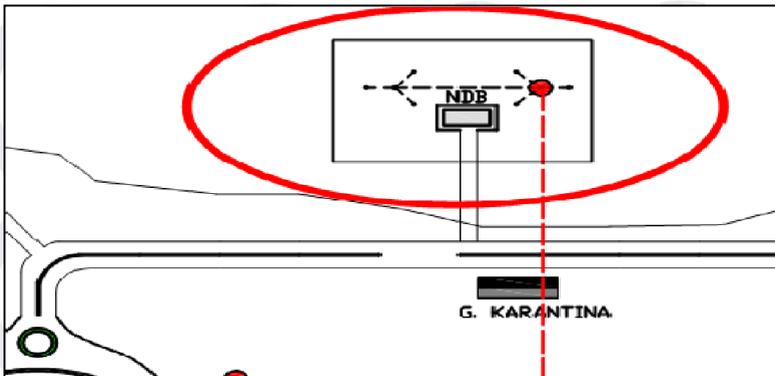
Peralatan penyalur petir yang ditempatkan dilokasi ini yaitu dengan menggunakan tower penyalur petir dengan ketinggian 18meter dari permukaan tanah. Ditempatkan disamping lokasi area parkir kendaraan untuk para penumpang dan penguunjung bandara.



Gambar 3.5 Layout Penyalur Petir untuk Area Parkiran

3.3.3 Perlindungan Petir pada Area NDB (*Non Directional Beacon*)

Sebagaimana juga pada bangunan lainnya di bangunan NDB juga identik untuk sistem perlindungan petir-nya. Yaitu dengan menggunakan satu buah perangkat penyalur petir berupa tower penyalur petir dengan tinggi 20 meter.

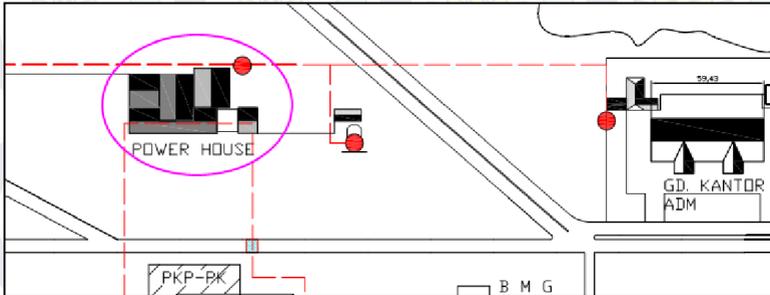


Gambar 3.6 Layout Penyalur Petir untuk Area NDB

3.3.4 Perlindungan Petir pada Area PH (*Power House*)

Pada area *power house* bahaya sambaran petir diamankan dengan menggunakan satu buah tower penyalur petir dengan ketinggian

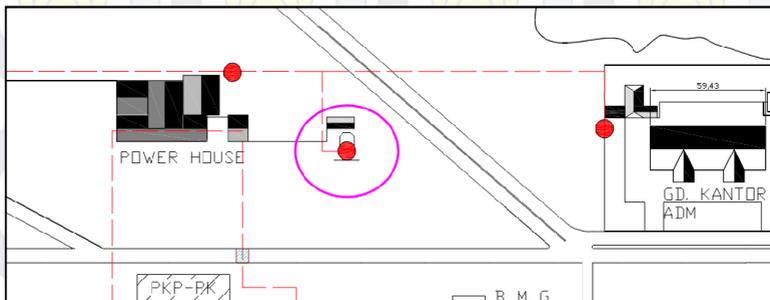
20 meter. Tower penyalur petir diletakkan dibelakang bangunan *Power House* dekat dengan bangunan yang paling tinggi.



Gambar 3.7 Layout Penyalur Petir Area *Power House*

3.3.5 Perlindungan Petir pada Area Tower ATC (*Air Traffic Controller*)

Pada tower ATC sistem perlindungan petir menggunakan tower setinggi 5 meter yang diletakkan di atas tower ATC (5 meter di atas permukaan tower ATC). Penyalur petir tersebut diperuntukkan untuk melindungi area Tower ATC dan sekitarnya.

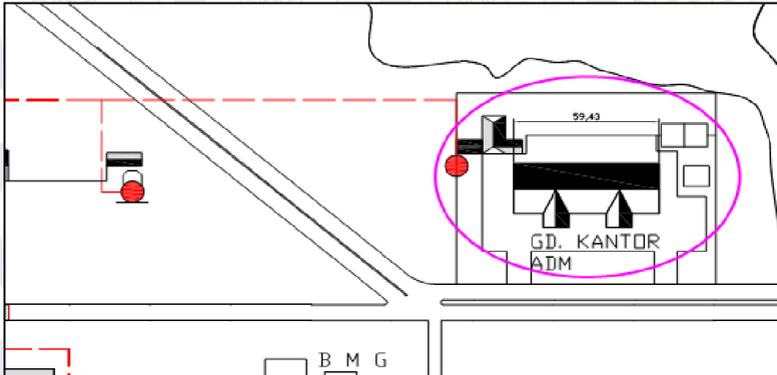


Gambar 3.8 Layout Penyalur Petir untuk Area Tower

3.3.6 Perlindungan Petir pada Area Kantor Administrasi Bandar Udara (ADBAND).

Untuk area kantor administrasi bandara digunakan satu tower penyalur petir. Tower penyalur petir tersebut diletakkan disamping

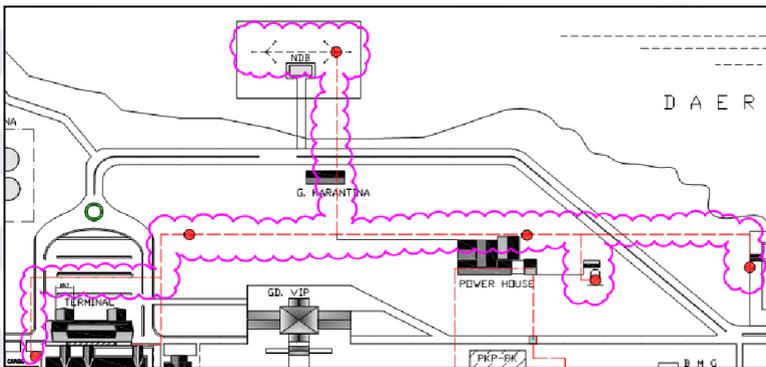
bangunan kantor ADBAND. Tower penyalur petir untuk kantor ADBAND memiliki ketinggian 20meter dari permukaan tanah.



Gambar 3.9 Layout Penyalur Petir Kantor Administrasi Bandara

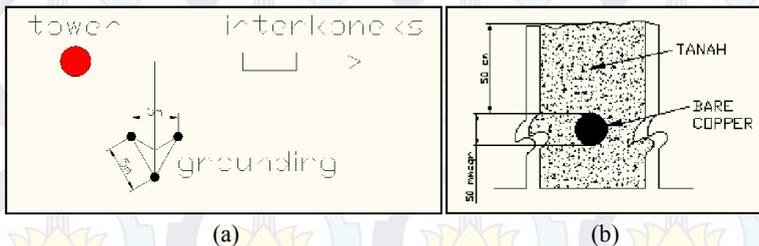
3.4 Sistem Pentanahan (*Grounding System*)

Sistem pentanahan yang diaplikasikan di Bandar Udara Tjilik Riwut secara gambaran umumnya yaitu dengan cara meng-integrasikan seluruh koneksi *grounding*/ pentanahan untuk sistem perlindungan petir eksternal dari setiap tower penyalur petir. Sehingga dari seluruh penyalur petir yang ada tersebut terhubung secara elektrik menuju semua peralatan penyalur petir yang ada di area bandar udara.



Gambar 3.10 Layout Jalur Pentanahan Penyalur Petir

Pada masing-masing tower penyalur petir dilengkapi dengan pentanahan dengan batang tembaga yang di tanam sedalam 2.5 meter. Batang tembaga yang ditanam untuk pentanahan masing-masing tower penyalur petir terdiri dari 3 buah batang tembaga yang ditanam dengan dengan posisi segitiga sama sisi dengan jarak antar batang tembaga sebesar 5 meter menggunakan kabel tembaga tanpa isolasi (*bare copper conductor*). Tiga buah batang tembaga tersebut dihubungkan secara ring dan bintang, yaitu selain tiap batang konduktor saling dihubungkan satu sama lain, setiap batang konduktor juga dihubungkan menuju satu titik koneksi dengan kabel penyalur (*down conductor*) dari tower penyalur petir. Sistem tersebut digunakan secara identik pada tiap lokasi tower penyalur petir.



Gambar 3.11 (a) Koneksi Antar Batang Konduktor dan Kabel Penyalur dari Tower (b) Posisi Kabel *Bare Copper* yang di Tanam 50 cm

Sistem pentanahan pada setiap tower dikoneksikan dengan seluruh tower penyalur petir menggunakan kabel tembaga tanpa isolasi dengan luas penampang 50mm^2 . Saluran koneksi kabel tembaga tersebut ditanam dalam tanah dengan kedalaman 50cm dari permukaan tanah. Jalur tersebut tersambung secara parallel dengan semua peralatan penyalur petir yang ada.

Koneksi pentanahan menggunakan kabel BC tersebut pada setiap 300 meter koneksi ditambahkan satu buah batang konduktor tembaga pejal yang ditanam dengan kedalaman 3meter. Batang tembaga tiap 300meter ditanam mengikuti jalur kabel koneksi tembaga pejal di seluruh area bandara yang terhubung dengan peralatan penyalur petir.

BAB IV

ANALISA SISTEM PERLINDUNGAN PETIR DI BANDAR UDARA TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA

4.1 *Obstacle Area*

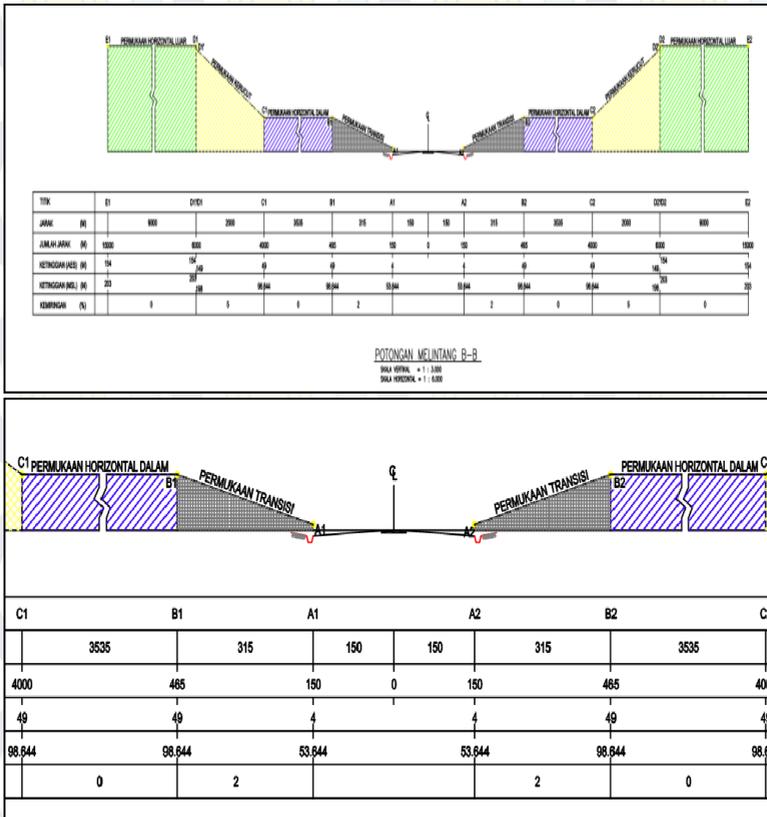
Keselamatan penerbangan merupakan isu utama dan standar yang harus benar-benar di laksanakan dengan baik dalam dunia penerbangan. Standar keselamatan tersebut tidak hanya di terapkan pada unit dan perlengkapan peralatan yang ada pada suatu pesawat terbang, melainkan juga harus dengan seluruh sistem dan perangkat pendukung untuk transportasi penerbangan. Sehingga seluruh perangkat pendukung walaupun peralatan tersebut tidak menempel atau berada di dalam tubuh atau rangka dari pesawat tersebut juga harus mengikuti aturan baku prosedur keselamatan.

Peralatan pendukung yang juga berada di permukaan bumi yaitu terminal untuk transportasi pesawat terbang atau dengan nama lain Bandar Udara. Bandar Udara sebagai sarana pendukung penerbangan juga tidak terlepas dari aturan standar untuk keselamatan suatu proses penerbangan. Standar keselamatan penerbangan untuk Bandar Udara juga di atur tersendiri yang meliputi seluruh sistem yang mendukung langsung dengan proses pendaratan dan lepas landas dari suatu pesawat terbang.

Dalam bab ini hanya akan dipaparkan salah satu standar keselamatan yang harus digunakan dan akan memberikan pengaruh pada kajian sistem perlindungan petir. Standar yang digunakan sebagai salah satu acuan untuk kajian dan design untuk sistem perlindungan di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya.

Standar untuk keselamatan penerbangan yaitu standar untuk area keselamatan penerbangan. Dimana dalam standar ini nantinya akan disampaikan mengenai area yang harus bebas pandangan bagi suatu pesawat terbang menuju landasan pacu. Dengan begitu maka penempatan bangunan pendukung dan ketinggian dari bangunan yang dibangun di area Bandar Udara dan sekitarnya. Standar untuk area bebas bangunan dan halangan menuju landasan pacu ini biasa dikenal dengan zona keselamatan penerbangan atau biasa di sebut juga "*Obstacle Area*".

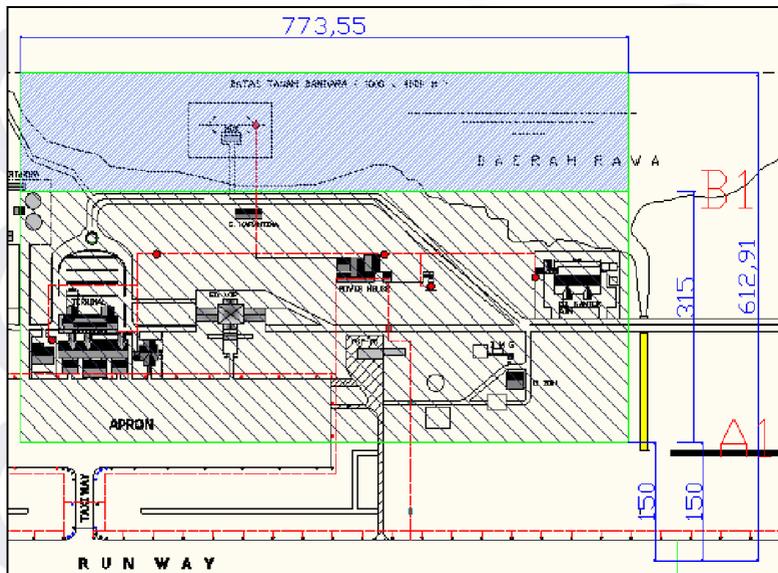
Zona keselamatan penerbangan ini di atur oleh standar yang dikeluarkan oleh ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dalam ANNEX14 dan diterjemahkan dalam gambar sebagai berikut.



Gambar 4.1 *Obstacle Area*

Dari gambar di atas memperlihatkan bahwa batasan lokasi dan ketinggian bangunan yang ijinkan guna menjaga standar dan keamanan sistem transportasi penerbangan. Pada gambar 4.1, area bangunan bandara berada di area A1-B1-C1 dimana ketinggian maksimum di titik paling ujung maksimal mencapai 49 meter di atas permukaan tanah.

Batasan ketinggian bangunan yang masih memenuhi zona keselamatan penerbangan di zona A1-B1 dengan jarak 315 meter membentuk sudut 8.13^0 atau lebih mudahnya dengan perbandingan antara jarak memanjang dari titik A1 dengan ketinggian maksimum adalah $(\frac{1}{7})$ dengan ketinggian maksimum mencapai 49 meter di bagian paling ujung zona tersebut (di titik B1 dan C1). Dengan kondisi tersebut maka bangunan apapun yang berada di dalam zona tersebut harus mengikuti batasan sebagaimana yang disebutkan di atas. Sehingga dalam pembangunan peralatan penyalur petir juga harus tetap memperhatikan ketinggian perangkat penyalur petir yang akan dipasang/ diletakkan untuk melindungi area terminal dan kantor pelayanan Bandar Udara Tjilik Riwut.



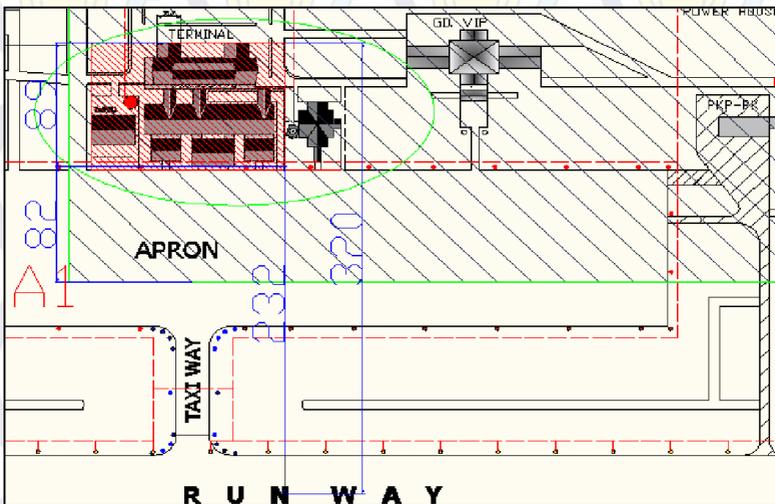
Gambar 4.2 Area Bandara dalam *Obstacle Area*

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa mayoritas area bangunan berada di titik yang berjarak antara 150-315 meter dan dapat diartikan bahwa lokasi tersebut berada di antara zona A1-C1. Untuk bangunan yang masih menjadi pembahasan dalam bab ini yaitu area NDB berada

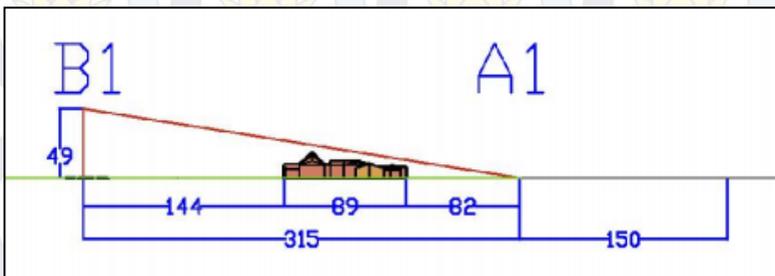
di antara zona B1-C1 yaitu dengan batasan ketinggian flat maksimum mencapai 49 meter.

