



**DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM
PROTEKSI PETIR EKSTERNAL JENIS
EARLY STREAMER DI PEMBANGKIT
LISTRIK BATAMINDO**

Tugas Akhir

**Oleh:
SUMARSONO (NIM : 4232331002)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Desain dan Implementasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Jenis *Early Streamer* di Pembangkit Listrik Batamindo " adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 02 Januari 2025



SUMARSONO

Nama Lengkap Penulis
NIM: 4232331002

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)/Ahli Madya Teknik (AMd.T.)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Sumarsono (4232331002)

Tanggal Sidang: 08 Januari , 2025

Disetujui oleh :

1. Nama Penguji I



Ir. Muhammad Syafei Gozali, ST, M.T.
NIK: 107050

1. Nama Pembimbing



Ir. Arif Febriansyah Juwito, S.T., M.Eng.
NIK: 114127

2. Nama Penguji II



Hasnira, S.ST., M.Tr.T
NIK: 113112

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL JENIS EARLY STREAMER DI PEMBANGKIT LISTRIK BATAMINDO

Abstrak

Indonesia secara geografis terletak di daerah khatulistiwa yang beriklim tropis dan dikelilingi lautan memiliki Tingkat hari guruh yang tinggi. Bangunan berstruktur tinggi memiliki potensi besar terhadap sambaran petir. Oleh karena itu bangunan seperti di dalam Kawasan pembangkit Listrik batamindo perlu adanya sistem proteksi yang mampu melindungi dari kerusakan akibat sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam standar umum instalasi Listrik (PUIL) dan standar nasional melalui persyaratan umum instalasi penangkal petir (PUIPP) merupakan salah satu acuan yang digunakan dalam sistem proteksi petir. Di dalam penelitian ini pengambilan data bersamaan proses instalasi di lapangan oleh PT. Lancang Kuning Sukses untuk pengumpulan data lapangan dilakukan dengan dokumentasi dan observasi komponen terminasi udara, sistem pbumian, memeriksa *data sheet air terminal Viking – Early streamer*, mengukur resistansi *elektroda* pbumian dan memeriksa tinggi bangunan serta luas area yang akan diproteksi. Hasil pengukuran pada sistem pbumian, diperoleh nilai sebesar 0,56 Ohm dan nilai ini sesuai dengan standar PUIL sebesar < 5 ohm.

Kata kunci: terminasi udara, resistansi, *elektroda*, *early streamer*.

Design and implementation of the external lightning protection system of the Early Streamer type at batamindo power plant

Abstract

Indonesia is geographically located in the equatorial region with a tropical climate and surrounded by oceans with a high level of thunderstorms. High-rise buildings have great potential for lightning strikes. Therefore, buildings such as those in the Batamindo Power Plant Area need a protection system that can protect against damage caused by lightning strikes, both directly and indirectly. In the general standards for electrical installations (PUIL) and national standards through the general requirements for lightning rod installations (PUIPP) are one of the references used in the lightning protection system. In this study, data collection was carried out simultaneously with the installation process in the field by PT. Lancang Kuning Sukses for field data collection was carried out by documenting and observing air termination components, grounding systems, checking Viking - Early Streamer air terminal data sheets, measuring grounding electrode resistance and checking the height of the building and the area to be protected. The measurement results on the grounding system obtained a value of 0.56 Ohm and this value is in accordance with the PUIL standard of <5 ohm.

Keywords: air termination, resistance, electrode, early streamer.

Kata Pengantar

Puji syukur penulis haturkan kepada kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat serta rahmat-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTIM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL JENIS *EARLY STREAMER* DI PEMBANGKIT LISTRIK BATAMINDO". Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik di Politeknik negeri Batam. Dalam menyusun tugas akhir ini banyak mendapatkan dukungan, bimbingan, bantuan dan kemudahan dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta atas segenap usaha, doa dan dukungan baik moril dan materil yang diberikan dari sejak penulis lahir yang tanpa bisa terbalaskan oleh penulis, terimakasih.
2. Bapak Ir. Iswendra selaku pemilik perusahaan PT. Lancang Kuning Sukses yang telah mendukung dan memberi kesempatan menyelesaikan program studi ini.
3. Bapak Uuf Brajawidagda, ST., MT., Ph.D selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Irwanto Zarma Putra, S.Pd. M.Eng, selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam.
6. Ibu Hasnira, S.ST., M.Tr.T selaku Koordinator magang di Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam.
7. Bapak Ir. Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd. sebagai dosen mata kuliah tugas akhir yang telah memberikan kesempatan dan arahan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
8. Bapak Ir Arif Febriansyah Juwito S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing dalam pelaksanaan penulisan tugas akhir yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir.
9. Semua pihak yang telah membantu pelaksanaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mempunyai harapan semoga hasil penulisan tugas akhir ini memberikan manfaat dan tambahan wawasan untuk pembacanya dan terutama bagi para penulis.

Batam, 02 Januari 2025



Sumarsono

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel.....	ix
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Batasan.....	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1 Penentuan Tingkat proteksi petir	4
2.2 Proteksi petir.....	8
2.3 Sistim Pembumian (<i>Grounding</i>)	13
Bab 3. Metodologi Penelitian	17
3.1. Perancangan.....	17
3.2. Waktu dan tempat penelitian	21
3.3. Object penelitian	21
3.4. Alat dan bahan	22
3.5. Pengujian.....	22
Bab 4. Hasil dan pembahasan	25
4.1. Data hasil penelitian.....	25
4.1. Pembahasan	28
Bab 5 kesimpulan dan saran.....	29

5.1. kesimpulan	29
5.2. Saran	29
Daftar Pustaka	30
Lampiran.....	31

Daftar Gambar

Gambar 1. Statistik data <i>thunderstrom</i> kota batam tahun 2024	4
Gambar 2. Radius proteksi ESE dalam area horizontal dalam jarak vertikal	10
Gambar 3. Zona proteksi petir Razevig (1972)	12
Gambar 4. <i>Air terminal VIKING V6</i>	12
Gambar 5. <i>Earth Resistance Tester</i>	15
Gambar 6. Kabel Pengukuran.....	16
Gambar 7. <i>Flowchart</i> penelitian	18
Gambar 8. Lokasi penelitian – <i>Power Plant</i> Batamindo	21
Gambar 9. Lokasi penempatan sistim proteksi petir.....	22
Gambar 10. Tiga titik lokasi pengukuran elektroda pbumian	23
Gambar 11. Metode pengukuran <i>multi rod</i>	24
Gambar 12. Radius area proteksi terminasi udara-tampak dari atas.....	26
Gambar 13. Radius area proteksi dengan ketinggian 12 M.....	26

Daftar Tabel

Tabel 1. Bahaya menurut kegunaan dan isi gedung (Indeks A)	5
Tabel 2. Bahaya Menurut Kontruksi Gedung (Indeks B)	5
Tabel 3. Bahaya Menurut Tinggi Gedung (Indeks C)	6
Tabel 4. Bahaya Menurut Lokasi Gedung (Indeks D)	6
Tabel 5. Bahaya Menurut Hari Guruh Setempat (Indeks E)	6
Tabel 6. Perkiraan bahaya sambaran petir (Indeks R)	7
Tabel 7. Penentuan Tingkat Proteksi	8
Tabel 8. Radius proteksi - air terminal Viking.	13
Tabel 9. Nilai tahanan jenis tanah	14
Tabel 10. Data hari guruh kota batam tahun 2024	19
Tabel 11. Data Indeks Proteksi Petir	19
Tabel 12. Alat dan Bahan	22
Tabel 13. Data Pengujian <i>Elektroda</i> Pembumian	27
Tabel 14. Data pengukuran resistensi pembumian	27
Tabel 15. Data hasil penelitian tingkat kebutuhan dan kapasitas	25
Tabel 16. Data hasil penelitian sistim pembumian	28

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Wilayah Batam dikenal sebagai salah satu daerah dengan intensitas aktivitas petir yang tinggi, mencapai rata-rata 215 hari guruh pada tahun 2024. Tingginya frekuensi kejadian petir ini tidak hanya memberikan dampak pada keselamatan individu, tetapi juga menimbulkan risiko serius terhadap infrastruktur, terutama pada bangunan dan sektor-sektor strategis seperti pembangkit listrik. Pembangkit listrik memiliki peran yang sangat vital dalam mendukung kebutuhan energi masyarakat dan industri. Namun, aset-aset penting ini sangat rentan terhadap kerusakan akibat sambaran petir, yang dapat mengganggu operasional, merusak peralatan sensitif, dan memicu potensi kerugian ekonomi dalam skala besar. Selain itu, di wilayah dengan intensitas petir yang tinggi seperti Batam, perlindungan terhadap bangunan dengan ketinggian sekitar 8 meter yang sering digunakan dalam fasilitas pendukung pembangkit listrik menjadi tantangan tersendiri, mengingat bangunan ini cukup rentan terhadap sambaran langsung maupun induksi petir.

Sistem proteksi petir yang andal menjadi kebutuhan mendesak untuk memastikan keamanan fasilitas pembangkit listrik serta menjaga kontinuitas pasokan energi. Dalam hal ini, pendekatan yang memperhitungkan karakteristik lingkungan lokal, seperti intensitas hari guruh dan kondisi geografis wilayah Batam, sangatlah penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji desain, implementasi sistem proteksi petir yang tidak hanya efektif dalam melindungi bangunan di area pembangkit listrik, tetapi juga dapat diterapkan secara optimal pada sektor-sektor strategis seperti bangunan gedung tinggi.

Pada penelitian ini, penulis berlandaskan pada berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem proteksi petir, khususnya di area pembangkit listrik. Penelitian-penelitian sebelumnya memberikan dasar pengetahuan yang penting terkait prinsip kerja, desain, dan efektivitas sistem proteksi petir yang telah diterapkan. Dengan mengacu pada hasil-hasil penelitian tersebut, penulis dapat melakukan analisis perbandingan untuk mengevaluasi kelebihan dan kekurangan pendekatan yang digunakan sebelumnya. Selain itu, referensi dari penelitian terdahulu juga membantu penulis dalam mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) yang masih belum terjawab, terutama dalam konteks aplikasi sistem proteksi petir pada pembangkit listrik di wilayah dengan tingkat aktivitas petir yang tinggi seperti Batam.

Pendekatan perbandingan ini memungkinkan penulis untuk mengembangkan solusi yang lebih inovatif dan relevan, sesuai dengan kebutuhan spesifik area pembangkit listrik. Dengan mengintegrasikan temuan-temuan sebelumnya dan menyesuaikannya dengan kondisi lokal, penelitian ini bertujuan untuk

memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan sistem proteksi petir yang lebih efektif, aman, dan berkelanjutan di lingkungan pembangkit listrik.

1.2. Rumusan Masalah

Sebagaimana diuraikan diatas terkait dampak dari sambaran petir akan mengakibatkan kerusakan dan kerugian lainnya. Maka dari itu yang menjadi rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung sistim proteksi petir yang mampu melindungi area pembangkit dengan menggunakan tipe *Early Streamer* ?
2. Bagaimana mengetahui luas area yang terlindungi oleh sistim proteksi petir?
3. Bagaimana menghitung sistem resistansi pentanahan agar memenuhi standar PUIL ?

1.3. Tujuan

1. Untuk mengetahui tingkat kebutuhan sistim proteksi petir tipe *Early Streamer* yang mampu melindungi area pembangkit listrik di batamindo.
2. Memberikan gambaran dan hasil analisa terkait luasan area yang terlindungi oleh sistim proteksi petir.
3. Menganalisa dengan metode perhitungan sistim resistansi pentanahan yang lebih baik dan memenuhi standar.

1.4. Manfaat

Maksud dari penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi mahasiswa, bisa digunakan sarana pembelajaran untuk memperluas pengalaman dan referensi dibidang sistim proteksi petir.
2. Bagi instansi, memberikan rekomendasi dalam hal menentukan sistim proteksi eksternal dan sistem instalasi resistansi pentanahan yang benar.
3. Bagi masyarakat umum, dari hasil penelitian ini bisa untuk memperluas wawasan dan dijadikan rujukan dalam bidang sistem proteksi petir.

1.5. Batasan

Untuk batasan masalah mencakup beberapa hal sebagai berikut :

1. Untuk pelaksanaan penelitian berada di lokasi pembangkit listrik batamindo tepatnya di area proyek 10 x 800 KW gas *power station* saja.
2. Dalam penelitian ini hanya membahas tentang kemampuan radius proteksi petir menggunakan *Early Streamer (Viking -V6)*.

3. Penelitian ini membahas sistim resistansi pentanahan dengan nilai resistansi mencapai dibawah 1 *Ohm*.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

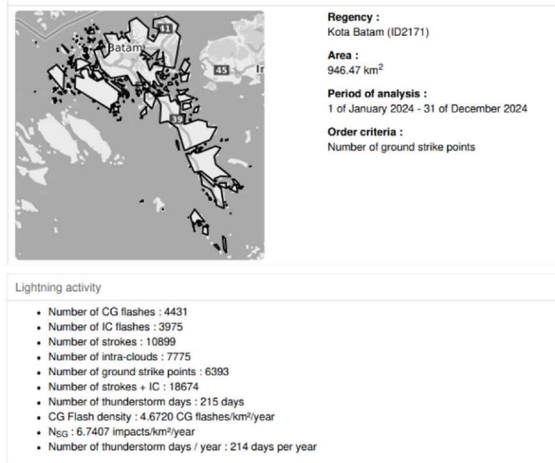
2.1 Penentuan Tingkat proteksi petir

Penilaian risiko adalah metode penentuan kebutuhan bangunan untuk mencegah potensi kerusakan yang disebabkan oleh petir. Perhitungan kebutuhan sistem proteksi petir dapat menggunakan jumlah hari guruh kota batam tahun 2024 serta dengan standar yang ada yaitu SNI 03-7015-2004 dan Standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP).

2.1.1 Hari guruh

Hari guruh disebut juga sebagai hari badai guntur (*thunderstrom days*) merupakan banyaknya hari dimana terdengar gemuruh paling sedikit sebanyak satu kali dalam jarak 15 km dari stasiun pengamatan. Istilah ini sering digunakan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) untuk mencatat aktivitas petir atau badai dalam suatu wilayah – seperti pada gambar 1. Hari guruh diukur untuk berbagai tujuan, seperti:

1. Memonitor aktivitas petir sebagai indikator cuaca buruk.
2. Menentukan tingkat risiko petir di suatu area untuk keperluan perencanaan proteksi petir.
3. Analisis perubahan iklim melalui pola cuaca ekstrem.
4. Pengembangan standar keamanan.
5. Riset dan Pengembangan Teknologi.



Gambar 1. Statistik data *thunderstrom* kota batam tahun 2024

2.1.2 Standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP)

Menentukan tingkat perkiraan bahaya sambaran petir berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), dapat dilakukan dengan memperhatikan indeks-indeks tertentu. Untuk menentukan tingkat perkiraan bahaya sambaran petir (R), dapat menggunakan persamaan:

$$R = A+B+C+D+E \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

R = Perkiraan Bahaya Sambaran Petir

A = Indeks A, Penggunaan dan Isi Bangunan

B = Indeks B, Konstruksi Bangunan

C = Indeks C, Tinggi Bangunan

D = Indeks D, Situasi Bangunan

E = Indeks E, Pengaruh Hari Guruh . [1]

Tabel 1. Bahaya menurut kegunaan dan isi gedung (Indeks A)

Kegunaan dan isi	Indeks A
Bangunan tidak perlu di proteksi baik gedung ataupun isi nya	-10
Objek jarang dipergunakan seperti gudang, menara dsb	0
Bangunan yang berguna untuk kegiatan sehari - hari	1
Bangunan yang kegunaannya penting (Gedung pemerintah, dsb)	2
Bangunan yang isinya terdapat banyak orang (sekolah, tempat ibadah, supermarket, hotel, dsb)	3
Bangunan yang sangat dibutuhkan dan berbahaya jika terbakar (Gardu induk, rumah sakit, POM bensin, dsb)	5
Bangunan berbahaya yang dapat meledak	15

Tabel 2. Bahaya Menurut Kontruksi Gedung (Indeks B)