4.1.1 Ketinggian Bangunan Terminal dan Cargo yang diijinkan Sesuai *Obstacle Area*

Sesuai dengan batasan zona keselamatan penerbangan (*Obstacle Area*), area terminal dan cargo berada di samping lokasi landasan pacu dengan jarak antara 232 – 320 meter dari titik tengah landasan pacu (*runway*) menunjukkan bahwa area terminal masih berada di antara zona A1 dan B1. Sebagaimana seperti pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Jarak Area Terminal dengan Landasan Pacu



Gambar 4.4 Tampak Samping Terminal dan Cargo diantara Zona A1-B1

Area Terminal dan Cargo yang berada di antara zona A1(150 meter dari landasan pacu) dan B1 (315 meter dari zona A1) maka ketinggian bangunan atau perangkat yang berada di area tersebut harus memiliki ketinggian maksimal dengan perbandingan $h:l = 1:7$ (dimana $h =$ ketinggian maksimum, l : jarak antara zona A1 dengan titik bangunan yang akan di hitung ketinggiannya). Sehingga dari gambar 4.4 dapat di hitung ketinggian maksimum dari area terminal di titik terdekat :

$$\begin{aligned}\frac{h}{l} &= \frac{1}{7} \\ h &= \frac{l}{7} \\ h &= \frac{82 \text{ meter}}{7} = 11.71 \text{ meter}\end{aligned}$$

sedangkan di titik terjauh dari landasan pacu yang berjarak $l = 82 + 89 = 171 \text{ meter}$ adalah:

$$\begin{aligned}\frac{h}{l} &= \frac{1}{7} \\ h &= \frac{l}{7} \\ h &= \frac{171 \text{ meter}}{7} = 24.43 \text{ meter}\end{aligned}$$

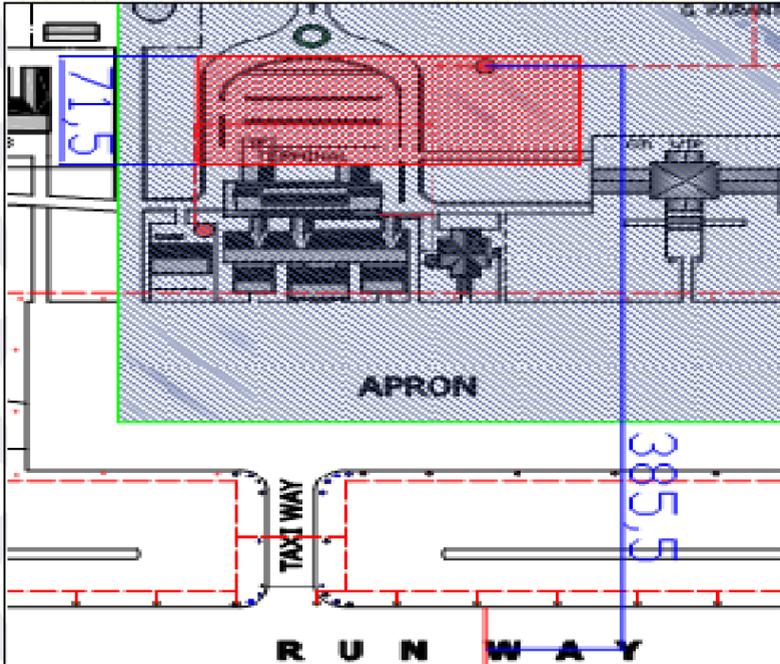
Dari perhitungan yang sudah dijabarkan di atas maka batas ketinggian untuk bangunan dan peralatan yang di tempatkan di area tersebut dibatasi ketinggiannya dari permukaan tanah sebesar 11.7 meter untuk area terdekat dan 24.4 meter untuk titik terjauh pada terminal dari titik tengah landasan pacu.

4.1.2 Ketinggian Bangunan atau Peralatan di Area Parkiran yang diijinkan Sesuai *Obstacle Area*

Area parkir sesuai dengan yang ditunjukkan pada gambar 4.2 berada di antara zona A1-B1. Jarak terdekat untuk area parkir merupakan jarak titik terjauh dari daerah terminal sehingga ketinggian maksimum yang diijinkan yaitu 24.43 meter. Bila kita asumsikan area parkir memiliki lebar area sepanjang 72 meter maka titik terjauh akan memiliki jarak sebesar:

$$l = \text{jarak terjauh area terminal} + \text{jarak terjauh area parkir}$$

$$= 171 + 72 = 243 \text{ meter,}$$



Gambar 4.5 Area Parkiran

sehingga ketinggian maksimum pada titik terjauh (dengan asumsi lebar area parkir = 72 meter) untuk area parkir yaitu :

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{7}$$

$$h = \frac{l}{7}$$

$$h = \frac{243 \text{ meter}}{7} = 34.7 \text{ meter}$$

Sedangkan untuk tower yang saat ini sudah ada sendiri memiliki jarak dari titik tengah landasan sejauh 385.5 meter. Jika kita tarik jarak dari titik A1 maka tower akan memiliki jarak :

$$\begin{aligned}l_{A1-tower} &= l_{runway-tower} - l_{runway-A1} \\l_{A1-tower} &= 385.5 - 150 \\l_{A1-tower} &= 235.5 \text{ meter}\end{aligned}$$

Sehingga ketinggian maksimum yang diijinkan untuk tower yaitu:

$$\begin{aligned}\frac{h}{l} &= \frac{1}{7} \\h &= \frac{l}{7} \\h &= \frac{235.5 \text{ meter}}{7} = 33.6 \text{ meter}\end{aligned}$$

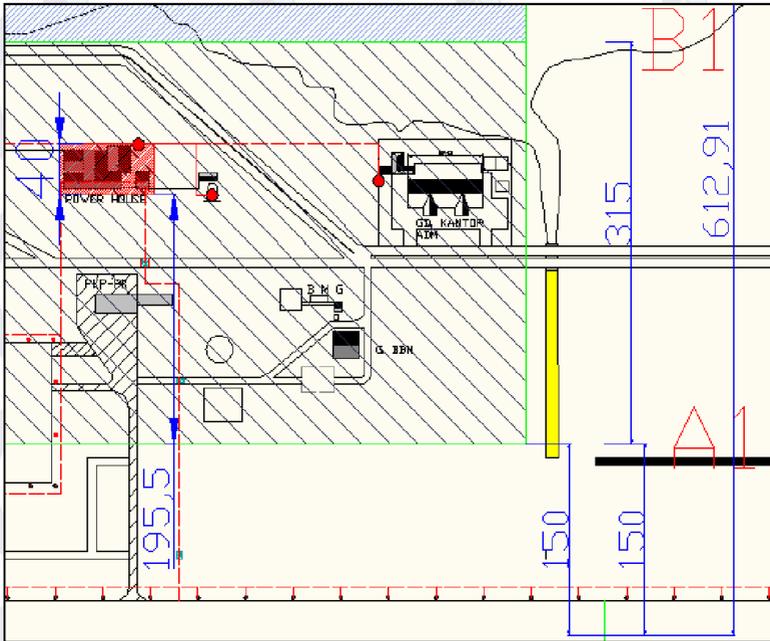
Dari perhitungan yang dijabarkan, maka bisa disimpulkan bahwa untuk area parkir di titik terdekat dengan titik A1 akan memiliki ketinggian maksimum 24.43 meter dari permukaan tanah, pada titik terjauh dengan titik A1 memiliki ketinggian maksimum yang diijinkan yaitu 34.7 meter. Sedangkan di titik tower penyalur petir yang ada saat ini untuk melindungi area parkir ketinggian maksimum tower apabila di tambah ketinggiannya tidak boleh melebihi 33.6 meter dari permukaan tanah (elevasi nol area bandara).

4.1.3 Ketinggian Bangunan di Area NDB (*Non Directional Beacon*) yang diijinkan Sesuai *Obstacle Area*

Sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar 4.2 bahwa untuk area NDB berada di antara zona B1-C1. Sehingga untuk area NDB sebagaimana di tunjukkan pada gambar 4.1 bahwa untuk area antara zona B1-C1 memiliki ketinggian maksimum flat 49 meter diatas elevasi nol dari area Bandar Udara Tjilik Riwut.

4.1.4 Ketinggian Bangunan di Area *Power House* yang diijinkan Sesuai *Obstacle Area*

Area *Power House* atau kalo dalam bahasa indonesia kita sebut dengan ruangan Genset seperti terlihat pada gambar 4.2 juga berada di antara zona A1-B1. Area power memiliki jarak terdekat dengan zona A1 sejauh 195.5 meter dan titik terjauh sejajar dengan tower untuk area parkir yang memiliki jarak sejauh 235.5 meter dari zona A1.



Gambar 4.6 Area Power House

Batas ketinggian maksimum bangunan atau konstruksi yang ada di area power house yaitu :

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{7}$$

$$h = \frac{l}{7}$$

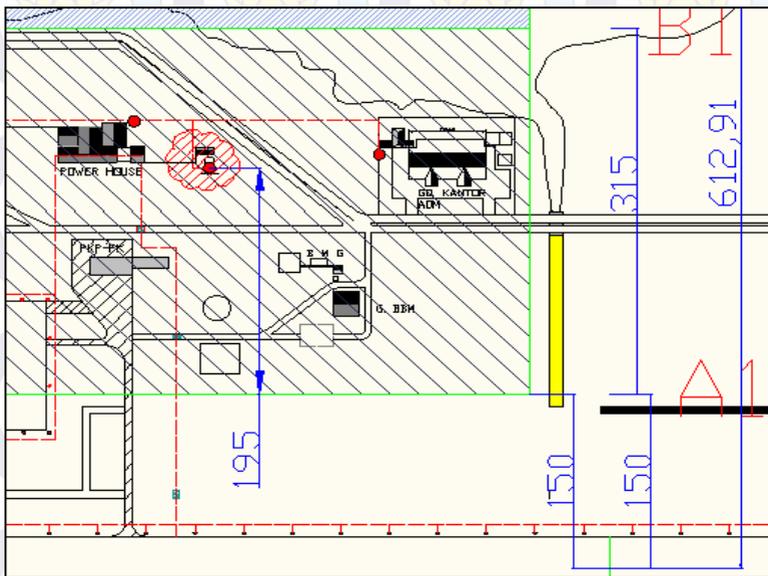
$$h = \frac{195.5 \text{ meter}}{7} = 27.93 \text{ meter}$$

Sedangkan untuk titik terjauh dari zona A1 batas ketinggian maksimum untuk area power house sama dengan jarak ketinggian maksimum tower penyalur petir yang ada di area parkir yaitu setinggi 33.6 meter di atas elevasi nol Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya. Tower penyalur petir yang ada di daerah power house karena letaknya yang sejajar dengan garis batas area power house memiliki batas

ketinggian maksimum yaitu sama dengan ketinggian maksimum pada titik terjauh area *power house* dari zona A1 yaitu setinggi 33.6 meter.

4.1.5 Ketinggian Bangunan di Area Tower ATC (*Air Traffic Controller*) yang diijinkan Sesuai *Obstacle Area*

Tower ATC berjarak 195 meter dari zona A1. Tower ATC dilengkapi dengan perangkat penyalur petir yang ditempatkan di atas lokasi *tower* tersebut dengan ketinggian 5 meter dari puncak. Ketinggian *tower* sendiri 22 meter dari permukaan tanah(level 0).



Gambar 4.7 Jarak Tower dengan Zona A1

Untuk ketinggian maksimum yang diijinkan sesuai dengan batasan ketinggian area keselamatan penerbangan (*Obstacle Area*) yaitu :

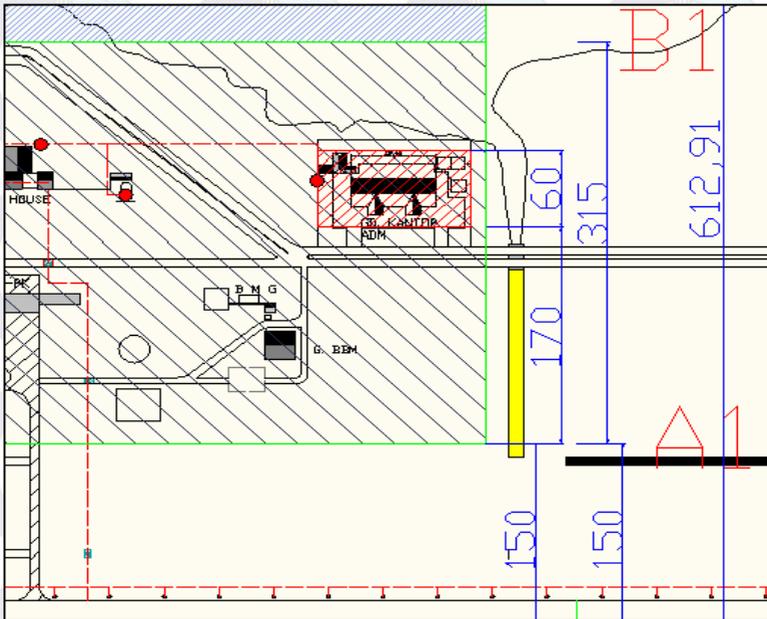
$$\frac{h}{l} = \frac{1}{7}$$

$$h = \frac{l}{7}$$

$$h = \frac{195 \text{ meter}}{7} = 27.86 \text{ meter}$$

4.1.6 Ketinggian Bangunan di Area Kantor Administrasi Bandar Udara (ADBAND) yang diijinkan Sesuai *Obstacle Area*

Kantor administrasi bandar udara juga berada diantara zona A1 dan B1. Sehingga ketinggian maksimum yang diijinkan juga mengikuti aturan dengan perbandingan jarak dari A1 ke bangunan dengan ketinggian maksimum adalah 1:7. Sehingga untuk ketinggian maksimum di area kantor administrasi bandar udara yaitu :



Gambar 4.8 Kantor Administrasi Bandara

Di titik terdekat dengan zona A1 ($l = 170m$), ketinggian maksimum nya adalah

$$\begin{aligned} \frac{h}{l} &= \frac{1}{7} \\ h &= \frac{l}{7} \\ h &= \frac{170 \text{ meter}}{7} = 24.3 \text{ meter} \end{aligned}$$

sedangkan di titik terjauh dari zona A1 ($l = 170 + 60 \text{ meter}$)

$$\begin{aligned} \frac{h}{l} &= \frac{1}{7} \\ h &= \frac{l}{7} \\ h &= \frac{170 + 60 \text{ meter}}{7} = \frac{230 \text{ meter}}{7} = 32.86 \text{ meter} \end{aligned}$$

jadi ketinggian yang diijinkan maksimal mencapai 24 meter sampai 32 meter diatas elevasi nol area bandar udara.

4.2 Sistem Perlindungan Petir dan Pentanahan yang Saat Ini Ada dan Terpasang di Area Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya

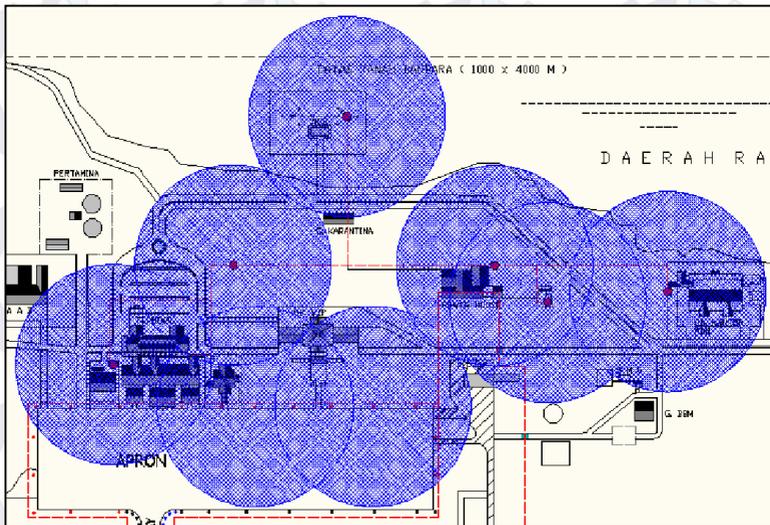
Sistem perlindungan petir yang diaplikasikan di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya saat ini yaitu menggunakan beberapa titik *tower* penyalur petir dengan sistem ESE (*Early Streamer Emission*). Pembuat produk penyalur petir dengan metode ESE memberikan data teknis mengenai cara kerja dari sistem ini yaitu dengan cara memberikan zona perlindungan berupa *coverage area* dengan jarak perlindungan tertentu sesuai dengan jenis atau tipe dari produk yang digunakan dan ketinggian *tower* penyalur petir yang menggunakan produk tersebut.