Kontruksi gedung	Indeks B
Kontruksi terbuat dari bahan yang mudah menghantarkan listrik	0
Kontruksi menggunakan kerangka besi dengan atap menggunakan bahan logam	1
Kontruksi bangunan menggunakan besi dan atap tidak terbuat dari bahan logam	2
Kontruksi terbuat dari kayu dengan atap bukan logam	3

Tabel 3. Bahaya Menurut Tinggi Gedung (Indeks C)

Tinggi Gedung (m)	Indeks C
6	0
12	2
17	3
25	4
35	5
50	6
70	7
100	8
140	9
200	10

Tabel 4. Bahaya Menurut Lokasi Gedung (Indeks D)

Lokasi gedung	Indeks D
Berada di tanah lapang atau datar	0
Berada di perbukitan atau pegunungan sampai 1000 m	1
Berada dipuncak pegunungan yang ketinggiannya lebih dari 1000 meter	2

Tabel 5. Bahaya Menurut Hari Guruh Setempat (Indeks E)

Hari guruh per tahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

Tabel 6. Perkiraan bahaya sambaran petir (Indeks R)

R = A+B+C+D+E	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Dibawah 11	Diabaikan	Tidak perlu
Samadengan 11	Kecil	Tidak perlu
12	Sedang	Agak dianjurkan
13	Agak besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat besar	Sangat perlu

2.1.3 SNI 01- 7015-2004

Dalam menentukan tingkat proteksi petir berdasarkan SNI 01- 7015-2004, ada beberapa parameter yang harus di tentukan antara lain :

jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun (Nd) dapat dihitung dengan perkalian kepadatan kilat ke bumi per tahun (Ng) dan luas daerah perlindungan efektif pada gedung (Ae), dengan persamaan : [2]

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6} \dots\dots\dots (2)$$

Kerapatan sambaran petir ke tanah di pengaruhi oleh hari guruh rata-rata per tahun (Td) di wilayah tersebut, maka dapat di hitung dengan persamaan: $Ng = 0,04 \times Td^{1,25} \dots\dots\dots (3)$

Untuk luas daerah perlindungan efektif dihitung dengan persamaan :

$$Ae = ab + 6h (a+b) + 9\pi h^2 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- a = panjang atap gedung (m)
- b = lebar atap gedung (m)
- h = tinggi atap gedung (m)

Menentukan efisiensi sistem proteksi petir dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E = 1 - (Nc/Nd) \dots\dots\dots (5)$$

Tabel 7. Penentuan Tingkat Proteksi

Tingkat proteksi	Effisiensi sistem proteksi petir
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Keterangan :

$0 < E \leq 0,80$ berada pada tingkat proteksi IV

$0,80 < E \leq 0,90$ berada pada tingkat proteksi III

$0,90 < E \leq 0,95$ berada pada tingkat proteksi II

$0,95 < E \leq 0,98$ berada pada tingkat proteksi I

2.2 Proteksi petir

Proteksi petir bermula dari eksperimen yang dilakukan oleh Benjamin Franklin pada abad ke-18. Franklin adalah salah satu ilmuwan pertama yang tertarik dengan listrik dan ingin memahami fenomena petir. Pada 1752, Franklin melakukan percobaan terkenal menggunakan layang-layang selama badai petir. Dalam eksperimen ini, ia mengikat kunci logam ke tali layang-layang dan menerbangkannya di tengah badai. Tujuannya adalah untuk membuktikan bahwa petir adalah bentuk listrik. Percobaan ini berbahaya, namun berhasil membuktikan teorinya bahwa petir adalah aliran listrik.

Dari penemuan ini, Franklin kemudian mengembangkan penangkal petir atau lightning rod. Alat ini terdiri dari batang logam yang dipasang di atas bangunan, terhubung ke tanah melalui konduktor. Ketika petir menyambar, arus listriknya dialirkan langsung ke tanah melalui batang tersebut, mencegah kerusakan bangunan. Penemuan penangkal petir ini merupakan awal mula dari proteksi petir modern dan masih digunakan dalam bentuk yang lebih canggih hingga sekarang, baik untuk bangunan, jaringan listrik, maupun sistem elektronik.[3]

2.2.1 Proteksi petir eksternal

Sistem proteksi petir eksternal adalah rangkaian atau metode perlindungan yang dipasang di luar bangunan atau objek untuk melindungi dari dampak langsung sambaran petir. Sistem ini berfungsi sebagai jalur pengalihan arus petir dari titik sambaran di bagian tertinggi bangunan ke tanah (*grounding*) tanpa merusak struktur bangunan atau objek yang dilindungi. Sistem proteksi petir eksternal biasanya terdiri dari tiga komponen utama:

- Terminasi udara (air terminal)
- Pembumian/pentanahan (*grounding*)

Sistem proteksi eksternal bekerja dengan prinsip menyediakan jalur hambatan rendah bagi arus petir sehingga arus tersebut lebih memilih untuk mengalir melalui jalur ini daripada bagian lain dari bangunan atau struktur. Ketika petir menyambar, arus akan mengikuti jalur konduktif (dari air terminal, down conductor, hingga *grounding*) yang dirancang untuk langsung mengalirkan arus tersebut ke tanah. Proses ini mencegah kerusakan pada bangunan, peralatan elektronik, dan struktur bangunan yang dilindungi.

Untuk jenis proteksi eksternal ada dua jenis yaitu : metode sistem konvensional dan sistem elektrostatik dari kedua sistem tersebut memiliki metode instalasi yang jauh berbeda.

2.2.2 Proteksi petir konvensional

Penangkal petir konvensional merupakan sistem perlindungan yang dirancang untuk menyalurkan energi listrik dari sambaran petir ke tanah melalui jalur khusus. Rangkaian ini dibuat sederhana dan berfungsi pasif, artinya tidak menghasilkan atau menarik petir, tetapi menunggu sambaran petir yang mengenai ujung logamnya untuk langsung disalurkan ke pembumian (*grounding*). Metode ini dirancang pertama kali oleh Benjamin Franklin pada tahun 1750, dengan gagasan dasar untuk menciptakan jalur arus listrik dari titik tertinggi bangunan menuju ke dalam tanah, agar bangunan dan isinya aman dari kerusakan akibat petir.[3]

Pada sistem ini, ujung penangkal petir didesain runcing seperti tombak dan dibuat dari bahan logam yang tahan korosi, misalnya tembaga, aluminium, stainless steel, atau kuningan. Bahan-bahan ini dipilih karena tahan lama dan dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Pemasangannya dilakukan di bagian tertinggi bangunan, baik secara paralel atau tunggal, untuk memperluas area proteksi. Radius perlindungan dari penangkal petir jenis ini membentuk sudut sebesar 45 derajat dari titik tertinggi penangkal, menciptakan area berbentuk kerucut di sekitar bangunan yang terlindungi dari sambaran langsung petir.

Sistem ini efektif dalam mencegah kerusakan struktural dan bahaya bagi penghuni bangunan, karena aliran listrik dari petir yang tersalurkan dengan baik tidak akan mengalir ke dalam bagian bangunan atau instalasi lainnya, melainkan langsung menuju ke tanah melalui sistem pembumian.

2.2.3 Proteksi petir elektrostatik

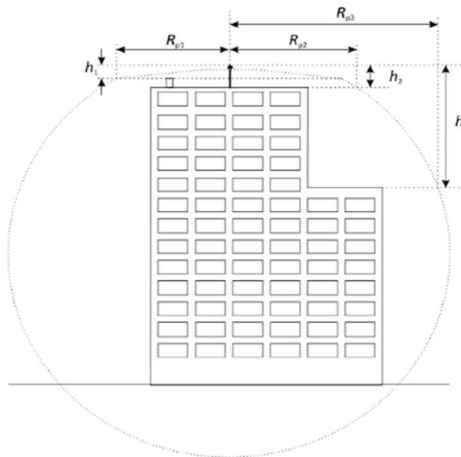
Proteksi petir elektrostatik adalah metode perlindungan dari petir yang bekerja dengan memanfaatkan prinsip-prinsip elektrostatik, yaitu dengan mengurangi atau menetralkan muatan listrik di sekitar area perlindungan sehingga risiko sambaran petir dapat diminimalkan. Metode ini bertujuan untuk menciptakan "perisai" atau "zona aman" di sekitar bangunan atau objek yang

dilindungi, berbeda dengan sistem proteksi konvensional yang menunggu sambaran petir dan langsung menyalurkannya ke bumi.[4]

2.2.4 Prinsip Kerja Proteksi Elektrostatis

Sistem proteksi petir elektrostatis bekerja dengan mengendalikan medan listrik di sekitar bangunan atau objek yang ingin dilindungi. Proteksi ini didasarkan pada kemampuan alat untuk menciptakan ion positif atau negatif yang dapat menetralkan muatan listrik di udara. Dengan menyeimbangkan medan listrik ini, potensi perbedaan muatan yang dapat memicu sambaran petir ke objek terlindungi berkurang atau dihilangkan, sehingga petir cenderung menghindari bangunan tersebut.

Salah satu teknologi proteksi elektrostatis yang paling dikenal adalah *Early Streamer Emission (ESE)*. ESE dirancang untuk "memancing" muatan listrik sebelum mencapai intensitas yang cukup untuk menciptakan sambaran petir. Alat ini akan mengeluarkan ion-ion yang dapat menetralkan sebagian muatan listrik di udara. Saat petir mulai terbentuk, ESE akan menarik sambaran ke titik terminalnya, lalu mengalirkan muatan ke bumi. Radius dari proteksi alat *Early Streamer emission* sesuai standar perancis NF C17-102 sebagai berikut : [5]



Gambar 2. Radius proteksi ESE dalam area horizontal dalam jarak vertikal

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

R_p = radius dari proteksi dalam area horizontal dalam jarak vertical h dari ujung tipe ESE

h = tinggi dari ujung atas terminal elemen yang diproteksi, untuk $h \geq 5$ m

$D = 20$ m untuk tingkat proteksi (1)

45 m untuk tingkat proteksi (2)

60 m untuk tingkat proteksi (3)

ΔL (m) = tambahan jarak

Tambahan jarak didapat dari :

$$\Delta L = V \Delta T \dots\dots\dots(7)$$

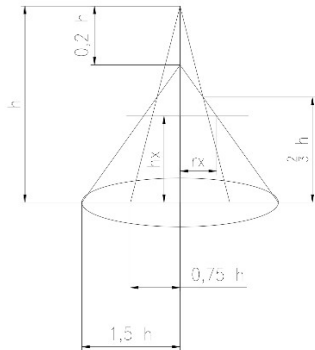
Dimana :

$V(m/\mu s)$ = rata-rata kecepatan dari *Tracer* yang turun (2×10^4 m/s)

$\Delta T (\mu s)$ = tambahan dalam waktu *spark* dari *leader* yang keatas diukur dalam kondisi lab.

2.2.5 Terminasi udara (Air terminal)

Terminasi udara adalah peralatan proteksi petir eksternal yang berfungsi untuk menangkap sambaran petir, berupa *elektroda* logam yang di pasang tegak diatas atap dari bangunan yang paling tinggi. Air terminal menangkap sambaran petir dengan memanfaatkan medan listrik di udara. Saat ada potensi sambaran petir, perbedaan potensial antara awan dan permukaan bumi menyebabkan lonjakan muatan di ujung air terminal, terutama di ujung yang runcing. Ini memancing petir untuk menyambar langsung pada air terminal dari pada menyambar pada bagian lain dari bangunan. Air terminal mampu melindungi area sekitarnya dari sambaran petir yang biasa disebut sebagai *radius proteksi* atau jari-jari proteksi adalah area jangkauan dengan jarak terjauh yang bisa dilindungi oleh air terminal. Daerah yang mampu dilindungi atau sudut area perlindungan dari suatu air terminal penyalur petir ditentukan oleh "jarak sambar" suatu sambaran petir yang panjangnya ditentukan oleh tingginya arus petir. Untuk menentukan penempatan air terminal dan mengetahui area radius proteksi dilakukan dengan teori atau metode zona proteksi Razevig.[3]



Gambar 3. Zona proteksi petir Razevig (1972)

Sebagaimana terlihat pada gambar 3 diatas, gambaran zona proteksi Razevig (1972) cukup lengkap maka dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$rx = 1.6 / (1 + hx/ht) (ht - 1) \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- rx = radius proteksi
- hx = tinggi maximum objek yang diproteksi
- ht = tinggi total penyalur petir

2.2.6 Terminasi udara (Air terminal VIKING V6)

VIKING V6 merupakan sistem proteksi petir yang menerapkan teknologi *Early Streamer Emission* (ESE). Pada tipe *Viking V6* memiliki spesifikasi radius proteksi pada level 1 dengan ketinggian 20 m adalah sebesar 88 m.



Gambar 4. Air terminal VIKING V6
(Sumber : <https://viking-ese.com/>)

Tabel 8. Radius proteksi - air terminal Viking.

Tipe V6	Ketinggian Terminasi Udara (m)									
	2	3	4	5	6	7	8	10	15	20
Radius Proteksi (m)	34	52	70	87	87	87	87	87	88	88
$\Delta T(\mu s)$	70									

Nilai efisiensi waktu (ΔT) yang tercantum didalam katalog terminasi udara ESE Viking V6 adalah sebesar $70\mu s$. Perusahaan juga menyatakan bahwa data yang disajikan tersebut telah sesuai dengan standar menurut NFC 17-102. Untuk menentukan jarak sambaran petir sesuai data spesifikasi dapat dicari dengan persamaan berikut: [5]

$$\Delta L = \Delta T \times 10^6 \dots\dots\dots(9)$$

Dan untuk mencari luas daerah yang di proteksi dapat menggunakan persamaan:

$$Ax = \pi Rp^2 \dots\dots\dots(10)$$

dimana radius proteksi (Rp) diperoleh dari persamaan (6)

2.3 Sistem Pembumian (*Grounding*)

Sistem pembumian penangkal petir bertujuan melindungi bangunan dan strukturnya dari potensi kerusakan akibat sambaran petir. Sistem ini bekerja dengan mengarahkan arus petir langsung ke tanah, menghindarkan bangunan dan peralatan di dalamnya dari dampak arus tinggi.

Sistem ini penting tidak hanya untuk melindungi struktur fisik, tetapi juga demi keselamatan orang-orang di dalamnya, mengingat sambaran petir dapat menimbulkan kebakaran, merusak peralatan elektronik, atau bahkan menyebabkan cedera serius dan kematian. Untuk efektifitas maksimum, pemasangan sistem pembumian penangkal petir harus memenuhi standar keselamatan yang berlaku. Dengan penerapan yang tepat, risiko akibat sambaran petir dapat diminimalkan, menjaga keamanan dan integritas bangunan serta penghuninya.

Instalasi pembumian pada Sistem proteksi petir ditempatkan di lokasi terdekat dari bangunan untuk meminimalisir panjang kabel pembumian. Batang *elektroda* pembumian diposisikan secara vertikal di dalam tanah untuk mencapai resistansi yang paling rendah. Jika diperlukan, digunakan lebih dari satu batang

elektroda yang terhubung secara paralel untuk memperluas area penyerapan arus listrik saat terjadi sambaran petir. Penyerapan petir kedalam tanah juga dipengaruhi oleh tipe tanah atau komposisi tanah, oleh karena itu tahanan pembumian tidaklah konstan karena terjadi perubahan musim. Kelembapan tanah atau besar kecilnya konsentrasi air didalam tanah mempengaruhi nilai tahanan tanah.