Di Bandar Udara Tjilik Riwut peralatan penyalur petir yang digunakan yaitu produk dari pabrikan “LPI” dengan tipe “Guardian CAT IIIG”. Produk ini memberikan data teknis untuk zona perlindungan sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 4.1 Level Proteksi dari LPI Guardian CAT IIIG

Ketinggian Instalasi penyalur petir (meter Alt)	Jarak Perlindungan LPI Guardian CAT IIIG (meter)
10	88
20	109
30	120
50	134
80	134
100	134
120	134

Tower penyalur petir yang terpasang di area Terminal dan Administrasi Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya ada 6 unit *tower* yang tersebar di beberapa titik dan tambahan 2 unit penyalur petir yang diletakkan di atas lampu penerangan area *Apron*. *Tower-tower* untuk peralatan penyalur petir yang dipasang tersebut memiliki ketinggian rata-rata 20 meter, sehingga jarak perlindungan sesuai dengan yang tertera di tabel 4.1 yaitu untuk ketinggian 20 meter jarak perlindungannya mencapai 109 meter dari titik *tower*. Bila area perlindungan kita masukkan dalam layout maka daerah perlindungan untuk penyalur petir yang terpasang sesuai dengan data teknis dari perangkat yang digunakan (LPI Guardian CAT IIIIG) yaitu sebagaimana yang di tunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.9 Area Perlindungan Petir LPI Guardian CAT IIIIG di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya.

Jika mengikuti data teknis dari perusahaan pabrik pembuat peralatan penyalur petir yang diaplikasikan di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya, maka zona yang terlindungi dari bahaya sambaran petir di area yang di bahas dalam buku ini sudah mencapai

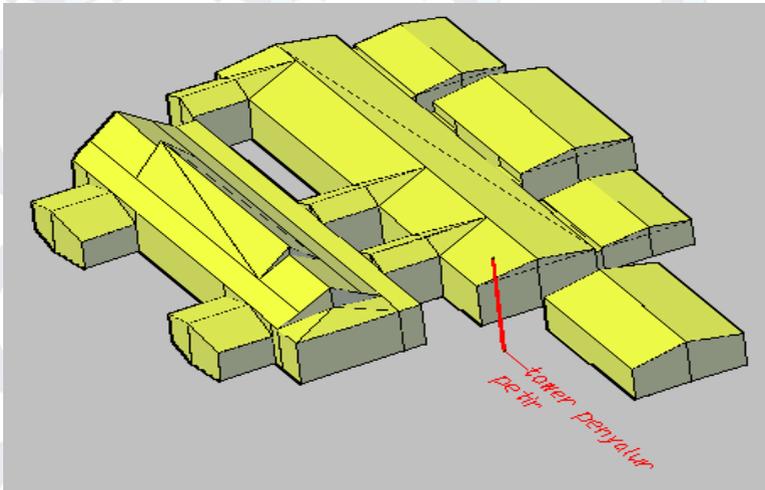
pada hampir seluruh area. Sebagaimana yang sudah terlihat pada gambar 4.9 di atas.

Namun dalam pembahasan yang akan di sajikan di dalam buku Tugas Akhir ini adalah perlindungan petir sesuai dengan standar yang sudah disebutkan IEC 62305. Dimana di dalam standar IEC 62305 sistem perlindungan petir yang disebutkan di dalamnya meliputi sistem proteksi dengan metode Bola Gelinding, Sudut Perlindungan dan sistem Mesh. Sehingga dari perangkat penyalur petir yang dipasang dan diperuntukkan untuk perlindungan area Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya akan di kita lakukan analisa sesuai dengan yang tertera di dalam IEC 62305.

4.2.1 Analisa Sistem Perlindungan Petir Yang Terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Sesuai dengan IEC 62305

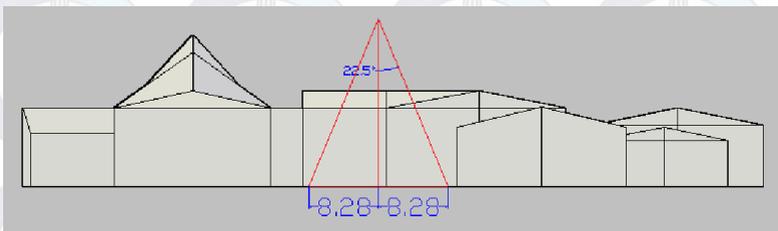
4.2.1.1 Terminal Dan Cargo

Area Terminal dan Cargo saat ini menggunakan satu unit *tower* dengan ketinggian 20 meter di atas permukaan tanah yang diletakkan di samping bangunan terminal dan berdekatan dengan bangunan untuk Cargo. Dapat juga dilihat pada gambar 4.10 untuk posisi *tower* penyalur petir di titik yang di beri warna merah di sebelah bangunan terminal dan cargo. Untuk posisi isometric dari *tower* penyalur petir dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut.

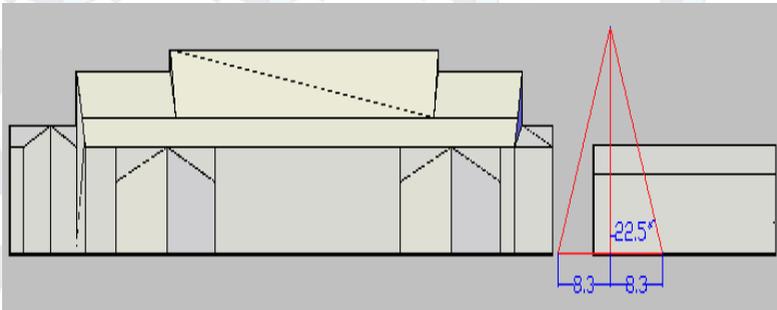


Gambar 4.10 Perspektif Posisi *Tower Penyalur Petir* untuk Area Terminal dan Cargo

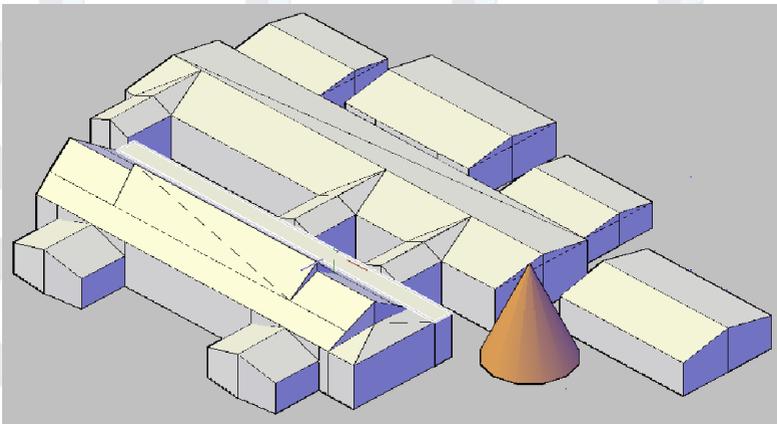
Jika kita menggunakan metode “Kerucut” maka sesuai dengan zona perlindungan yang disampaikan dalam IEC 62305 sesuai dengan grafik sudut perlindungan *tower penyalur petir* terhadap ketinggian *tower* yang sudah di bahas pada BAB II pada Gambar 2.5 untuk kelas I dengan ketinggian *tower* 20 meter sudut perlindungan akan mencapai sekitar 22.5° dan untuk kelas IV sudut perlindungan dengan ketinggian *tower* 20meter yaitu 52° .



Gambar 4.11 Tampak Samping Proteksi Petir di area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level I

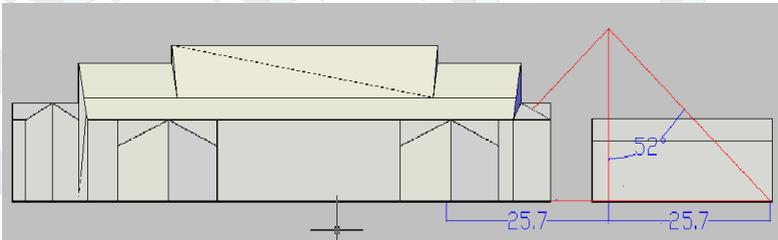


Gambar 4.12 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level I

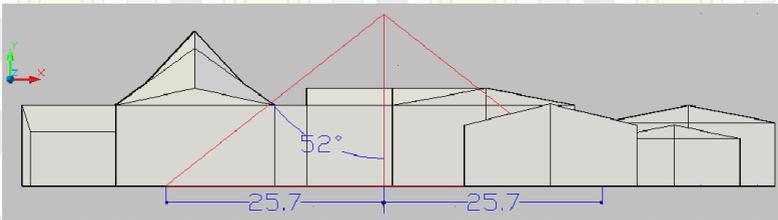


Gambar 4.13 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level I

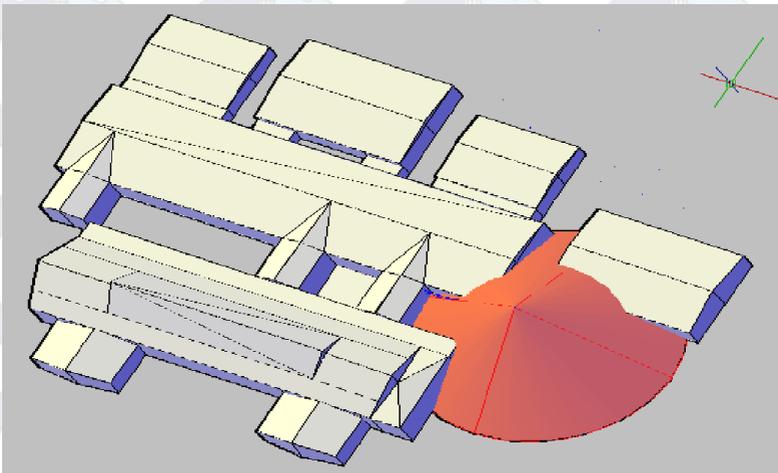
Dari gambar 4.11 sampai dengan 4.13 menunjukkan bahwa untuk perlindungan petir menggunakan metode kerucut menggunakan perlindungan level I terlihat belum mampu melindungi area terminal dari sambaran petir. Selanjutnya akan kita modelkan untuk perlindungan dengan metode kerucut menggunakan level IV



Gambar 4.14 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level IV



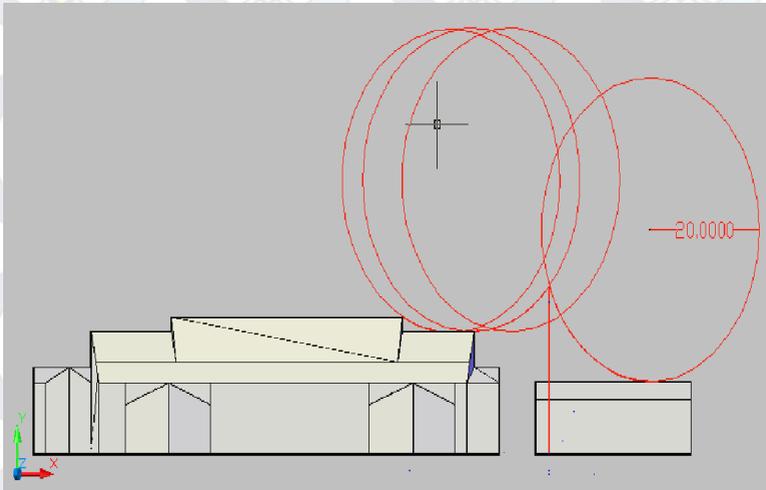
Gambar 4.15 Tampak Samping Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level IV



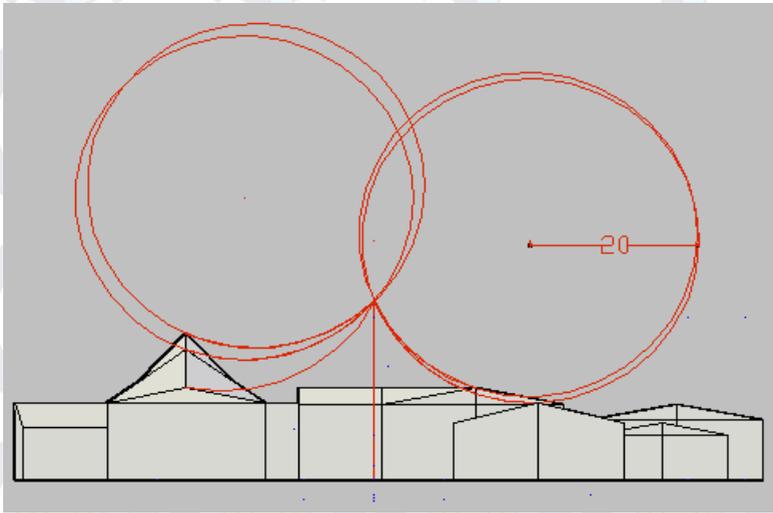
Gambar 4.16 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Terminal dengan Sudut Proteksi Menggunakan Level IV

Dari gambar 4.14 sampai 4.16 menunjukkan bahwa untuk perlindungan petir menggunakan metode sudut perlindungan level IV yang merupakan level perlindungan terendah menunjukkan bahwa peralatan penyalur petir yang terpasang masih belum bisa melindungi seluruh area terminal.

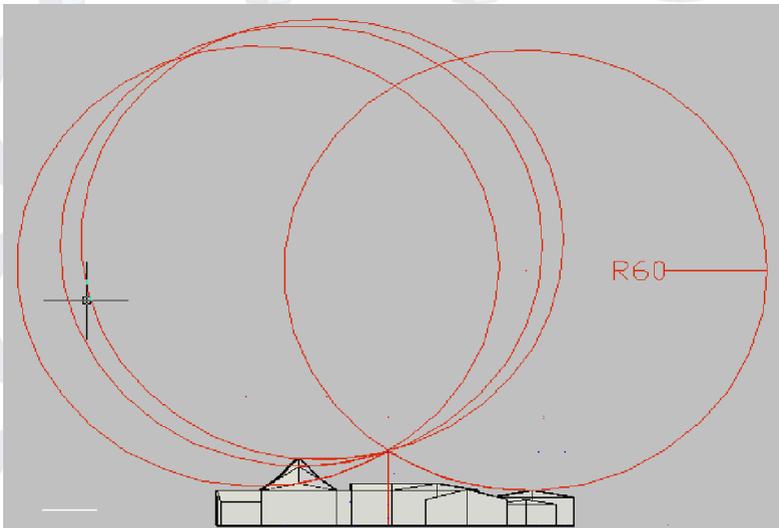
Kemudian jika kita menggunakan metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere*) sesuai dengan tabel 2.1 untuk level perlindungan kelas I jari-jari bola adalah gelinding adalah 20 meter sedangkan yang untuk Level IV jari-jari bola gelinding nya yaitu 60 meter. Jika kita aplikasikan pada area terminal yaitu :



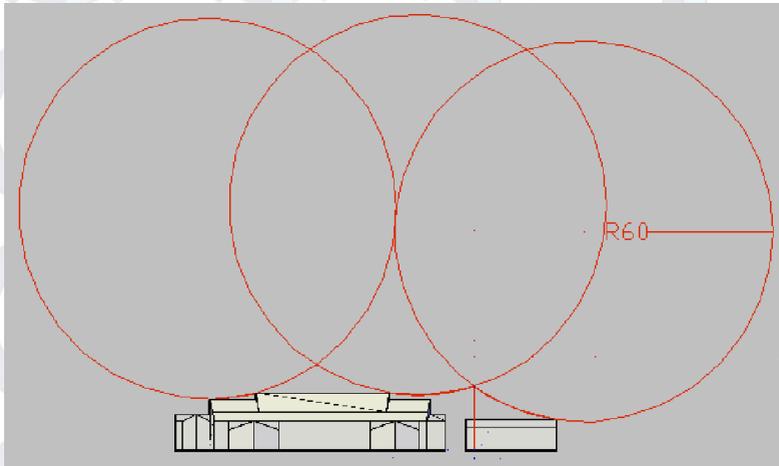
Gambar 4.17 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.18 Tampak Samping Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.19 Tampak Samping Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level IV

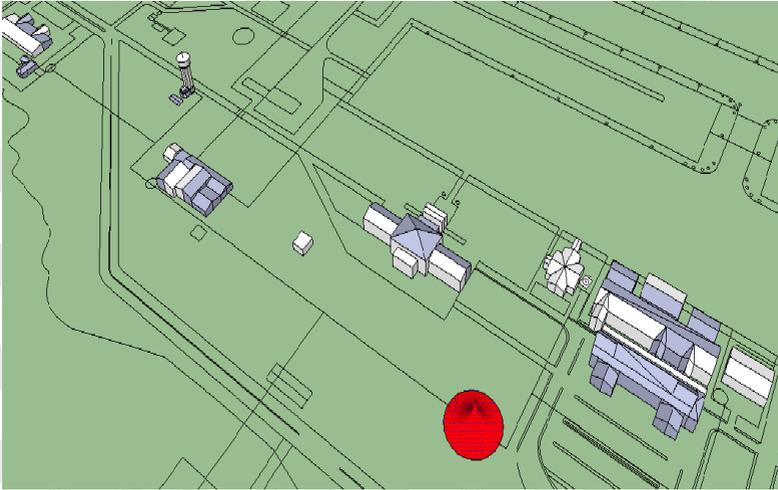


Gambar 4.20 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Terminal dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level IV

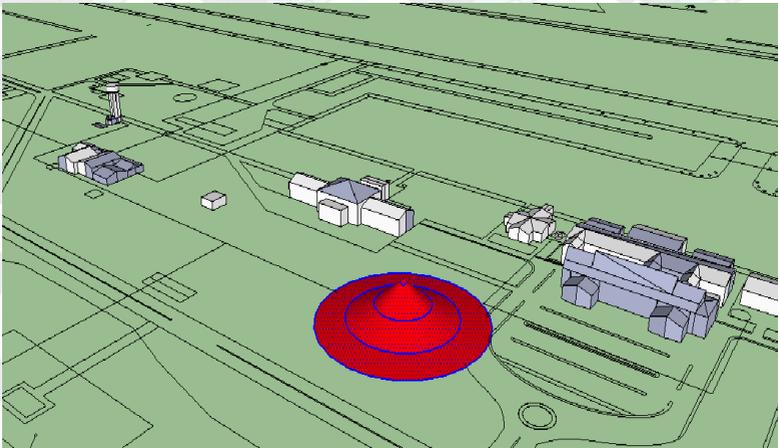
Untuk perlindungan petir menggunakan metode bola bergulir jika menggunakan perlindungan level I area perlindungan masih belum bisa melindungi seluruh area Terminal dan Cargo. Dan untuk sistem perlindungan menggunakan level IV jika dilihat dari tampak samping dan tampak depan, menunjukkan bahwa daerah yang dilindungi juga lebih banyak, namun seluruh area Terminal dan Cargo masih belum terlindungi secara keseluruhan.