Menurut PUIL tahun 2011 bahwa tahanan jenis tanah dapat dikelompokkan menjadi beberapa sesuai dengan tabel berikut : [6]

Tabel 9. Nilai tahanan jenis tanah

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ohm – Meter)
1	Tanah rawa	10 - 30
2	Tanah liat dan tanah ladang	100
3	Pasir basah	200
4	Kerikil basah	500
5	Pasir / kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

Pembumian dengan satu batang *elektroda* yang ditanam kedalam tanah dipengaruhi oleh besarnya tahanan pembumian yang diharapkan. Apabila tahanan pembumian yang dikehendaki semakin kecil maka batang *elektroda* yang perlu ditanam juga semakin banyak. Maka didapat persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(Ln \frac{4L}{d} - 1 \right) \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

- R = Tahanan pembumian (Ω)
- ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)
- L = Panjang *elektroda* yang tertanam didalam tanah (m)

Jika nilai tahanan pembumian yang dikehendaki lebih kecil maka dengan metode lebih dari dua batang *elektroda* (*multi rod*) yang ditanam secara tegak lurus kedalam tanah dapat dicari dengan persamaan :

$$Rt = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

- Rt = Total tahanan pembumian (Ω)

R1,R2,R3 = Tahanan pembumian per *elektroda* (Ω)

Untuk menentukan jarak tahanan pembumian dengan metode *multi rod* maka jarak antar batang *elektroda* minimalnya dua kali dari panjang *elektroda* .[7]

$$d \geq \sqrt{\rho/\mathcal{R}} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

d = Jarak antar *elektroda* (meter)

ρ = tahanan jenis tanah (Ω)

\mathcal{R} = Resistansi target per elektroda (Ω)

2.2.8.1 Earth resistance tester



Gambar 5. *Earth Resistance Tester* (Sumber : <https://www.kew-asia.com/kew-4105a>)

Earth resistance tester adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur nilai resistansi tanah dalam sistem pembumian (*grounding*). Alat ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem pembumian memiliki nilai tahanan yang rendah, sehingga mampu mengalirkan arus listrik dari sambaran petir atau gangguan listrik lainnya ke tanah secara aman.

2.2.8.2 Teknik Pengukuran menggunakan *Earth resistance tester*

Kabel pengukuran digunakan untuk menghubungkan *Earth resistance tester* dengan *elektroda* yang diperlukan selama proses pengukuran tahanan tanah. Kabel ini dirancang untuk memastikan pengukuran yang akurat dengan kehilangan sinyal seminimal mungkin.



Gambar 6. Kabel Pengukuran (Sumber : <https://www.itm.com/product/kyoritsu-7095a-test-leads>)

Kabel hijau pada *earth resistance tester* digunakan untuk menghubungkan perangkat pengukur dengan titik *elektroda* yang akan diuji. Kabel ini berfungsi sebagai penghubung utama antara alat pengukur dan sistem pembumian. Tancapkan *elektroda* uji pertama (*elektroda* Potensial tegangan, P) pada jarak tertentu dari *elektroda* utama (sekitar 5-10 meter). Sambungkan kabel kuning dari *tester* ke *elektroda* ini. kemudian tancapkan *elektroda* uji kedua (*elektroda* arus, C) pada jarak lebih jauh dari *elektroda* P (sekitar 20–30 meter dari *elektroda* utama). Sambungkan kabel merah dari *tester* ke *elektroda* ini. Pastikan semua kabel terhubung ke alat ukur dengan baik kemudian lakukan pengukuran dengan menghidupkan alat ukur tersebut.

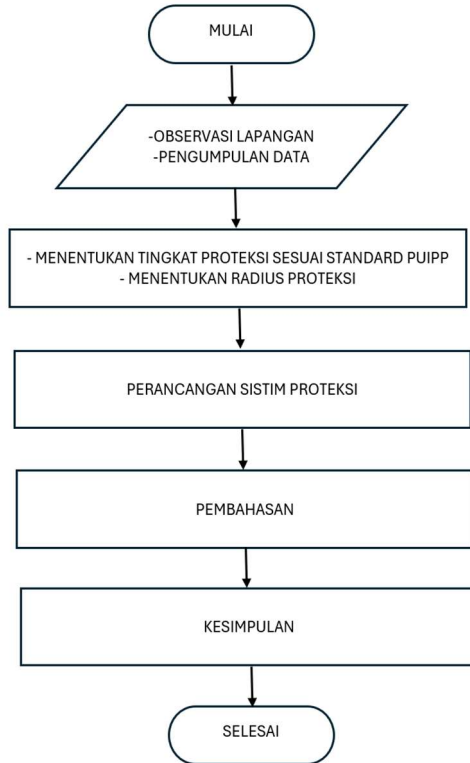
Bab 3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang dipilih karena memberikan efektivitas tinggi dalam melakukan percobaan langsung pada sistem proteksi pembangkit listrik.

3.1. Perancangan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menentukan langkah-langkah tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur , hal ini dilakukan untuk mendapatkan referensi terkait dengan sistem proteksi petir.
2. Penelitian lapangan , melakukan pengumpulan data-data dan observasi langsung dari lapangan yang dijadikan objek penelitian.
3. Analisa perhitungan , setelah mendapatkan spesifikasi dari objek yang bersangkutan maka dilakukan perhitungan untuk menganalisa masalah yang terjadi.
4. Berdasarkan analisa perhitungan selanjutnya dilakukan perancangan yang dituangkan dalam perencanaan sistem proteksi eksternal sehingga didapatkan luasan area proteksi yang lebih aman sesuai *master plan*.
5. Gambar perencanaan , setelah melakukan perhitungan dan perancangan maka selanjutnya diaplikasikan kedalam gambar rencana sistem proteksi petir eksternal.



Gambar 7. *Flowchart* penelitian

Pelaksanaan penelitian yang dilakukan tertera pada gambar diatas. Selanjutnya penulis mengumpulkan data berupa data kondisi bangunan, hari guruh dari BMKG dan kemudian melakukan perancangan perhitungan terkait kebutuhan tingkat proteksi petir berdasarkan standar yang berlaku. Untuk kondisi bangunan di pembangkit listrik dengan ukuran Panjang area = 50,4 meter , Lebar = 28,4 meter , dan titik tertinggi bangunan = 8 meter, ini nantinya akan di proteksi dengan terminasi udara tunggal.

3.1.1 Data Hari Guruh

Berikut data Hari Guruh untuk wilayah Kota Batam yang diambil pada tahun 2024. [7]

Tabel 10.Data hari guruh kota batam tahun 2024

NO	Bulan (Tahun 2024)	Jumlah hari guruh
1	Januari	18
2	Februari	5
3	Maret	14
4	April	23
5	Mei	27
6	Juni	24
7	Juli	13
8	Agustus	16
9	September	19
10	Oktober	22
11	November	23
12	Desember	11
	Total	215

3.1.2 Penentuan kebutuhan bangunan akan sistim proteksi petir eksternal sesuai standar PUIPP

Berdasarkan data kondisi bangunan maka bisa kita tentukan katagori indeks merujuk pada persamaan (1).

Tabel 11.Data Indeks Proteksi Petir Mengacu Pada Persamaan (1)

Kategori indeks	Indeks
A	5
B	1
C	0
D	0
E	8

Dengan merujuk pada persamaan (1) dan data indeks tabel 11, maka dapat kita hitung sebagai berikut :

$$R = A+B+C+D+E$$

$$R = 5+1+0+0+8$$

$$R = 14$$

Indeks R = 14 pada area pembangkit batamindo memiliki bahaya sambaran petir yang signifikan, jadi sistem proteksi petir eksternal yang didasarkan pada standar PUIPP dalam hal ini sangat di anjurkan.

3.1.3 Penentuan kebutuhan bangunan akan sistim proteksi petir eksternal berdasarkan SNI-03-7015-2004

Menentukan kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) dipengaruhi oleh rata-rata hari guruh per tahun (T_d) di daerah tersebut. Maka kerapatan sambaran petir dapat dihitung dengan merujuk pada persamaan (3) :

$$N_g = 0,04 \times 215^{1,25}$$

$$N_g = 32,9312 \text{ sambaran per Km}^2 \text{ per Tahun}$$

Menentukan cakupan area *ekivalen* bangunan yang menarik sambaran petir dengan merujuk pada persamaan (4):

$$A_e = (50,4 \times 28,4) + (6 \times 8) \times (50,4 + 28,4) + 9 \times (3,14) \times (8)^2$$

$$A_e = 337,68 + 3782,4 + 1808,64$$

$$A_e = 5.928,72 \text{ m}^2$$

Sedangkan untuk memperhitungkan jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun (N_d) dihitung dengan merujuk pada persamaan (2) :

$$N_d = 32,9312 \times 5.928,72 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 1,008 \text{ sambaran petir per tahun}$$

Sementara nilai dari frekuensi sambaran petir tahunan diperbolehkan (N_c) sebesar 10^{-1} . karena $N_d \geq N_c$ maka perlu adanya sistem proteksi petir dengan efisiensi sebagai berikut :

$$E = 1 - (N_c/N_d)$$

$$E = 1 - (10^{-1} / 1,008)$$

$$E = 1 - 0,09$$

$$E = 0,91 \%$$

Dengan demikian nilai E sebesar 0,91 berada pada tingkat proteksi III dengan nilai efisiensi diantara 90% - 95%. Oleh karena itu tingkat proteksi yang sesuai menurut standar SNI adalah tingkat III.