4.2.1.2 Area Parkiran

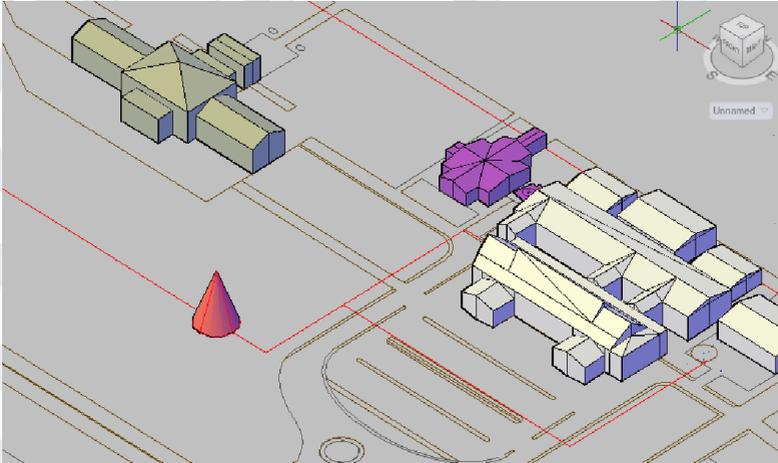
Untuk di area parkir terdapat satu *tower* penyalur petir dengan ketinggian 20 meter yang diletakkan disamping area parkir sebagai pelindung dari gangguan petir di area tersebut. Kemudian akan kita modelkan daerah perlindungan dari *tower* penyalur petir di area parkir sebagai berikut



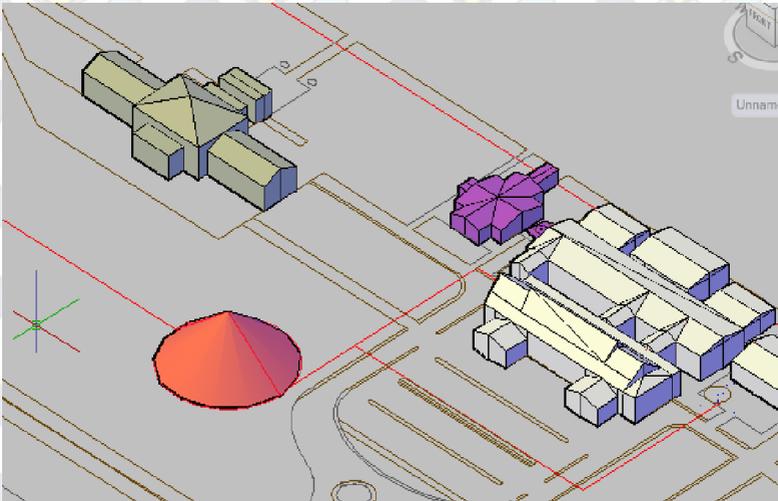
Gambar 4.21 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.22 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Bola Bergulir Proteksi Menggunakan Level IV



Gambar 4.23 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I



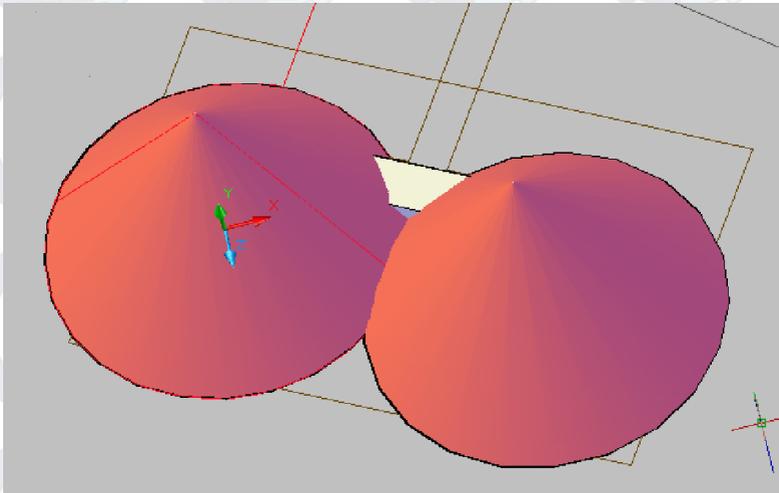
Gambar 4.24 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Parkir dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV

Setelah melakukan permodelan untuk perlindungan petir di area parkir seperti tampak pada gambar 4.22 – 4.25 baik menggunakan proteksi level 1 maupun level 4. Sistem perlindungan petir yang diletakkan di area parkir tidak dapat melindungi secara keseluruhan di sekitar area parkir.

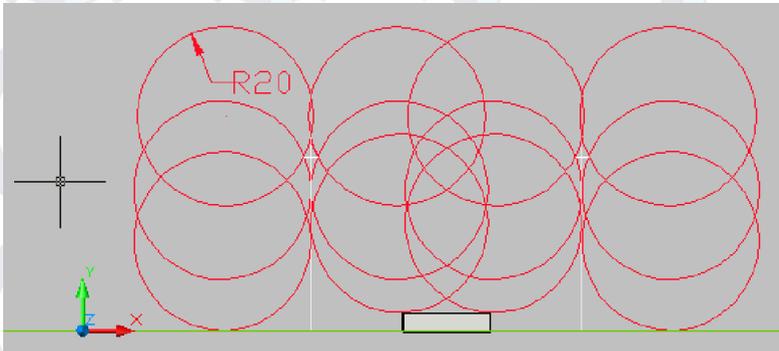
4.2.1.3 Area Non Directional Beacon (NDB)

Non Directional Beacon (NDB) merupakan perangkat navigasi yang berfungsi untuk memberikan sinyal informasi mengenai posisi suatu bandar udara kepada penerbang yang sedang terbang di dekat lokasi tersebut.[6]. Perangkat ini menggunakan 2 unit *tower* segitiga, dengan antena yang diletakkan di atas ketinggian 39 meter.

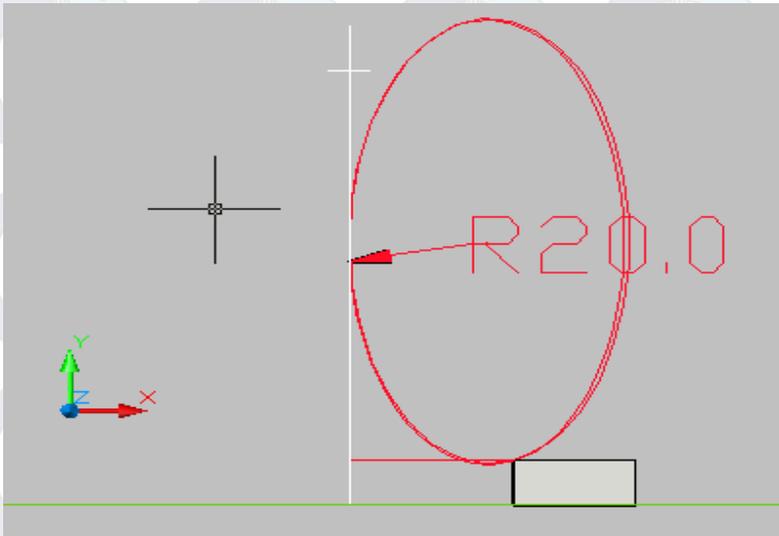
Penyalur petir yang ada di area NDB diletakkan di atas dari salah satu *tower* NDB.head penyalur petir diletakkan di ketinggian 43 meter di atas *tower* NDB (4meter di atas antena NDB). Sehingga jika kita modelkan untuk sistem perlindungan petir menggunakan metode sudut perlindungan dan bola gelinding yaitu sebagai berikut.



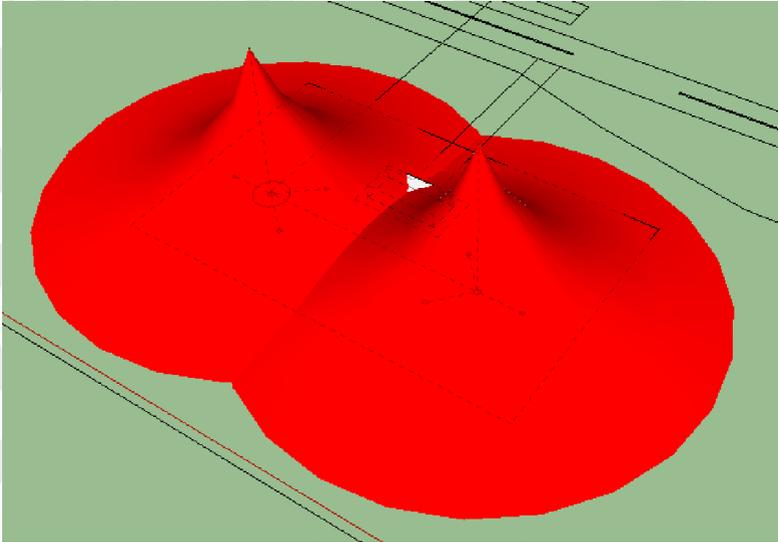
Gambar 4.25 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV



Gambar 4.26 Tampak Depan Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.27 Tampak Samping Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I



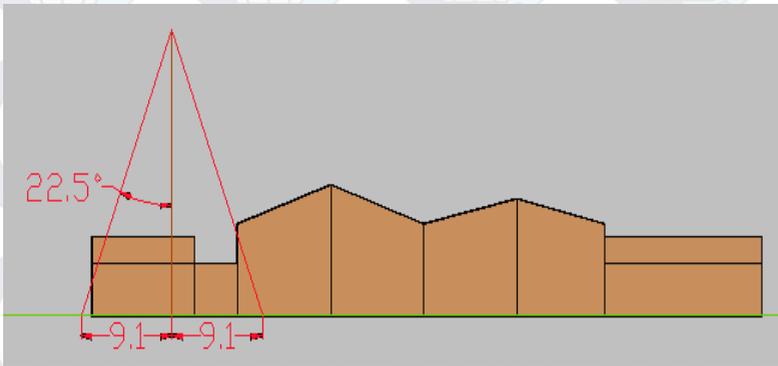
Gambar 4.28 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area NDB dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV

Dari permodelan zona perlindungan petir untuk area NDB dengan metode sudut perlindungan menggunakan level IV, dikarenakan untuk level I ketinggian maksimum untuk peralatan penyalur petir adalah 20 meter, sehingga dengan ketinggian *tower* yang mencapai 43 meter maka untuk permodelan hanya digunakan sudut perlindungan level IV. Setelah dilakukan permodelan dapat dilihat pada gambar 4.28 bahwa ada sebagian kecil pada bangunan untuk NDB yang masih belum terlindungi.

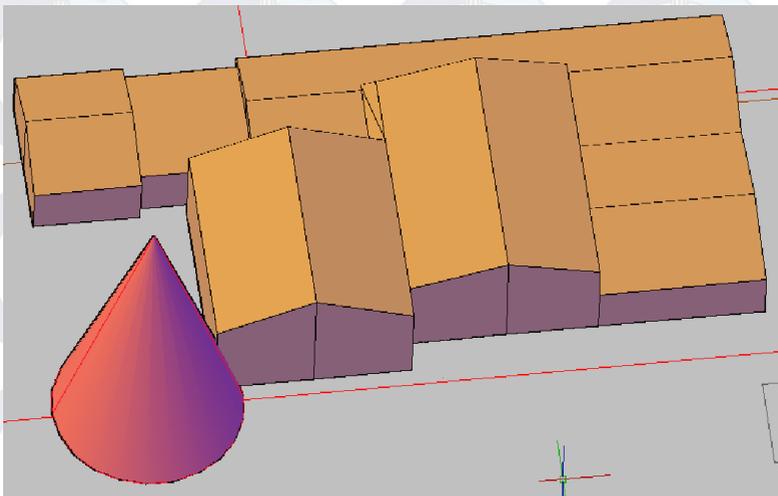
Kemudian kita lakukan permodelan dengan menggunakan metode Bola Gelinding. Ketika menggunakan level I hampir seluruh bagian bangunan merupakan area yang tidak terlindungi. Sedangkan ketika menggunakan level IV area perlindungan yang dihasilkan oleh peralatan penyalur petir hanya menyisahkan sedikit bagian dari bangunan yang tidak masuk dalam daerah perlindungan. Tetapi meskipun begitu dapat dikatakan bahwa peralatan penyalur petir belum mampu melindungi secara keseluruhan pada area tersebut.

4.2.1.4 *Power House*

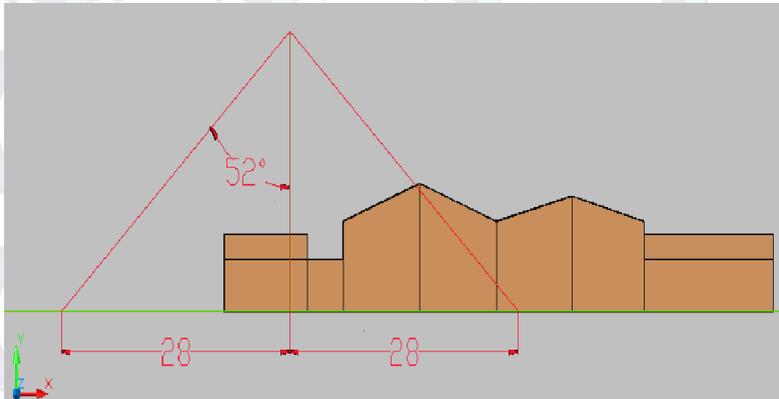
Peralatan proteksi petir yang dipasang untuk melindungi area *Power House* menggunakan satu perangkat *tower* penyalur petir yang diletakkan di sebelah bangunan *power house* tersebut. Selanjutnya kan kita modelkan untuk area perlindungan petir di lokasi *Power House*.



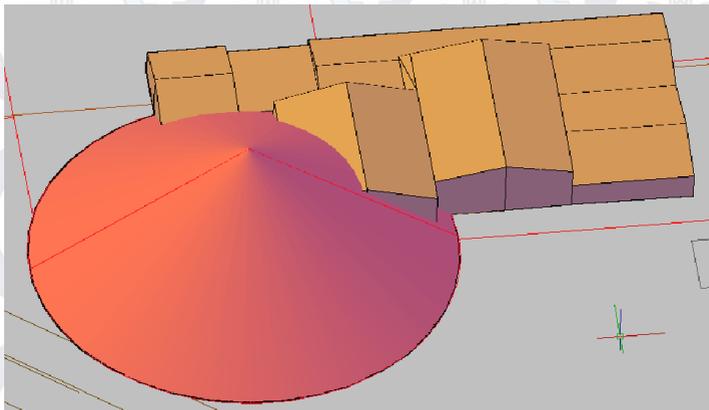
Gambar 4.29 Tampak Depan Proteksi Petir di Area *Power House* dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.30 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area *Power House* dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I



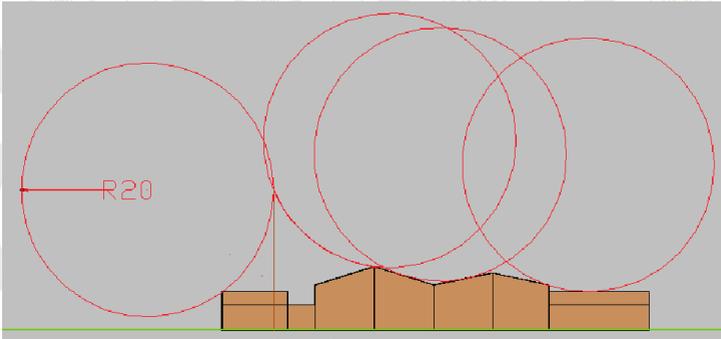
Gambar 4.31 Tampak Depan Proteksi Petir di Area *Power House* dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV



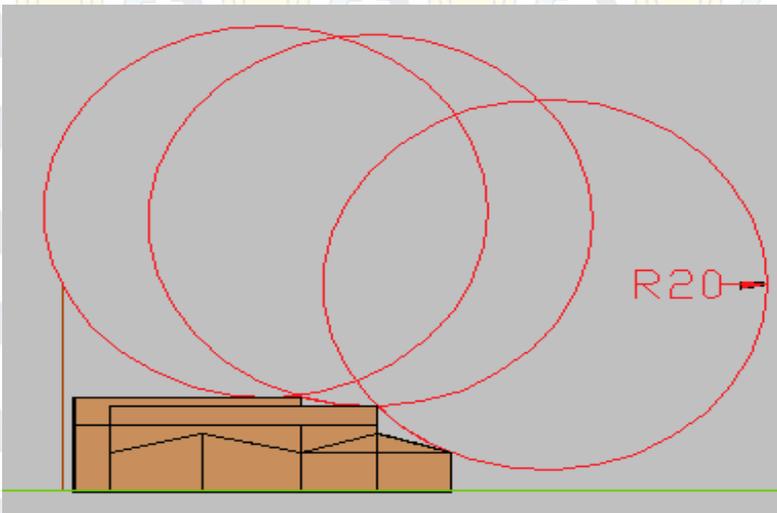
Gambar 4.32 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area *Power House* dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan level IV

Setelah dilakukan pemodelan dapat dilihat pada gambar 4.29-4.32 bahwa untuk perlindungan menggunakan metode sudut perlindungan baik menggunakan sudut perlindungan level 1 maupun level 4. Sesuai dengan standar yang dipersyaratkan IEC 62305 peralatan penyalur petir yang di pasang di lokasi *power house* ternyata belum mampu melindungi seluruh area bangunan *power house*.

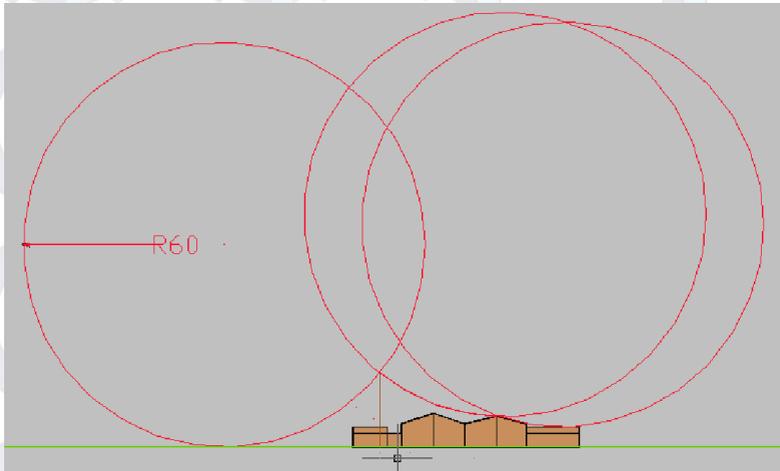
Kemudian selanjutnya akan kita lakukan pemodelan menggunakan metode bola gelinding sebagai berikut.



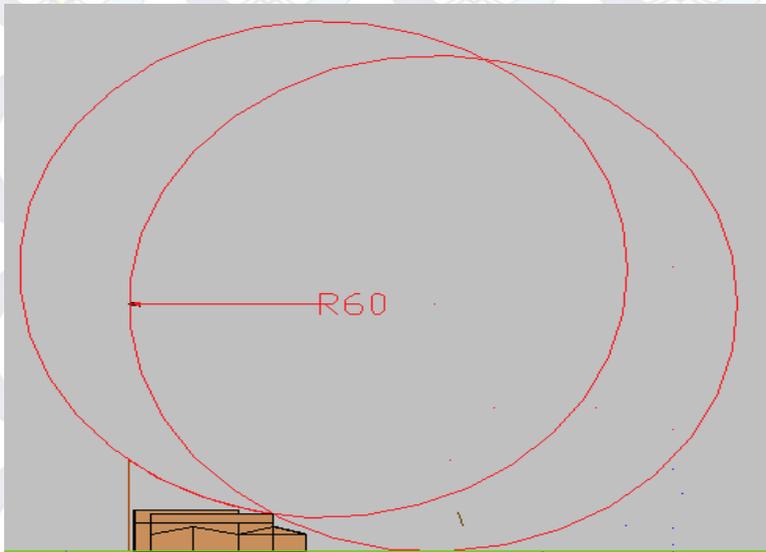
Gambar 4.33 Tampak Depan Proteksi Petir di Area *Power House* dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.34 Tampak Samping Proteksi Petir di Area *Power House* dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.35 Tampak Depan Proteksi Petir di Area *Power House* dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV

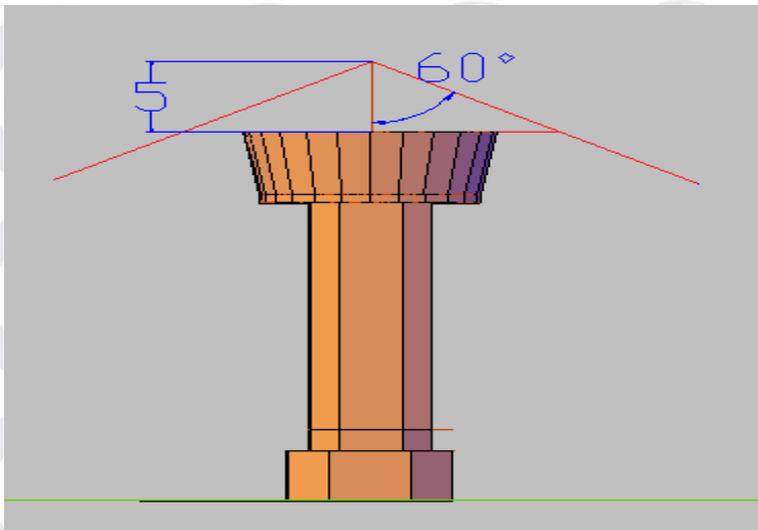


Gambar 4.36 Tampak samping proteksi petir di area *power house* dengan metode bola gelinding proteksi menggunakan level IV

Dari pemodelan area perlindungan petir pada *power house* menunjukkan bahwa baik dengan menggunakan metode sudut perlindungan maupun bola gelinding baik itu menggunakan level 1 maupun level 4 ternyata belum mampu melindungi seluruh area *power house* secara keseluruhan. Meskipun demikian ketika menggunakan level 4 perlindungan dengan menggunakan metode bola gelinding daerah yang tidak terlindungi sudah menjadi jauh lebih kecil dan tidak mencapai 50% dari seluruh bagian bangunan.

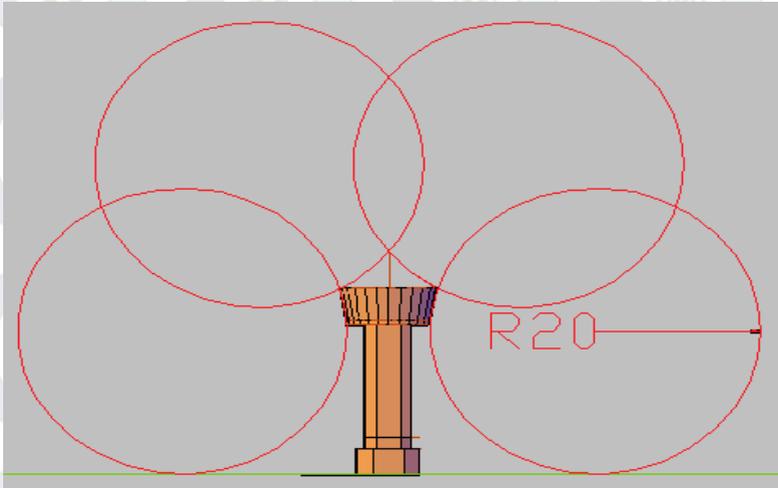
4.2.1.5 *Tower ATC (Air Traffic Controler)*

Untuk area *tower* ATC penyalur petir diletakkan di atas bangunan *tower*. Bangunan *tower* sendiri memiliki ketinggian dari dasar sampai puncaknya setinggi 22 meter. Sedangkan untuk tiang penyalur petir nya sendiri diletakkan di atas bangunan *tower* dengan ketinggian tiang 5 meter. Dikarenakan area di bawah perangkat penyalur petir yang akan di lindungi merupakan area datar dan bagian dari bangunan maka sudut perlindungannya yaitu sudut perlindungan 60° untuk level proteksi I. Maka jika area perlindungan petir dengan metode ini di modelkan akan menjadi seperti gambar di bawah ini. [IEC 62305 – 3][6]

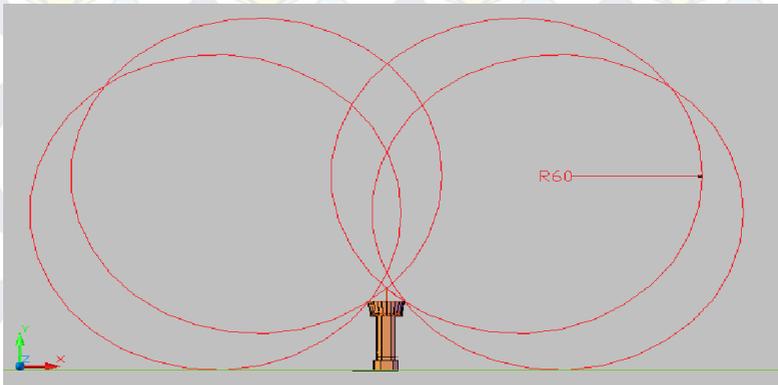


Gambar 4.37 Tampak Depan Proteksi Petir di Area *Tower* ATC dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I

Dengan menggunakan sudut perlindungan level I wilayah *tower* sudah terlindungi dengan baik. Kemudian jika kita modelkan dengan menggunakan metode bola gelinding maka akan memperoleh hasil seperti gambar berikut.



Gambar 4.38 Tampak Depan Proteksi Petir di Area *Tower* ATC dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I

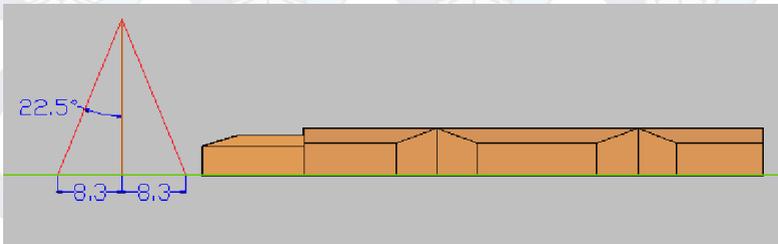


Gambar 4.39 Tampak Depan Proteksi Petir di Area *Tower* ATC dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV

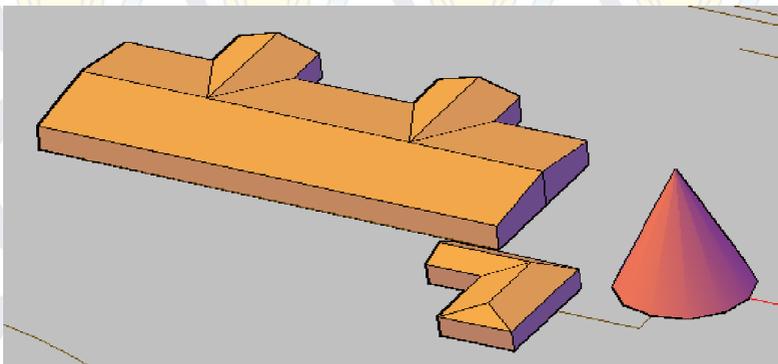
Peralatan penyalur petir yang ada saat ini terpasang di area lokasi *Tower ATC* ketika dimodelkan sesuai dengan persyaratan standar pada IEC 62305 sudah memenuhi untuk dapat melindungi seluruh bangunan *Tower ATC*.

4.2.1.6 Kantor Administrasi Bandar Udara (ADBAND)

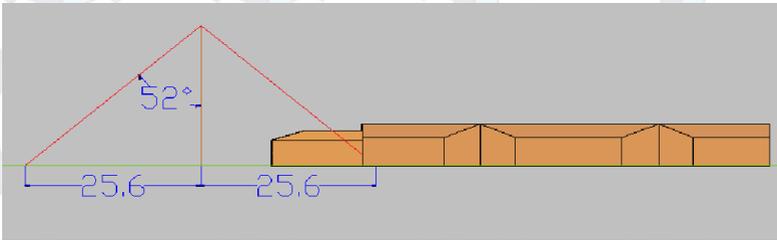
Kantor administrasi bandar udara menggunakan satu buah *tower* penyalur petir dengan ketinggian 20 meter untuk melindungi seluruh wilayah kantor administrasi bandar udara, berikut permodelan untuk daerah perlindungan dari tower penyalur petir yang ada di wilayah kantor administrasi bandar udara



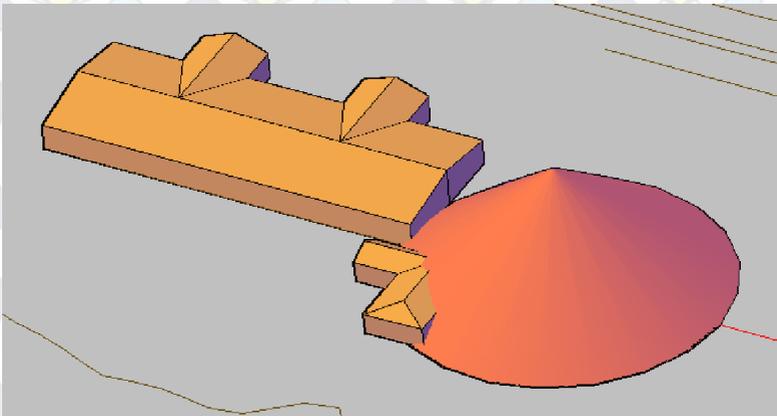
Gambar 4.40 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.41 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level I



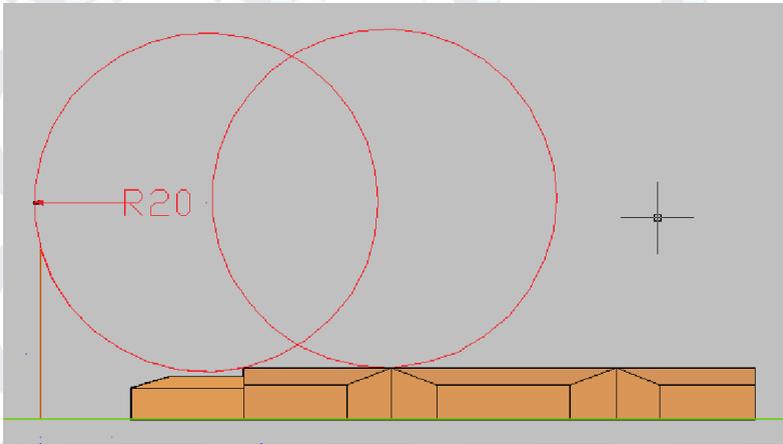
Gambar 4.42 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV



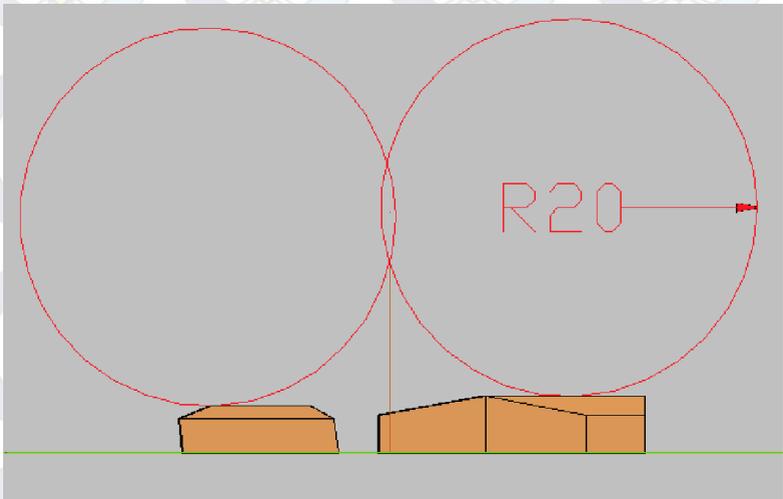
Gambar 4.43 Tampak Isometric Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Sudut Perlindungan Proteksi Menggunakan Level IV

Dengan menggunakan metode sudut perlindungan setelah di lakukan pemodelan untuk area kantor adminstrasi bandara sistem perlindungan petir yang di pasang ternyata juga belum memenuhi kriteria untuk melindungi seluruh area kantor administrasi bandara dari gangguan petir seperti yang dipersyaratkan dalam IEC 62305.

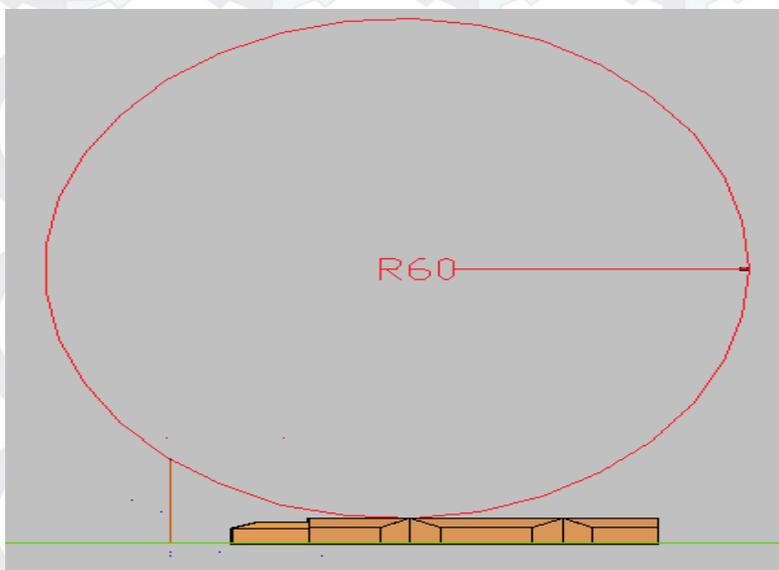
Kemudian akan kita coba untuk permodelan menggunakan metode bola bergulir,



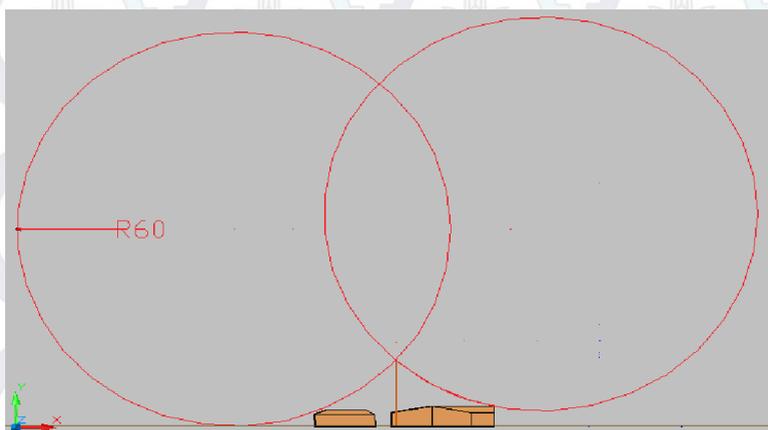
Gambar 4.44 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.45 Tampak Samping Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level I



Gambar 4.46 Tampak Depan Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandar Udara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV



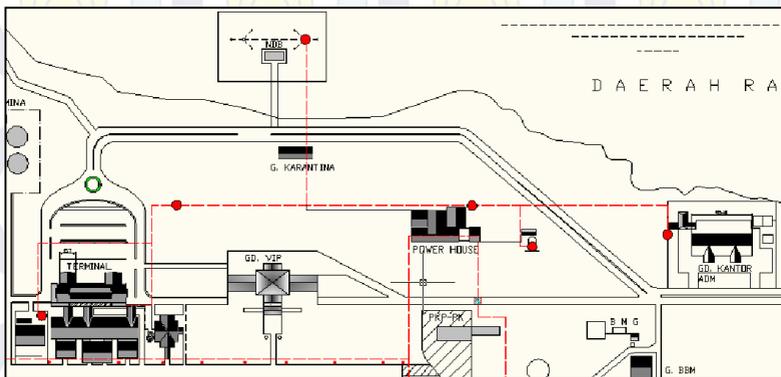
Gambar 4.47 Tampak Samping Proteksi Petir di Area Kantor Administrasi Bandara dengan Metode Bola Gelinding Proteksi Menggunakan Level IV

Dari permodelan area perlindungan petir dengan menggunakan metode bola gelinding di area kantor administrasi bandara baik dengan menggunakan level I maupun level IV di peroleh bahwa perangkat penyalur petir yang sudah dipasang belum memenuhi kriteria untuk bisa melindungi area kantor administrasi bandara bila mengacu pada standar IEC 62305.