3.1.4 Daerah proteksi

Setelah menentukan Tingkat proteksi petir maka selanjutnya akan menganalisa luas daerah proteksi atau radius zona proteksi dari spesifikasi peralatan eksternal proteksi petir . mengacu pada katalog proteksi petir terminasi udara *Early Streamer Emission (ESE) viking V6* maka untuk ketinggian nya adalah 12 meter sesuai radius proteksi luasan area.

Peralatan terminasi udara yang terpasang dengan tipe model V6 memiliki ketinggian $h = 12$ meter. Ini berarti radius zona proteksinya berdasarkan tabel 4 adalah berkisar antara 87-88 m, dengan mengacu pada katalog spesifikasi di tabel

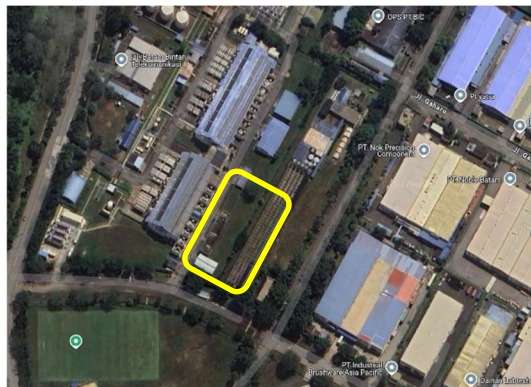
1 menyebutkan $\Delta T = 70\mu s$ maka dapat di hitung jarak sambaran petir menggunakan persamaan (9) : [8]

Sehingga jika kita mengacu pada standar perancis NF C17-102 dapat dihitung dengan mengacu pada persamaan (6) .

Dengan menggunakan persamaan (10) sesuai metode *Early Streamer Emission* (ESE) maka luas daerah proteksinya dapat dihitung.

3.2. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan penulis selama project di PT. Batamindo Industrial Park yang dimulai dari tanggal 15 Juli 2024 sampai dengan saat ini. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis proteksi petir di Project PT Batamindo Industrial Park. Tahapan penelitian ini melibatkan beberapa proses mulai dari pengumpulan data hingga analisis hasil pengujian.



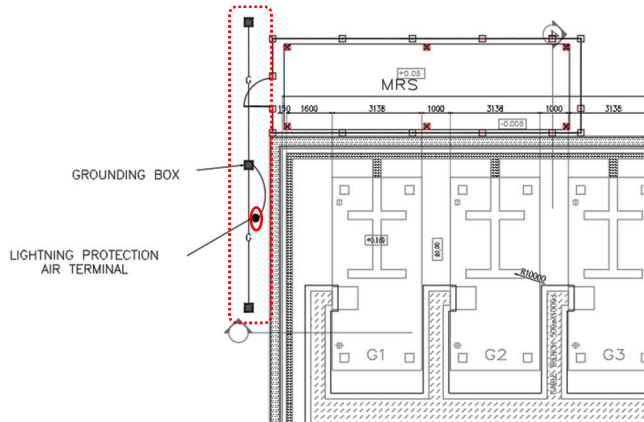
Gambar 8. Lokasi penelitian – Power Plant Batamindo

(Sumber

:https://www.google.com/maps/@1.0632054,104.025889,505m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDEyMi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D)

3.3. Object penelitian

Sebagai object penelitiannya yakni area bangunan pembangkit Listrik batamindo yang terpusat pada peralatan sitem proteksi petir berupa instalasi terminasi udara dan sistim pembumiannya.



Gambar 9. Lokasi penempatan sistim proteksi petir di Power Plant Batamindo

3.4. Alat dan bahan

Instrument dalam penelitian ini meliputi :

Tabel 12. Alat dan Bahan

No	Nama alat	Jumlah	Satuan
1	Earth Resistance Teser	1	Unit
2	Kabel Pengukuran	3	Unit
3	Pasak	3	Unit
4	Jack Hammer	1	Unit
5	Meteran	1	Unit
6	Exothermic Welding	1	Set
7	Alat tulis	1	Unit

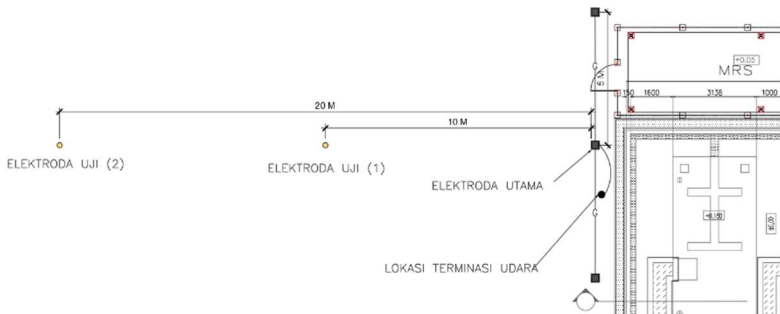
3.5. Pengujian

3.5.1 Pengukuran resistansi pembumian proteksi petir menggunakan *earth resistance*

Pengukuran resistansi pembumian dilakukan menggunakan *earth resistance* tester di tiga titik *chamber box* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 17. Metode ini bertujuan untuk memperoleh nilai resistansi pada masing-masing titik tersebut dengan jarak *elektroda* yang sudah ditentukan dengan perhitungan sesuai persamaan (13):

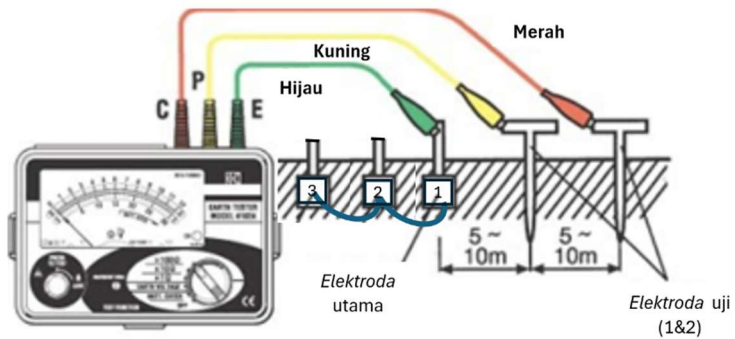
$$d \geq \sqrt{\frac{30}{2,5}} = 3,46$$

Jarak antar *elektroda* ditentukan sejauh 3,46 meter tidak boleh kurang dari nilai tersebut. Maka saat dilakukan pengukuran untuk titik tancap elektroda uji (1) harus ditancapkan ke tanah dengan jarak 5-10 meter dari elektroda utama pembumian. Untuk elektroda uji (2) harus ditancapkan ke tanah dengan jarak 15-20 meter dari elektroda utama pembumian. Pastikan pemasangan kabel pengukuran terhubung dengan benar ke alat ukur *earth resistance tester*.



Gambar 10. Tiga titik lokasi pengukuran elektroda pembumian

Pengukuran ini dilakukan dengan metode *multi rod* dengan menggunakan alat ukur *earth resistance* tester terhadap ke tiga titik *chamber box* tersebut.