Dengan demikian dari seluruh area yang sudah dilakukan studi dan dilakukan permodelan hanya area *Tower ATC* yang bisa memenuhi persyaratan untuk bisa memberi perlindungan dari bahaya petir untuk area tersebut (*Tower ATC*) bila mengacu pada standard IEC 63205.

4.2.2 Analisa Sistem Pentanahan Untuk Proteksi Petir Yang Terpasang di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Sesuai dengan IEC 62305

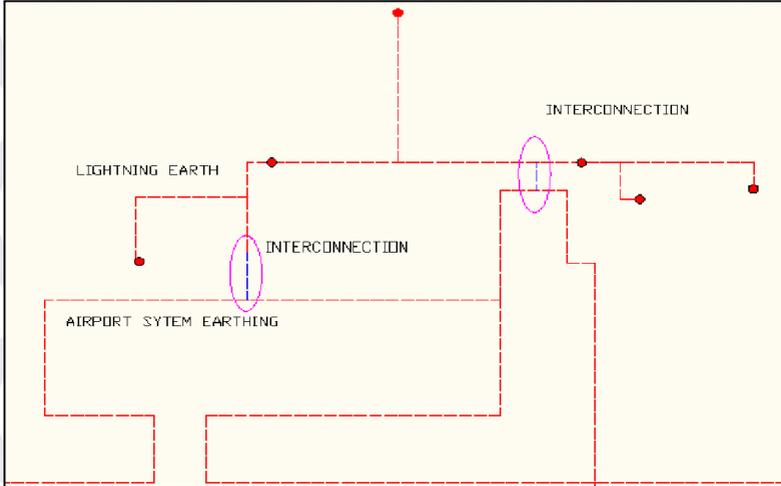
Sistem pentanahan yang digunakan di Bandar Udara Tjilik saat ini sudah digunakan sistem yang mengintegrasikan seluruh sistem pentanahan dan saling terkoneksi satu sama lain. Seluruh area pentanahan di hubungkan oleh kabel tembaga tanpa isolasi (bare Copper Conductor) menuju seluruh lokasi dan mengitari seluruh wilayah bandar udara.



Gambar 4.48 Layout Interkoneksi Grounding

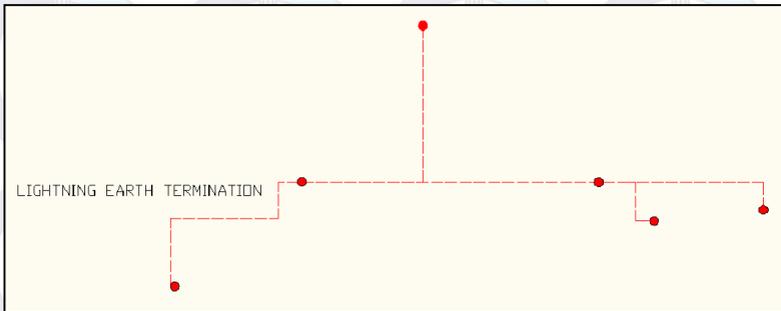
Kabel tembaga yang digunakan untuk koneksi antar grounding menggunakan Stranded copper yang memiliki luas penampang 50mm^2 .

Jika lihat untuk jalur koneksi pentanahannya dapat di lihat pada gambar berikut



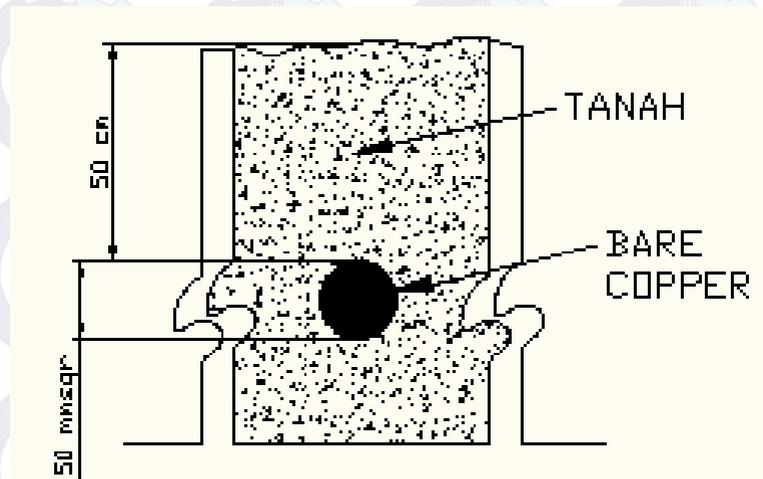
Gambar 4.49 Jalur Interkoneksi Sistem Pentanahan Untuk Penyalur Petir Dan Pentanahan Sistem

Namun sesuai dengan yang sudah di bahas di dalam bab I bahwa yang akan kita bahas hanya mengenai pentanahan untuk sistem penyalur petir. Sehingga akan kita pisahkan antara sistem pentanahan untuk perlindungan petir sebagaimana gambar berikut



Gambar 4.50 Jalur Interkoneksi Sistem Pentanahan Untuk Penyalur Petir

Dari gambar 4.50 di atas terlihat bahwa untuk sistem pentanahan untuk penyalur petir yang ada menggunakan susunan Tipe A [2]. Dimana susunan Tipe A menggunakan elektroda yang di susun secara horisontal atau vertikal. Secara horisontal dengan menghubungkan semua titik penyalur petir menggunakan menggunakan kabel tembaga tanpa isolasi sebesar 50mm^2 keseluruhan tower. Kabel tersebut di tanam dengan kedalaman sebesar 0.5 meter dari permukaan tanah



Gambar 4.51 Jalur Kabel Pentanahan Di Dalam Tanah

Penggunaan konduktor dengan diameter 50mm^2 sudah sesuai dengan apa yang di persyaratkan dalam IEC [2, *tabel 6. Material, configuration and minimum cross-sectional area of air termination conductor, air termination rods, earth lead-in rods, and down conductors*]. Dimana untuk material konduktor bila menggunakan *copper standed* harus memiliki luas penampang sebesar 50mm^2 .

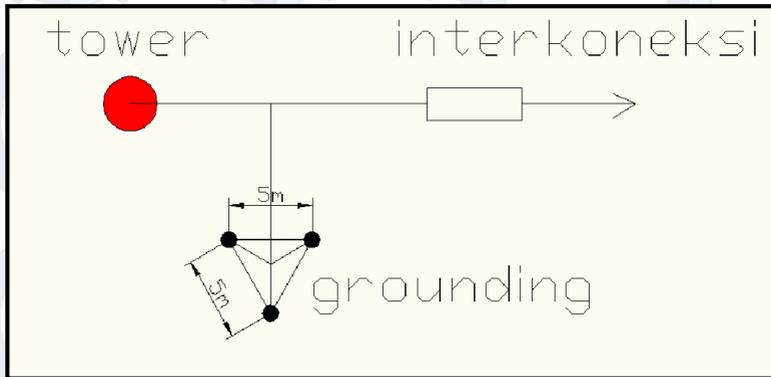
Kemudian untuk tahanan tanah yang dipersyaratkan sesuai dengan IEC 62305-3 harus memiliki tahanan tanah maksimal 10 Ohm, dan dari hasil pengukuran diperoleh bahwa tahanan tanah sudah mendapat nilai antara 3.52 Ohm sampai dengan 4.28 Ohm. Untuk peletakkan kabel pentanahan sesuai IEC 62305-3 harus di tanam dengan kedalaman minimum 0.5 meter, dan hal ini juga sudah dilakukan di area Bandar Udara Tjilik Riwut.



Gambar 4.52 Hasil Pengukuran Tahanan Tanah

Untuk pentanahan yang menggunakan type susunan A (*arrangement A*) setiap kabel turunan (*down conductor*) harus dikoneksikan dengan satu titik pentanahan, baik itu pentanahan horisontal maupun vertikal, kemudian untuk seluruh sistem yang dilakukan interkoneksi harus terhubung dengan sekurang-kurangnya 2 batang konduktor yang di tanam vertikal. Batang konduktor yang ditanam vertikal juga arus memiliki luas penampang minimal 50mm^2 .

Sistem pentanahan yang digunakan di Bandar Udara Tjilik Riwut pada setiap tower penyalur petir di koneksikan dengan minimal 3 batang konduktor yang ditanam di tanam dengan kedalaman titik paling atas dari batang konduktor berada di kedalaman sekitar 50cm



Gambar 4.53 Susunan Dalam Pemasangan Batang Konduktor Pentanahan

Elektroda yang digunakan menggunakan batang tembaga dengan luas diameter $\frac{3}{4}$ Inch (luas penampang = 254mm^2) yang ditanam satu sedalam 2.5 meter pada masing-masing batang konduktor.

Jika merujuk pada kriteria yang dipersyaratkan IEC 62305 sistem pentanahan yang terpasang di Banda Udara Tjilik Riwut sudah memenuhi persyaratan minimal yang ditetapkan di dalam IEC 62305 untuk menunjang sistem yang saat ini sudah ada sebagai sistem perlindungan petir. Namun karena untuk sistem penyalur petirnya sendiri masih belum sesuai dengan IEC 62305, maka jika sistem *air termination* untuk penyalur petir akan disesuaikan dengan persyaratan yang ada di dalam IEC 62305 maka sistem pentanahan mutlak diperlukan adanya perubahan untuk menunjang sistem yang baru.

4.3 Studi Perancangan Penyalur Petir Serta Pentanahan di Area Terminal Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya Sesuai dengan IEC 62305

Pada sub bahasan ini akan di bahas desain perancangan penyalur petir untuk satu area/beberapa area di lokasi Bandar udara tjilik riwut sesuai dengan standar yang sudah di atur dalam IEC 62305 dan sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk perbaikan di area yang lain. Untuk pemilihan metode yang akan di gunakan akan dipilih salah satu menurut asumsi penulis dimana metode tersebut di gunakan yang paling bisa merepresentasikan fungsi dan efektifitas dari sistem perlindungan petir

pada masing-masing area yang akan di bahas. Dalam pemilihan metode yang digunakan tentunya juga tetap mengacu pada pedoman yang ada di dalam IEC 62305 khususnya dalam hal ini 62305 part 3. Sedangkan untuk level proteksi yang dipilih juga akan di pilih yang paling memungkinkan menurut asumsi penulis, tetapi kelas perlindungan yang akan dipilih akan tetap mengutamakan tingkat perlindungan yang paling tinggi yaitu level I.

Terminal dan Cargo bandar udara Tjilik Riwut akan coba kita rancang dan design untuk sistem perlindungan petir nya menggunakan metode Bola Gelinding. Level yang kita pilih untuk permodelan akan menggunakan Level I. Sehingga nanti untuk model perlindungan petirnya akan menggunakan beberapa batang konduktor yang digunakan sebagai *Air terminal* yang akan diletakkan di atas masing bangunan. Kemudian dari batang konduktor tersebut akan di modelkan menggunakan model dari bola gelinding yang menuju ke seluruh peralatan.

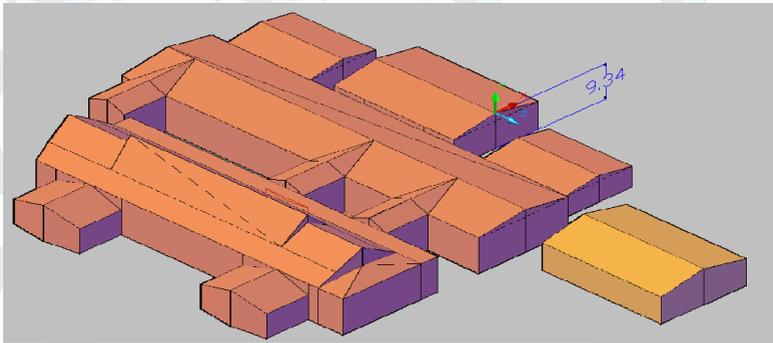
Elektroda *Air termination* akan menggunakan batang conductor dengan luas penampang 50mm^2 . Untuk ketinggian dari batang conductor yang akan di gunakan sebagai *Air Termination* mengacu pada ketinggian maksimum sesuai dengan *Obstacle area* untuk area terminal. Ketinggian dari bangunan yang ada di titik paling dekat dengan zona A1 yaitu 9.3 meter sedangkan untuk *Obstacle* ketinggian maksimumnya mencapai 11.71 meter. Maka panjang elektroda yang akan digunakan yaitu

$$l = h_{Obstacle} - h_{bangunan}$$

$$l = 11.71 \text{ m} - 9.3 \text{ m}$$

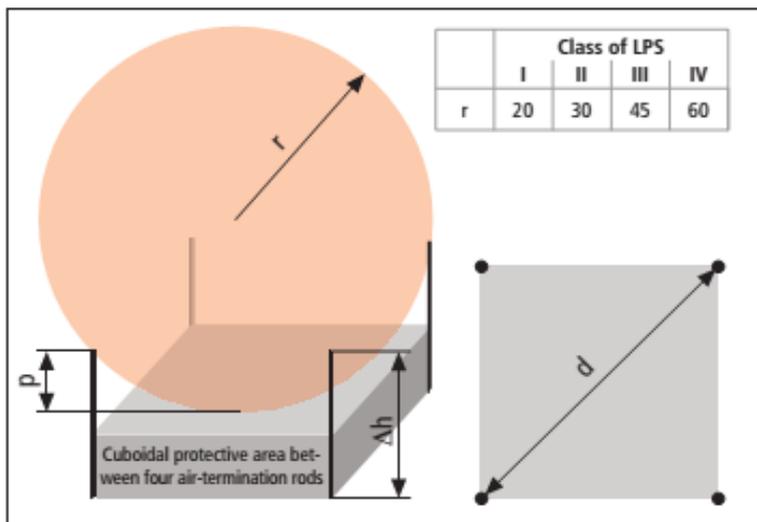
$$l = 11.71 \text{ m} - 9.3 \text{ m}$$

$$l = 2.41 \text{ m}$$



Gambar 4.54 Ketinggian Bangunan Di Titik Terdekat Dengan Titik A1

Dengan ketinggian maksimum dari elektroda sesuai dengan perhitungan maka digunakan ketinggian elektroda untuk penyalur petir dengan tinggi 2 meter dari puncak bangunan terminal dan cargo. Kemudian di hitung jarak maksimal antar konduktor menggunakan rumusan ketinggian dan jarak antar elektrode [3] dengan merepresentasikan pada gambar berikut



Gambar 4.55 Area Perlindungan Pada Metode Bola Gelinding [3]

Sehingga dari gambar yang ada di atas bisa di gunakan untuk mencari jarak perlindungan dengan rumus [3] berikut

$$p = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (\text{persamaan 4.1})$$

Dimana :

P = kedalaman lengkungan bola

r = jari-jari bola gelinding

d = jarak antar batang konduktor

jika persamaan 4.1 kita masukkan beberapa nilai d yang bervariasi maka akan diperoleh tabel sebagai berikut

Tabel 4.2 Jarak antar batang konduktor dan kedalaman lengkungan(*sag*) [3]

d	Sag of the rolling sphere [m] (rounded up)			
Distance between air-termination rods [m]	Class of LPS with rolling sphere radius in meters			
	I (20 m)	II (30 m)	III (45 m)	IV (60 m)
2	0.03	0.02	0.01	0.01
4	0.10	0.07	0.04	0.03
6	0.23	0.15	0.10	0.08
8	0.40	0.27	0.18	0.13
10	0.64	0.42	0.28	0.21
12	0.92	0.61	0.40	0.30
14	1.27	0.83	0.55	0.41
16	1.67	1.09	0.72	0.54
18	2.14	1.38	0.91	0.68
20	2.68	1.72	1.13	0.84
23	3.64	2.29	1.49	1.11
26	4.80	2.96	1.92	1.43
29	6.23	3.74	2.40	1.78
32	8.00	4.62	2.94	2.17
35	10.32	5.63	3.54	2.61

Dari tabel tersebut maka kita bisa menentukan ketinggian batang konduktor yang akan dipasang pada tiap lokasi ketika kita memasang batang konduktor dengan jarak tertentu (dalam hal ini menyesuaikan dengan kondisi arsitektural bangunan) maka ketinggian konduktor dapat kita tentukan dengan menggunakan tabel 4.2

kemudian dari persamaan 4.1 jika kita sudah menentukan ketinggian batang konduktor yang digunakan (dimisalkan sesuai dengan persyaratan *Obstacle area* = 2 meter) maka persamaan 4.1 akan kita ubah menjadi

$$p = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$\sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = r - p$$

$$r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2 = (r - p)^2$$

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 = r^2 - (r - p)^2$$

$$d^2 = 4(r^2 - (r - p)^2)$$

$$d = \sqrt{4(r^2 - (r - p)^2)} \quad \text{(persamaan 4.2)}$$

Dimana :

P = ketinggian dari batang konduktor

r = jari-jari bola gelinding

d = jarak antar batang konduktor

kemudian dengan persamaan 4.2 kita tentukan jarak antar batang konduktor yang akan kita pasang, bila menggunakan perlindungan Level I, maka

$r = 20 \text{ meter}$

$p = 2 \text{ meter}$

Sehingga,

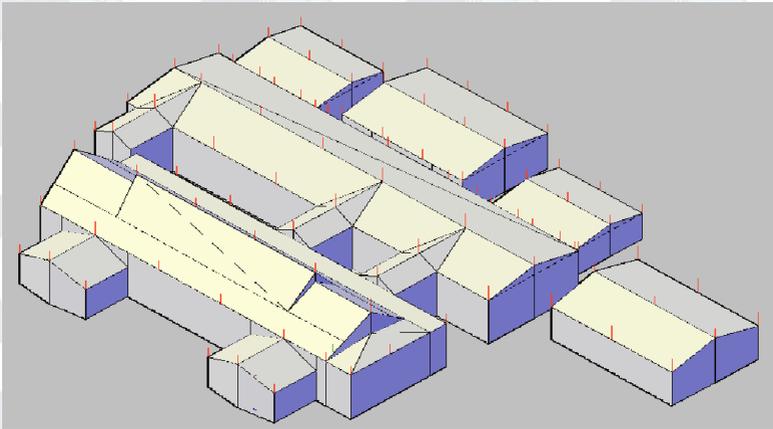
$$d = \sqrt{4(r^2 - (r - p)^2)}$$

$$d = \sqrt{4(20^2 - (20 - 2)^2)}$$

$$d = \sqrt{304} = 17.44 \text{ meter}$$

Sehingga diperoleh jarak maksimal antar batang konduktor yaitu 17.44 jika batang konduktor memiliki tinggi 2 meter. Kemudian dengan sistem yang sama di gunakan untuk menentukan batang konduktor yang akan di gunakan di semua titik.

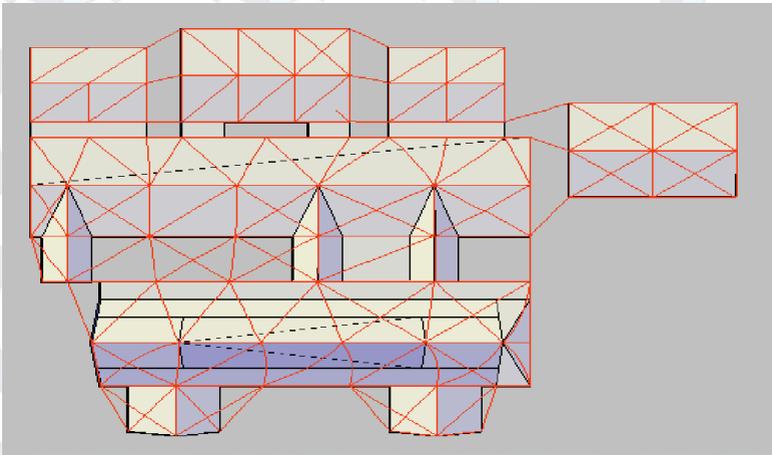
Kemudian akan kita modelkan untuk peletakan batang konduktor yang akan kita gunakan sebagai *Air termination* sebagai berikut



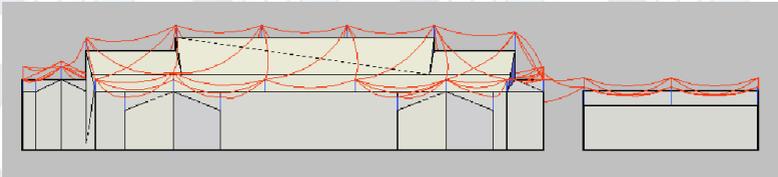
Gambar 4.56 Peletakan Batang Konduktor Pada Area Terminal dan Cargo

Garis garis berwarna merah merupakan representasi dari batang konduktor yang di gunakan sebagai terminal udara peralatan penyalur petir. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.51 yang merupakan tampilan isometri terminal dan bantang konduktor yang ada pada bangunan.

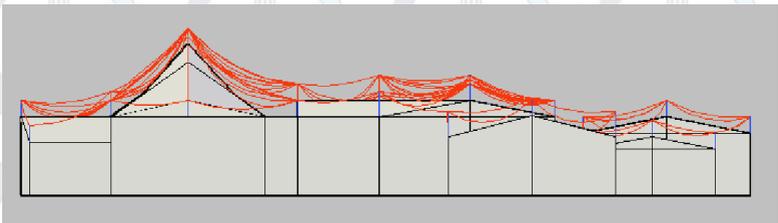
Kemudian akan kita modelkan menggunakan metode bola gelinding. Yaitu dengan cara menarik garis lengkung dengan jari-jari lingkaran 20 meter (sesuai dengan level perlindungan yaitu level I). Dan akan terlihat pada gambar berikut



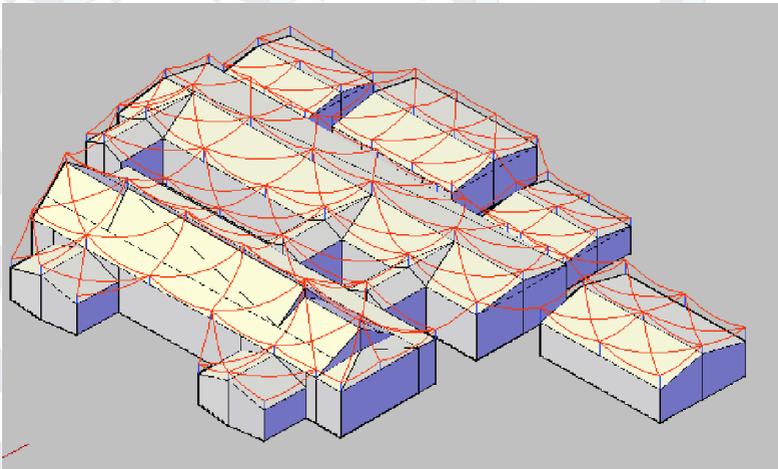
Gambar 4.57 Tampak Atas Permodelan Area Terminal Dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding Dengan Level Perlindungan Level I



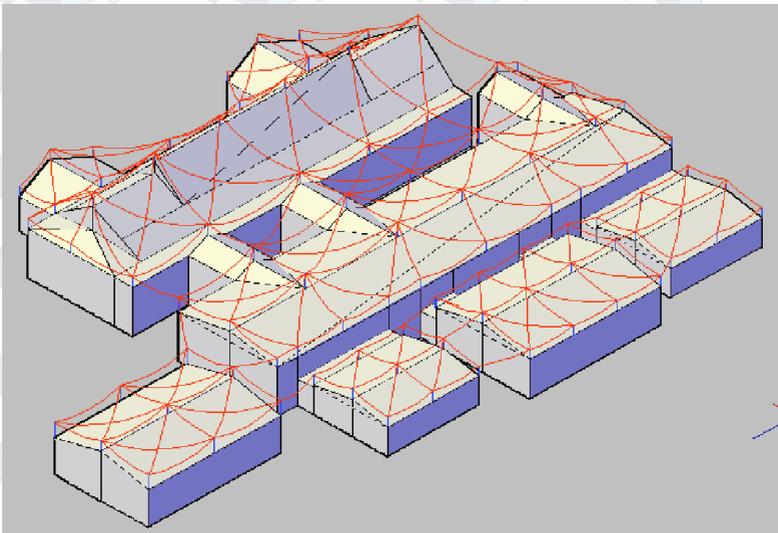
Gambar 4.58 Tampak Depan Permodelan Area Terminal Dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding Dengan Level Perlindungan Level I



Gambar 4.59 Tampak Samping Permodelan Area Terminal Dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding Dengan Level Perlindungan Level I



Gambar 4.60 Tampak Isometric Kanan-Depan Permodelan Area Terminal Dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding Dengan Level Perlindungan Level I



Gambar 4.61 Tampak Isometric Kanan-Belakang Permodelan Area Terminal Dan Cargo Menggunakan Metode Bola Gelinding Dengan Level Perlindungan Level I

Kemudian setelah kita lakukan permodelan dan kita pastikan bahwa semua area bangunan masuk dalam area perlindungan. Kemudian harus kita perhatikan apakah peralatan penyalur petir yang sudah di pasang pada bangunan terminal masih memenuhi persyaratan dalam daerah *Obstacle Area*. Berikut model bangunan dan peralatan penyalur petir dengan batasan *Obstacle Area*

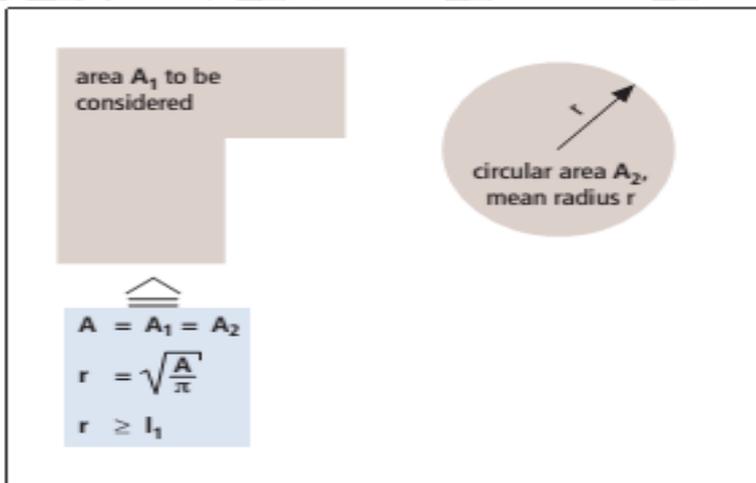


Gambar 4.62 Sistem Perlindungan Petir Untuk Area Terminal Dan Posisinya Dalam *Obstacle Area*

Dari gambar 4.57 terlihat bahwa gambar tersebut memenuhi kriteria dan persyaratan untuk daerah *Obstacle Area* sehingga desain perancangan perlindungan petir untuk area terminal sebagaimana yang sudah di modelkan sudah memenuhi standar dan aturan yang ada dan juga sudah bisa melindungi se seluruh area bangunan terminal dan cargo sesuai dengan IEC 62305 dengan menggunakan metode Bola Gelinding/bergulir menggunakan level proteksi I.

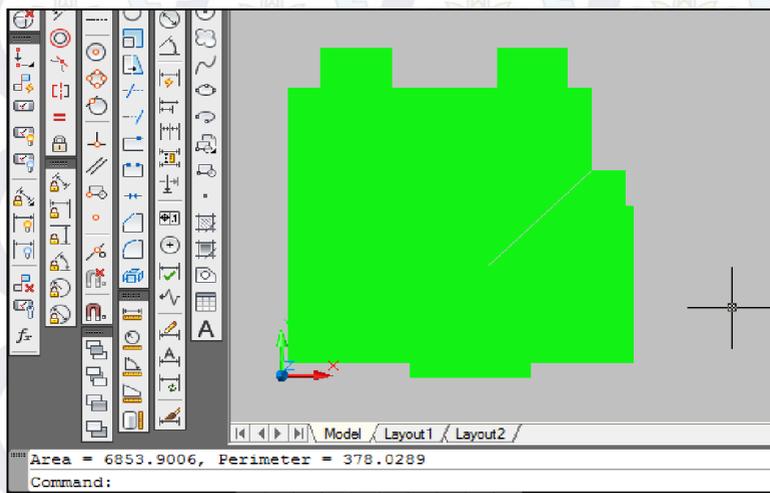
Kemudian akan kita rancang juga untuk sistem pentanahan yang akan di gunakan di bangunan terminal Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya. Untuk susunan sistem pentanahan yang akan kita gunakan yaitu menggunakan susunan tipe B yaitu tipe “Ring”. Tipe *ring* ini menggunakan konduktor pentanahan yang ditanam di samping bangunan dengan jarak sekitar 1 meter dari bangunan. Konduktor pentanahan yang digunakan menggunakan tembaga *stranded* dengan luas penampang 50mm^2 .

Untuk mencari apakah pentanahan *ring* yang dibuat membutuhkan tambahan elektroda lagi bila jari-jari lingkaran (r_c) dari rata-rata luasan lingkaran dari luasa seluruh area, jari-jari r_c lebih besar dari panjang seluruh kabel pentanahan (l). Maka kabel pentanahan membutuhkan tambahan konduktor yang harus dikoneksi baik secara horisontal atau vertikal. Seperti pada gambar berikut ini



Gambar 4.63 Perbandingan Radius Dan Panjang Konduktor[3]

Maka jika luasan area Ring konduktor sebagaimana hasil perhitungan di program Aurocad memperoleh nilai 6854m^2 sebagaimana terlihat pada gambar berikut berikut



Gambar 4.64 Luasan Area Pentanahan Ring

maka jika kita masukkan ke dalam perhitungan

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (\text{persamaan 4.4})[2]$$

Jika $A = 6854 \text{ m}^2$,

$$r = \sqrt{\frac{6854A}{\pi}} = 46.7$$

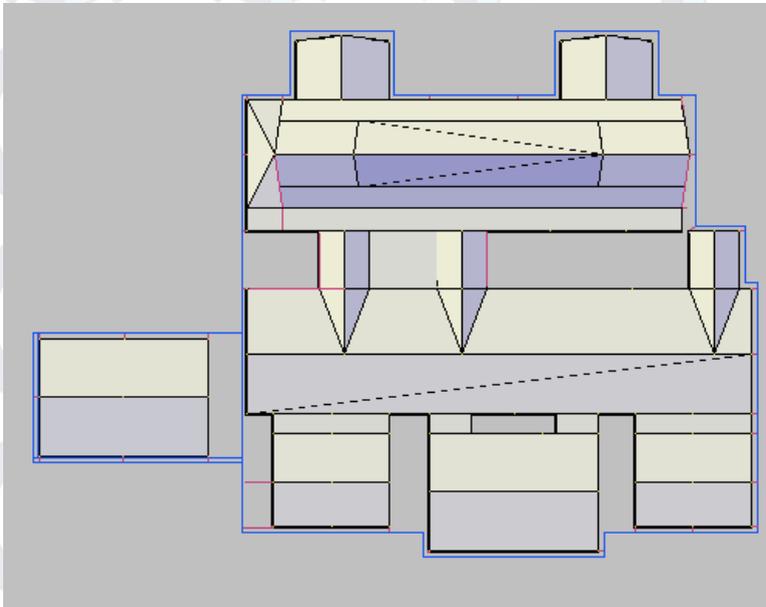
Jika panjang kabel pentanahan *ring* mencapai lebih dari 200 meter, maka tidak perlu ditambahkan adanya konduktor tambahan. Sedangkan untuk *Down conductor* yang akan di pasang untuk kabel turunan sesuai dengan dengan tabel berikut

Tabel 4.3 Jarak Typical Antar Konduktor Turunan Sesuai Dengan Kelas LPS [2]

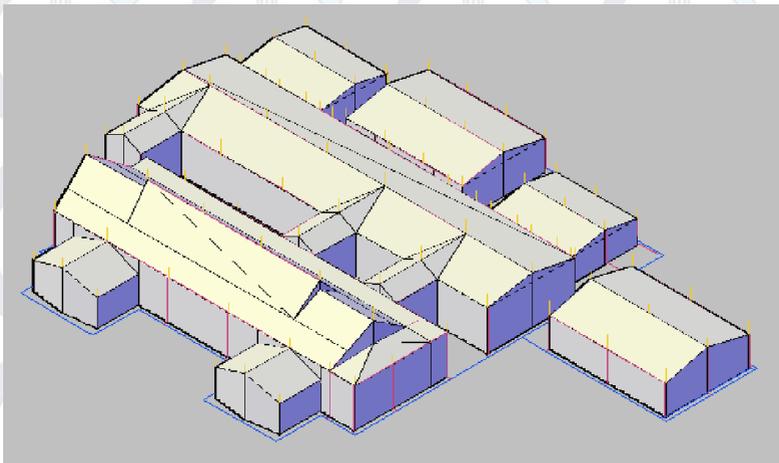
Class of LPS	Typical distances m
I	10
II	10
III	15
IV	20

Dari Tabel 4.3 maka untuk kelas perlindungan I jarak antar konduktor turunan yaitu 10meter. Namun tentu saja hal ini tetap memperhatikan arsitektural dari bangunan yang akan di pasang peralatan penyalur petir.