Gambar 11. Metode pengukuran *multi rod*

Dalam melakukan pengukuran perlu diperhatikan beberapa cara sesuai standar operasional prosedur untuk memperoleh hasil pengukuran yang benar :

- I. Pastikan semua peralatan pengukuran telah tersedia dan dalam kondisi baik, termasuk *Earth Resistance Tester*, dua batang *elektroda uji* (1 & 2), dan kabel penghubung. Bersihkan area sekitar *elektroda* pentanahan dari benda yang mengganggu dan pastikan kondisi tanah tidak terlalu kering atau berbatu. Jika perlu, basahi tanah untuk meningkatkan konduktivitas. Pastikan area kerja aman dari gangguan listrik aktif atau medan elektromagnetik yang kuat.
- II. Hubungkan kabel-kabel dari *earth resistance tester* ke *elektroda* yang sesuai: terminal E ke *elektroda* pbumian utama, terminal P ke *elektroda uji* (1), dan terminal C ke *elektroda uji* (2). Hidupkan alat *earth resistance tester* dan pilih mode pengukuran resistansi tanah. Lakukan pengukuran, di mana alat akan mengalirkan arus dari *elektroda grounding* ke *elektroda* P. Alat akan mengukur tegangan antara *elektroda* pbumian utama dan *elektroda* P. Alat akan menghitung resistansi tanah berdasarkan hukum Ohm ($R = V/I$). Pastikan hasil yang ditampilkan pada layar alat dicatat dengan baik.
- III. Untuk memastikan keakuratan hasil, ulangi pengukuran dengan memindahkan *elektroda* P sedikit lebih dekat atau lebih jauh (sekitar ± 5 meter) dari posisi semula, lalu bandingkan hasilnya. Jika hasil pengukuran konsisten, lanjutkan dengan evaluasi. Bandingkan nilai resistansi yang diperoleh dengan standar yang berlaku.

Bab 4. Hasil dan pembahasan

4.1. Data hasil penelitian

Dari hasil penelitian dilapangan untuk melindungi area pembangkit listrik dari sambaran petir maka di butuhkan sistem proteksi petir yang sesuai rancangan, berikut ini penulis sajikan dalam bentuk perhitungan dan table data :

4.1.1 Kapasitas terminasi udara

Kemampuan komponen terminasi udara pada sistem proteksi petir sesuai hasil rancangan penelitian dengan jumlah hari guruh 215 kali masuk pada kebutuhan proteksi tingkat III, data daerah proteksi nya adalah :

$$\Delta L = 7 \times 10^{-5} \times 10^6$$

$$\Delta L = 70 \text{ m}$$

$$Rp = \sqrt{12(2 \times 20 - 12) + 70(2 \times 20 + 70)}$$

$$Rp = \sqrt{8036}$$

$$Rp = 89,6 \text{ m}$$

$$Ax = 3,14 \times 89,6^2$$

$$Ax = 25208,42 \text{ m}^2$$

Tabel 13. Data hasil penelitian tingkat kebutuhan dan kapasitas proteksi terminasi udara

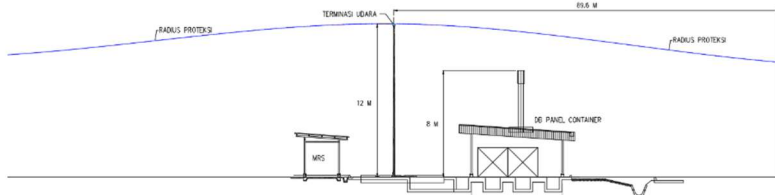
NO	Data penelitian	Nilai
1	Ukuran bangunan	Panjang 50,4 m
		Lebar 28,4 m
		Tinggi 8 m
2	Jumlah hari guruh	215 kali
3	Tingkat proteksi yang dibutuhkan	Tingkat III
4	Radius proteksi	89,6 m
5	Luas area yang terlindungi	25208,42 m ²

berdasarkan data penelitian ini, sistem proteksi petir yang dirancang telah mempertimbangkan berbagai parameter penting, seperti ukuran bangunan, tingkat kejadian petir, dan luas cakupan perlindungan. Dengan tingkat proteksi yang sesuai, radius proteksi yang memadai, serta area perlindungan yang luas, sistem ini dapat diandalkan untuk mengurangi risiko kerusakan akibat petir, khususnya di lokasi dengan frekuensi petir yang tinggi.



Gambar 12. Radius area proteksi terminasi udara-tampak dari atas (Sumber : https://www.google.com/maps/@1.0632054,104.025889,505m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDEyMi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D)

Dengan menggunakan sistim proteksi petir tipe ESE sesuai penelitian sistim ini mampu memberikan perlindungan dengan radius 89,6 meter. Untuk batasan zona radius proteksi tampak pada gambar 12 dengan garis melingkar warna hijau.



Gambar 13. Radius area proteksi dengan ketinggian 12 M – tampak dari samping

Sesuai penelitian sistim proteksi ini mampu memberikan perlindungan dengan radius maksimum maka untuk posisi terminasi udara harus berada di ketinggian 12 meter diatas tanah dan tidak boleh lebih rendah dari bangunan disekitarnya. Tampak pada gambar 13 dengan ketinggian terminasi udara 12 meter dan ketinggian bangunan sekitarnya setinggi 8 meter terlindungi dengan baik sejauh jarak radius maksimum 89,6 meter.

4.1.2 Resistansi sistem pembumian

Selanjutnya penulis merincikan data hasil penelitian dilapangan sesuai prosedur dan menuliskan kedalam tabel dan perhitungan sebagai berikut :

Tabel 14.Data Pengujian *Elektroda* Pembumian

Spesifikasi	Hasil pengujian
Tahanan jenis tanah	30Ω
Bahan <i>elektroda</i>	Tembaga
Panjang <i>elektroda</i>	1,5 m x 12 = 18 m
Diameter <i>elektroda</i>	15,89 mm
Ukuran <i>chamber box</i>	17 x 17 x 17 cm

Dari data di atas untuk jenis tanah tergolong permukaan tanah kering namun memiliki kelembapan tinggi di kedalaman tanah dengan resistansi 30Ω kemudian Penggunaan *elektroda* berbahan tembaga diameter 15,89 mm dipilih karena memiliki konduktivitas listrik yang sangat baik serta ketahanan terhadap korosi, yang memastikan efektivitas sistem pentanahan dalam jangka panjang. Kemudian di pasang pada tiga titik *chamber box* masing-masing memiliki panjang 18 meter dengan ukuran panjang, lebar dan tinggi setiap *chamber box* adalah 17 cm.

Tabel 15.Data pengukuran resistensi pembumian

Kotak pembumian / <i>chamber box</i> (CB)	Nilai resistansi pembumian (Ω)	Keterangan
CB 1	1,57	Tanah kondisi kering
CB 2	2,16	Tanah kondisi kering
CB 3	1,44	Tanah kondisi kering

Berdasarkan data hasil pengukuran di atas maka nilai resistansi pembumian dapat kita hitung menggunakan persamaan (12) :

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$
$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{1,57} + \frac{1}{1,44} + \frac{1}{2,16}}$$
$$R_t = 0,56 \Omega$$

Tabel 16.Data hasil penelitian sistim pembumian

NO	Data penelitian	Nilai
1	Metode sistim pembumian	Tipe <i>multi rod</i>
2	Nilai total resistansi pembumian	0,56 Ω

Dari hasil penelitian diatas dengan menggunakan metode sistim pembumian tipe *multi rod* nilai resistansinya mencapai 0,56 Ω . hasil data ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan yang diuji telah dirancang untuk memastikan nilai resistansi pembumian yang optimal.

4.2. Pembahasan

Sistim proteksi petir di pembangkit listrik batamindo dengan menggunakan terminasi udara jenis *Early Streamer* ini sudah sesuai kebutuhan zona yang akan diproteksi. Mengacu pada spesifikasi dari katalog terminasi udara *Viking V6* dengan radius 88 meter hal ini sudah mencakup seluruh area pembangkit listrik bisa terlindungi namun secara perhitungan luasan area yang terlindungi adalah sebesar 25208,4 m² atau dengan radius sebesar 89,6 m lebih panjang dari spesifikasi data katalog.

Untuk sistim pembumian dengan hasil pengukuran dari setiap *chamber box* diperoleh nilai dibawah 1 ohm ini sudah terpenuhi sesuai standar PUIL. Secara keseluruhan sistim ini sudah cukup bagus untuk bisa menyalurkan petir kedalam tanah dengan resistansi dibawah 1 ohm. Meski terdapat selisih nilai pengukuran resistansi tahanan pembumian terhadap perhitungan sekitar 0,02 ohm, hal ini tidak menjadi masalah .

Bab 5 kesimpulan dan saran

5.1. kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil metode *Early Streamer Emission* (ESE), diketahui bahwa nilai efisiensi waktu (ΔT) memengaruhi jarak tambahan ESE (ΔL) yang dihasilkan oleh terminasi udara ESE. Semakin kecil nilai efisiensi waktu (ΔT), maka jarak tambahan ESE (ΔL) yang dihasilkan juga semakin pendek. Hal ini berdampak pada semakin kecilnya radius proteksi (R_p) dan luas area proteksi (A_x) yang dihasilkan, sehingga diperlukan lebih banyak tiang terminasi udara ESE.
2. Untuk penentuan tingkat proteksi petir sesuai standar SNI adalah pada tingkat III dengan efisiensi sebesar 90%, sementara untuk luas area pembangkit listrik batamindo yang terlindungi sistim proteksi petir *type Early Streamer* sesuai hasil perhitungan dengan jarak radius perlindungan sebesar 89,6 m maka area seluas 25208,4 m² sudah terlindungi dari bahaya sambaran petir.
3. Sesuai hasil analisa dan perhitungan nilai resistansi pembumian diperoleh nilai resistansi sebesar 0,58 ohm dan mengacu pada standar PUIL disebutkan bahwa nilai resistansi pembumian adalah sebesar <5 ohm, hal ini menunjukkan sistim ini sudah memenuhi standar PUIL.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan :

Pada terminasi udara untuk memperoleh cakupan daerah terlindungi lebih luas sehingga semua sisi bangunan bisa terlindungi sebaiknya untuk penempatan titik tiang proteksi petir berada dibagian tengah daerah yang akan diproteksi.

Daftar Pustaka

- [1] S. Adrian, M. I. Arsyad, and Danial, "Studi perencanaan instalasi proteksi tegangan lebih petir pada gedung kantor bupati bengkayang," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48544>
- [2] A. N. Hudha, "Perencanaan Sistem Proteksi Petir Tipe Elektrostatik Pada Sma Negeri 1 Tuntang," pp. 1–60, 2022, [Online]. Available: <https://repository.unissula.ac.id/27536/>
- [3] A. D. Hermawan, *Optimalisasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Jenis Early Streamer*. 2010.
- [4] D. S. Wongso, M. Rajagukguk, and Danial, "Studi Perencanaan Proteksi Tegangan Lebih Eksternal Petir Di Plts 1,5 Mw Universitas Tanjungpura," *J. S1 Tek. Elektro UNTAN*, vol. 2, no. 1, pp. 113–125, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/download/60256/75676595445>
- [5] C. Analysis, "NF C 17-102 Early streamer emission lightning protection systems.," vol. 33, no. September 2011, pp. 1–83, 2012.
- [6] R. Mubarak, R. N. Prasetyono, and Z. Alfarkhi, "Analisis Sistem *Grounding* Menggunakan *Elektroda Ground Rod* Jenis Tembaga Pada Gedung A dan D di Universitas Peradaban," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 100–107, 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i2.708.
- [7] Anon, *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.*, vol. 2007. 1974.
- [8] M. R. Saputra, "Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Dan Internal Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rt 28 Kunangan Jaya 2 Desa Bungku," p. 63, 2022.
- [9] S. N. Indonesia, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020 – Bagian 1 : Pendahuluan , prinsip fundamental dan definisi," 2020.
- [10] BSN, "Sni 03-7015-2004," *Sni 03 - 6572 - 2001*, p. 112, 2004.

Lampiran

1. Data lampiran hari guruh kota batam tahun 2024 :



Nomor : e.B/ME.02.04/004/KBTH//2025
Sifat : Biasa
Lampiran : 1 (satu) lembar
Hal : Informasi Cuaca.

Batam, 13 Januari 2025

Yth. Sdr. Sumarsono
di –
Tempat

Menanggapi surat Anda yang kami terima tanggal 13 Januari 2025 perihal Permohonan Data hari guruh tahun 2024 di Pulau Batam untuk keperluan Tugas Akhir saudara, terlampir kami sampaikan data/informasi sebagaimana dimaksud.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

A.N. Kepala,

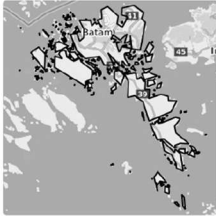
Ketua Tim Kerja Pelayanan Informasi dan
Penguatan Organisasi,



Suratman, S.Kom

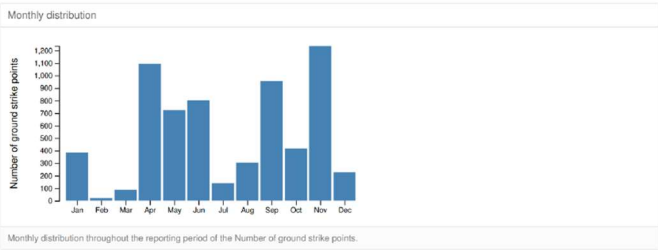
Lampiran : 1 (satu)
Nomor Surat : e.B/ME.02.04/004/KBTH/I/2025
Tanggal : 13 Januari 2025

Statistik Data *Thunderstorm* Pulau Batam 2024

Summary	
	<p>Regency : Kota Batam (ID2171)</p> <p>Area : 946.47 km²</p> <p>Period of analysis : 1 of January 2024 - 31 of December 2024</p> <p>Order criteria : Number of ground strike points</p>
Lightning activity	
<ul style="list-style-type: none">• Number of CG flashes : 4431• Number of IC flashes : 3975• Number of strokes : 10899• Number of intra-clouds : 7775• Number of ground strike points : 6393• Number of strokes + IC : 18674• Number of thunderstorm days : 215 days• CG Flash density : 4.6720 CG flashes/km²/year• NSG : 6.7407 impacts/km²/year• Number of thunderstorm days / year : 214 days per year	
<small>N₅₀ : number of ground strike points per km² and per year</small>	



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikat Elektronik (BSrE), Badan Siber dan Sandi Negara



Monthly distribution

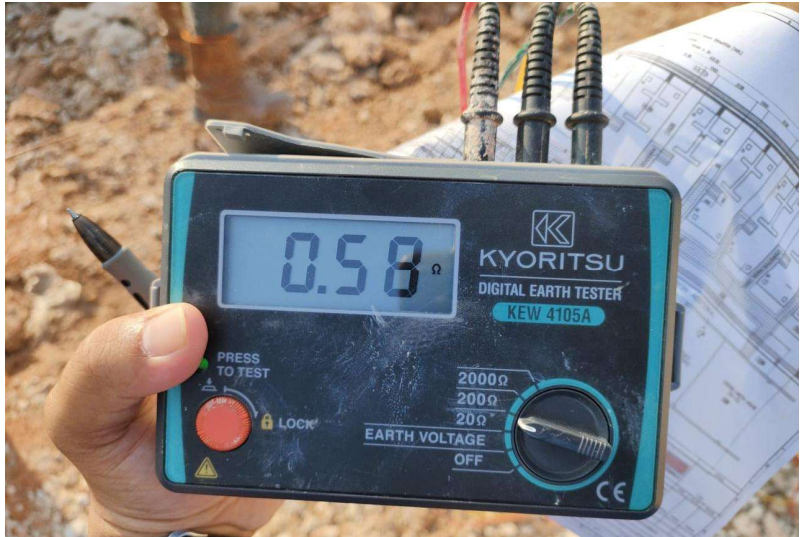
Month	Number of ground strike points	Number of CG flashes	Number of strokes	Number of IC flashes	Number of intra-clouds	Number of strokes + IC	Number of thunderstorm days
Jan	384	238	661	345	696	1357	18
Feb	20	17	30	25	56	86	5
Mar	86	57	118	90	164	282	14
Apr	1094	764	1615	726	1368	2983	23
May	723	526	1423	435	952	2375	27
Jun	803	600	1356	499	852	2208	24
Jul	140	102	222	103	189	411	13
Aug	305	193	571	178	380	951	16
Sep	956	643	1723	591	1122	2845	19
Oct	418	278	640	289	607	1247	22
Nov	1237	855	2157	549	1150	3307	23
Dec	227	158	383	145	239	622	11



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikat Elektronik (BSrE), Badan Siber dan Sandi Negara

2. Foto aktivitas instalasi sistim proteksi petir di pembangkit listrik





CB 01



CB 02



CB 03