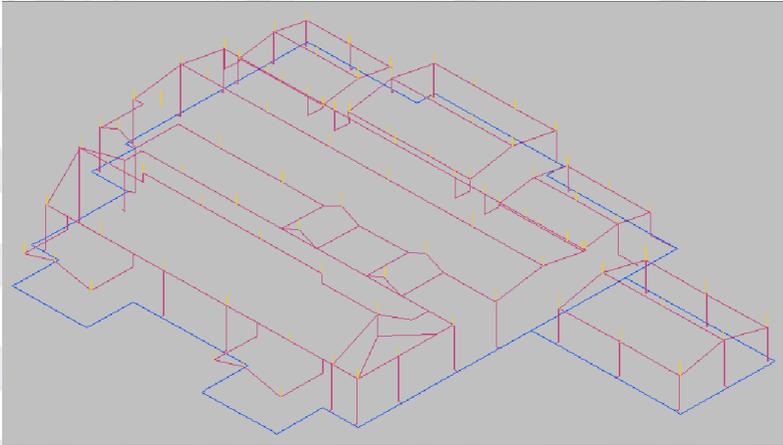
Dengan demikian maka dapat dimodelkan untuk pentanahan penyalur petir sebagai berikut



Gambar 4.65 Tampak Atas Jalur Pentanahan



Gambar 4.66 Tampak Isometrik Jalur Pentanahan, Dan Kabel Turunan Yang Berada Di Bangunan



Gambar 4.67 Tampak Isometrikair Rancangan *Air Terminal*, Kabel Turunan Dan Jalur Pentanahan

Demikian hasil perancangan design perlindungan petir serta pentanahannya. Sehingga bisa di jadikan sebagai bahan acuan untuk perbaikan di lokasi yang lain, jika sistem perlindungan petir yang digunakan mengacu pada IEC 62305.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan Analisa dan pemodelan mengenai sistem perlindungan petir di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya propinsi Kalimantan Tengah, di dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahwasanya sistem perlindungan petir yang di gunakan di Bandar Udara Tjilik Riwut saat ini mengacu pada data teknis peralatan yang digunakan sebagai peralatan penyalur petir, dalam hal ini *Air Termination Unit*, yaitu dengan menggunakan metode yang di sebut dengan ESE (*Early Streamer Emission*). Dimana dalam metode ESE sistem perlindungan petir menggunakan sistem *Coverage Area* yang bergantung pada jenis produk, dan ketinggian pemasangan peralatan penyalur petir yang di gunakan. Jadi semakain tinggi spesifikasi peralatan dan tower yang digunakan untuk memasang *Head* dari peralatan penyalur petir maka area perlindungan yang di jangkau oleh peralatan penyalur tipe ESE juga akan semakin besar dan begitu pula sebaliknya.
2. Pada standar yang ada dan digunakan secara umum, khususnya dalam hal ini IEC 62305, metode perlindungan petir dengan menggunakan ESE masih belum di masukkan dalam standar yang telah diterbitkan. Pada IEC 62305 masih mempertahankan pola perlindungan dengan menggunakan metode konvensional dengan 3 metode yaitu bola gelinding, sudut perlindungan (kerucut), dan metode *Mesh* atau yang biasanya disebut juga metode Jala-jala. Metode ESE belum dimasukkan dalam standar IEC 62305 dengan alasan dari beberapa kali pengetesan untuk sistem ESE masih tidak ditemukan perbedaan yang signifikan dengan menggunakan metode konvensional yang sudah di masukkan dalam IEC 62305 [7].
3. Sistem perlindungan petir yang di gunakan di bandar udara Tjilik riwut saat ini jika merujuk pada data teknis dari peralatan yang digunakan dengan ketinggian tower penyalur petir setinggi 20meter memiliki daya jangkau perlindungan (*Coverage Area*) yang mencapai radius 109 meter dari pusat tower penyalur petir. Sehingga ketika zona perlindungan petir yang dihasilkan oleh peralatan yang

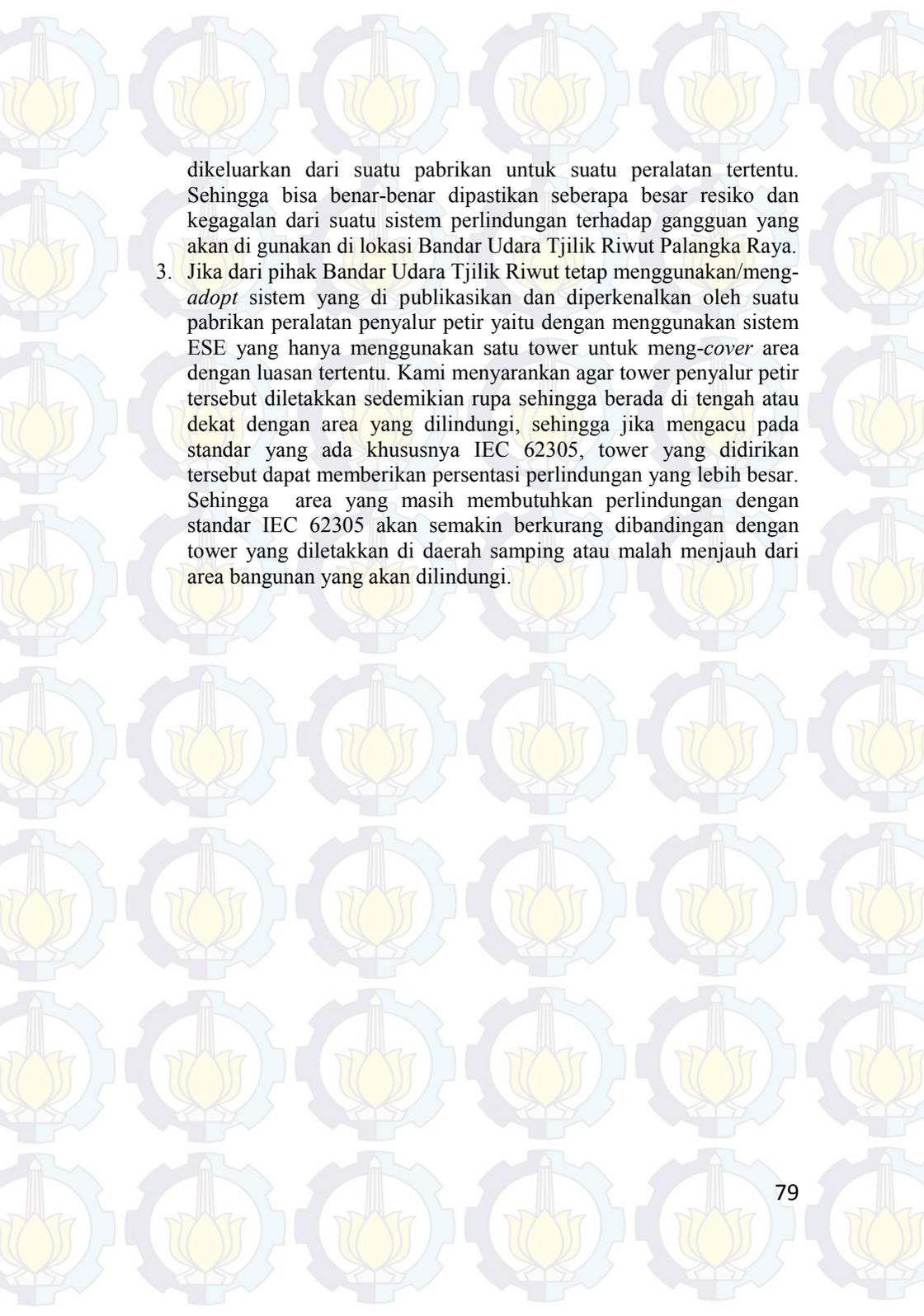
menggunakan sistem ESE tersebut dapat menjangkau hampir seluruh lokasi penunjang di bandar udara Tjilik Riwut.

4. Apabila pemodelan area perlindungan penyalur petir di Bandar Udara Tjilik Riwut dilakukan dengan mengacu pada salah satu standar yang ada dan di akui yaitu IEC 62305 dengan menggunakan metode kerucut dan bola gelinding baik menggunakan Level Perlindungan yang paling maksimal yaitu Level I maupun level perlindungan yang paling minimal yaitu level IV ternyata sistem perlindungan petir yang sudah terpasang di area lokasi Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya belum mampu melindungi seluruh lokasi penunjang operasional Bandar Udara. Untuk area yang sudah memenuhi kriteria perlindungan petir sesuai dengan IEC 62305 dan mampu melindungi seluruh bangunan hanya pada area *Tower ATC*. Sehingga diperlukan suatu evaluasi dan perancangan ulang mengenai perbaikan sistem perlindungan petir yang akan digunakan di bandar udara Tjilik Riwut sesuai dengan standar yang ada, diakui serta berlaku baik di Indonesia maupun yang dikeluarkan oleh badan international.

5.2 Saran

Setelah dilakukan Analisa serta permodelan untuk sistem perlindungan petir yang di gunakan di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya, serta setelah diperoleh hasil dari analisa dan pemodelan maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. seluruh sistem perlindungan petir yang digunakan harus di evaluasi ulang mengenai metode sistem perlindungan petir yang digunakan. Karena dalam pelaksanaan pekerjaan dan pemasangan peralatan penyalur petir harus dilandasi oleh standar atau aturan yang benar-benar telah resmi dikeluarkan dan di akui oleh suatu badan standar baik dalam negeri maupun internasional. Sehingga jaminan serta kewanan dari suatu sistem yang di aplikasikan dapat dipertanggung jawabkan dengan baik dan dengan dasar pertanggung jawaban yang benar serta kuat.
2. Jika sistem perlindungan mengacu pada suatu data teknis mengenai kemampuan suatu peralatan maka harus bisa dipastikan mengenai pengujian dan kebenaran dari data tersebut serta harus juga dipastikan mengenai jaminan dan garansi dari peralatan yang dilindungi dengan menggunakan sistem tersebut. Selain itu lembaga penguji yang melakukan uji klarifikasi terhadap data teknis yang



dikeluarkan dari suatu pabrikan untuk suatu peralatan tertentu. Sehingga bisa benar-benar dipastikan seberapa besar resiko dan kegagalan dari suatu sistem perlindungan terhadap gangguan yang akan di gunakan di lokasi Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya.

3. Jika dari pihak Bandar Udara Tjilik Riwut tetap menggunakan/meng-*adopt* sistem yang di publikasikan dan diperkenalkan oleh suatu pabrikan peralatan penyalur petir yaitu dengan menggunakan sistem ESE yang hanya menggunakan satu tower untuk meng-*cover* area dengan luasan tertentu. Kami menyarankan agar tower penyalur petir tersebut diletakkan sedemikian rupa sehingga berada di tengah atau dekat dengan area yang dilindungi, sehingga jika mengacu pada standar yang ada khususnya IEC 62305, tower yang didirikan tersebut dapat memberikan persentasi perlindungan yang lebih besar. Sehingga area yang masih membutuhkan perlindungan dengan standar IEC 62305 akan semakin berkurang dibandingkan dengan tower yang diletakkan di daerah samping atau malah menjauh dari area bangunan yang akan dilindungi.



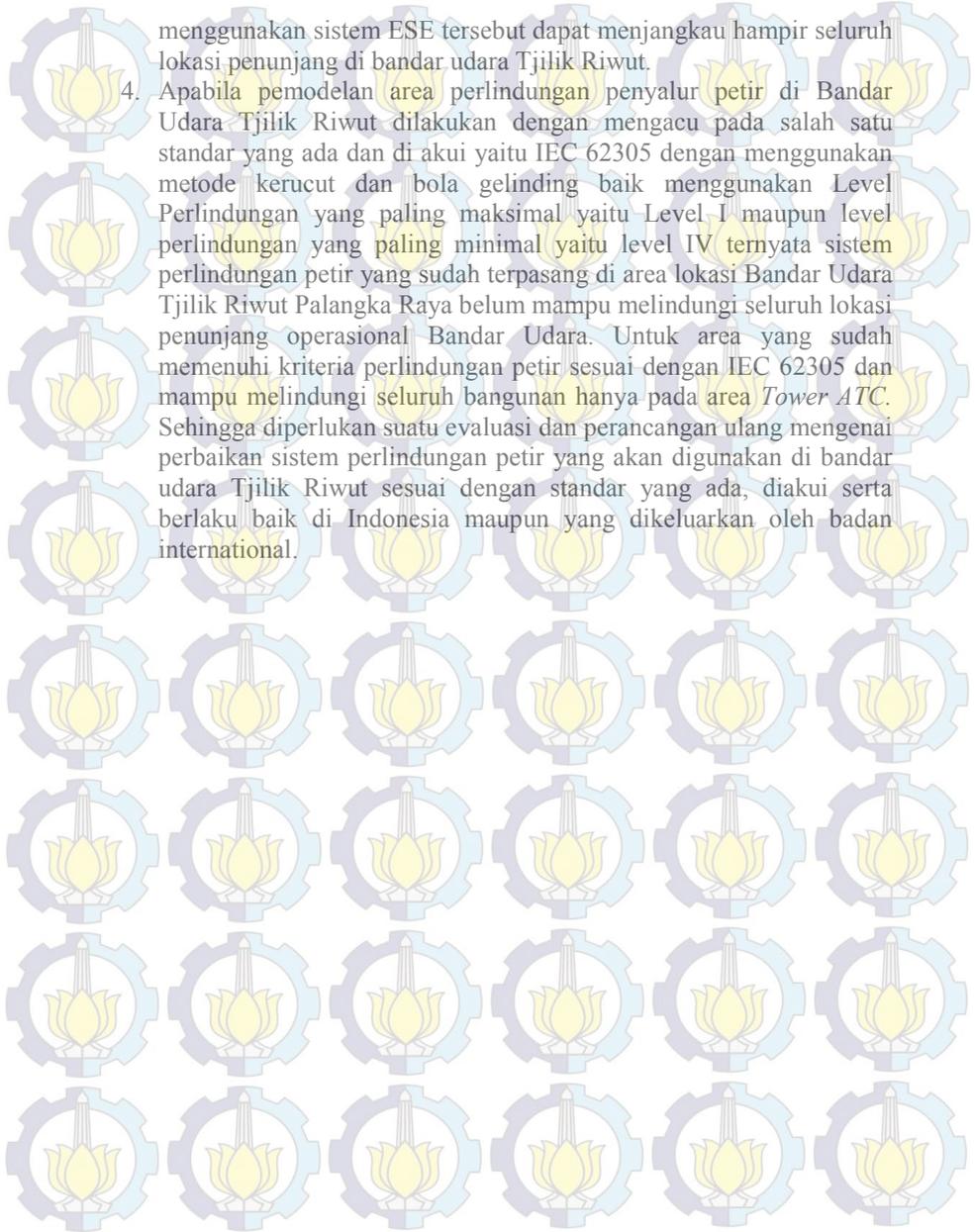
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan Analisa dan pemodelan mengenai sistem perlindungan petir di Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya propinsi Kalimantan Tengah, di dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahwasanya sistem perlindungan petir yang di gunakan di Bandar Udara Tjilik Riwut saat ini mengacu pada data teknis peralatan yang digunakan sebagai peralatan penyalur petir, dalam hal ini *Air Termination Unit*, yaitu dengan menggunakan metode yang di sebut dengan ESE (*Early Streamer Emission*). Dimana dalam metode ESE sistem perlindungan petir menggunakan sistem *Coverage Area* yang bergantung pada jenis produk, dan ketinggian pemasangan peralatan penyalur petir yang di gunakan. Jadi semakain tinggi spesifikasi peralatan dan tower yang digunakan untuk memasang *Head* dari peralatan penyalur petir maka area perlindungan yang di jangkau oleh peralatan penyalur tipe ESE juga akan semakin besar dan begitu pula sebaliknya.
2. Pada standar yang ada dan digunakan secara umum, khususnya dalam hal ini IEC 62305, metode perlindungan petir dengan menggunakan ESE masih belum di masukkan dalam standar yang telah diterbitkan. Pada IEC 62305 masih mempertahankan pola perlindungan dengan menggunakan metode konvensional dengan 3 metode yaitu bola gelinding, sudut perlindungan (kerucut), dan metode *Mesh* atau yang biasanya disebut juga metode Jala-jala. Metode ESE belum dimasukkan dalam standar IEC 62305 dengan alasan dari beberapa kali pengetesan untuk sistem ESE masih tidak ditemukan perbedaan yang signifikan dengan menggunakan metode konvensional yang sudah di masukkan dalam IEC 62305 [7].
3. Sistem perlindungan petir yang di gunakan di bandar udara Tjilik riwut saat ini jika merujuk pada data teknis dari peralatan yang digunakan dengan ketinggian tower penyalur petir setinggi 20meter memiliki daya jangkau perlindungan (*Coverage Area*) yang mencapai radius 109 meter dari pusat tower penyalur petir. Sehingga ketika zona perlindungan petir yang dihasilkan oleh peralatan yang



menggunakan sistem ESE tersebut dapat menjangkau hampir seluruh lokasi penunjang di bandar udara Tjilik Riwut.

4. Apabila pemodelan area perlindungan penyalur petir di Bandar Udara Tjilik Riwut dilakukan dengan mengacu pada salah satu standar yang ada dan diakui yaitu IEC 62305 dengan menggunakan metode kerucut dan bola gelinding baik menggunakan Level Perlindungan yang paling maksimal yaitu Level I maupun level perlindungan yang paling minimal yaitu level IV ternyata sistem perlindungan petir yang sudah terpasang di area lokasi Bandar Udara Tjilik Riwut Palangka Raya belum mampu melindungi seluruh lokasi penunjang operasional Bandar Udara. Untuk area yang sudah memenuhi kriteria perlindungan petir sesuai dengan IEC 62305 dan mampu melindungi seluruh bangunan hanya pada area *Tower ATC*. Sehingga diperlukan suatu evaluasi dan perancangan ulang mengenai perbaikan sistem perlindungan petir yang akan digunakan di bandar udara Tjilik Riwut sesuai dengan standar yang ada, diakui serta berlaku baik di Indonesia maupun yang dikeluarkan oleh badan international.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEC 62305-1 “*Protection against lightning – Part 1: General principle*”, International Electrotechnical Commission (IEC), 2010
- [2] IEC 62305-3 “*Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*”, International Electrotechnical Commission (IEC), 2010
- [3] DEHN + SOHNE, “*Lightning Protection Guide – revised 2nd edition*”, DEHN, 2012
- [4] Diklat Airfield Lighting System, “*Standar manual bagian 139 Aerodrome*”, Akademi Teknik Keselamatan Penerbangan Surabaya, 2014
- [5] GuardianTM, “*Lightning protection system 5*”, Lightning protection international Pty Ltd, 2003
- [6] Wikipedia, “Non Directional Beacon” <URL: http://id.wikipedia.org/wiki/Non_Directional_Beacon>
- [7] Bouqueqneau, Christian, “A Critical View on the Lightning Protection International Standard”, Faculté Polytechnique de Mons, Belgium.
- [8] Annex 14, “*VOLUME I – Aerodrome Design and Operations*”, International Civil Aviation Organization (ICAO), 2013
- [9] Tahukah dirimu.blogspot.com “proses terjadinya petir dan guntur” <URL: <http://tahukah-dirimu.blogspot.com/2011/08/proses-terjadinya-petir-dan-guntur.html>>
- [10] Badan Meteorologi dan Geofisika “Petir” <URL: http://www.bmkg.go.id/RBMKG_Wilayah_10/Geofisika/petir.bmkg>
- [11] Wikipedia “Lightning” <URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lightning>>
- [12] Nasa “Lightning Map” <http://www.nasa.gov/centers/goddard/images/content/95495main_lightningmap_m.jpg>

BIODATA PENULIS

Penulis memiliki nama lengkap Chasib Atsqolani. Anak kelima dari pasangan Musthofa dan Suba'iah ini lahir pada tanggal 17 Maret 1988 di kota Gresik. Suami dari Nikmatul Ikhrom ini menyelesaikan program studi Diploma 3 Teknik Kelistrikan Kapal pada tahun 2008 di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Elektro dan mengambil Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi di alamat email chasib12@mhs.ee.its.ac.id atau mr.casib@gmail.com

