

Perencanaan Instalasi Penangkal Petir Pada Bangunan Industri Bengkel Pembuatan Mesin CV. Karya Brawijaya

Rohmanita Duanaputri^{*a)}, Ruwah Joto^{a)}, Sigi Syah Wibowo^{a)}, Fery Nova Dwi Prasetyo^{a)}

(Artikel diterima: Juli 2021, direvisi: Oktober 2021)

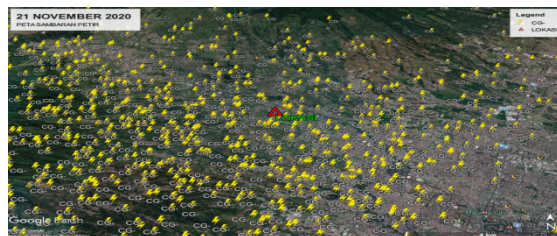
Abstract: Petir merupakan kejadian alam yang terjadi karena loncatan muatan listrik antara awan dan bumi. Kerusakan akibat sambaran petir yang ditimbulkan dapat membahayakan peralatan-peralatan serta manusia yang berada di dalam gedung tersebut. Pada kondisi ini keharusan bagi gedung untuk memasang penangkal petir agar terhindar dari sambaran petir. Di era ini, industri Indonesia semakin berkembang pesat dan banyak menggunakan peralatan sistem dengan komponen listrik, khususnya di sebuah industri Bengkel Mesin Agroindustri CV. Karya Brawijaya. CV. Karya Brawijaya didirikan pada tahun 2009, merupakan sebuah industri yang memproduksi mesin agroindustri. Dalam perencanaan sistem proteksi eksternal metode yang banyak digunakan adalah metode penangkal petir konvensional dan elektrostatik, oleh karena itu untuk mengkaji lebih lanjut, hasil observasi yang telah dilakukan ke industri tersebut masih belum ada sistem penangkal petir sehingga penulis akan mencoba merencanakan dan membandingkan perencanaan kedua jenis penangkal petir yaitu penangkal petir Konvensional (Franklin) dan Elektrostatik (E.F. Lightning Protection System) dari segi perlindungan, teknis, ekonomis, kelebihan dan kekurangannya. Metode penelitian dan observasi dilakukan pada area gedung CV. Karya Brawijaya, dengan teknik pengumpulan data melalui observasi secara langsung, wawancara, dan studi literature, sehingga didapatkan data denah gedung (tinggi, lebar dan panjang bangunan) dan data hari guruh tahun 2019 (IKL 243) kemudian dengan data yang diperoleh digunakan untuk menghitung parameter-parameter dalam perencanaan instalasi penangkal petir sesuai standar dari SNI 07015-2004 dan PUIPP. Sehingga diperoleh hasil untuk perencanaan metode konvensional (Franklin) dengan penempatan terminasi udara menggunakan metode bola bergulir didapatkan 9 finial terpasang dengan bangunan dapat menahan arus sampai 160,06 kA dan untuk metode elektrostatik (E.F. Lightning Protection System) dengan 1 finial bangunan dapat menahan arus sampai 23,737 kA, dan bila melebihi nilai tersebut akan ditangkap penangkal petir.

Kata Kunci: Penangkal Petir Eksternal, Konvensional (Franklin), Elektrostatik (E.f Lightning)

1. Pendahuluan

Di era ini, industri Indonesia semakin berkembang pesat dan banyak menggunakan peralatan sistem dengan komponen listrik, khususnya di sebuah industri Bengkel Mesin Agroindustri CV. Karya Brawijaya. Dalam proses produksinya, industri tersebut banyak menggunakan mesin-mesin listrik seperti CNC Bubut, Las Listrik, Mesin Bor, Gerinda duduk, Kompresor dan perangkat komputer. Selain karena banyak menggunakan komponen listrik dalam produksinya, gedung atau bangunan industri didominasi dengan kerangka besi dan beton bertulang sehingga diperlukan sistem pengamanan baik komponen peralatan maupun gedung industri tersebut, salah satunya yaitu pengamanan dari faktor alam yaitu petir. Mengingat sambaran petir dapat merusak struktur dan dapat mengalirkan arus listrik yang tinggi hingga dapat menimbulkan kebakaran, ledakan atau kerusakan berbahaya di industri tersebut.

Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*Electrical Discharge*) yang terjadi di atmosfer, hal ini disebabkan oleh berkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan, ion listrik dihasilkan dari gesekan antar awan dan juga kejadian ionisasi disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair [3]. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir [2].



Gambar 1.1 Peta Sambaran Petir Daerah Malang

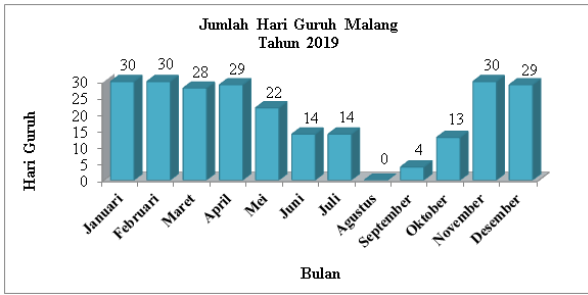
Gambar diatas adalah peta sambaran petir daerah Malang 21 November 2020, Lambang kilat kuning merupakan banyaknya petir yang terjadi dan gambar segitiga merah adalah lokasi dari CV. Karya Brawijaya, terlihat pada gambar peta diatas daerah Malang mempunyai intensitas sambaran petir yang cukup tinggi terutama pada daerah dataran tinggi [3].

Hari guruh merupakan banyaknya hari dimana terdengar guntur dalam jarak kira-kira 25 Km dari stasiun pengamatan. Hari guruh biasa disebut juga (*thunderstormday*). *Isokeraunic Level* (IKL) adalah jumlah hari guruh dalam satu tahun disuatu tempat [4]. Untuk menganalisa pengamatan terhadap sambaran petir di Industri pembuatan mesin agroindustri CV. Karya Brawijaya, data hari guruh yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung besarnya kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (Ng) dan sebagai salah satu indeks dalam penentuan besarnya kebutuhan bangunan akan adanya sistem penangkal petir.

Berikut data hari guruh tahun 2019 di wilayah Kabupaten Malang yang telah penulis dapatkan pada tanggal 25 November 2020 dari yang diamati BMKG Stasiun Geofisika III Malang :

* Korespondensi: rohmanitar@polinema.ac.id

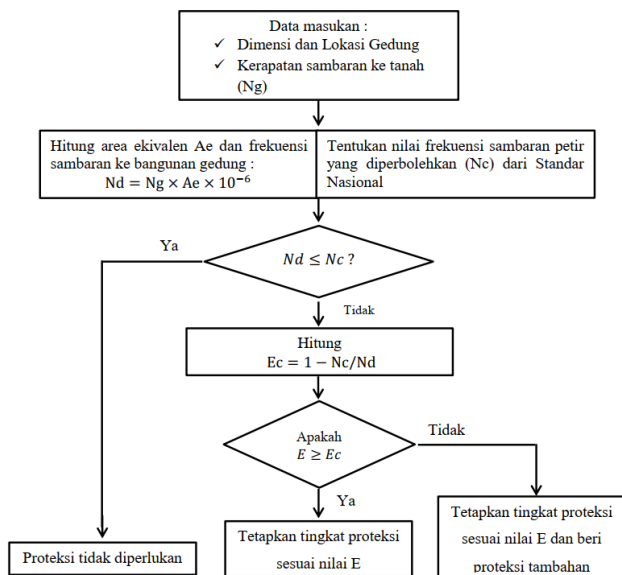
a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141



Gambar 1.2 Jumlah Hari Guruh Malang Tahun 2019

2. Metode Penelitian

2.1.1 Pemilihan Jenis Penangkal Petir



Gambar 2.1 Diagram Alir Pemilihan Jenis Penangkal Petir

Tahap pertama prosedur pemilihan sistem proteksi petir menghendaki penilaian memadai terhadap bangunan gedung yang dipertimbangkan sesuai dengan indeks standar. Selanjutnya harus ditentukan dimensi bangunan gedung dan penempatan, aktivitas guntur (kerapatan sambaran petir tahunan) di daerah yang dipertimbangkan, juga harus ditentukan klasifikasi bangunan gedung. Data berikut ini memberikan latar belakang untuk penilaian :

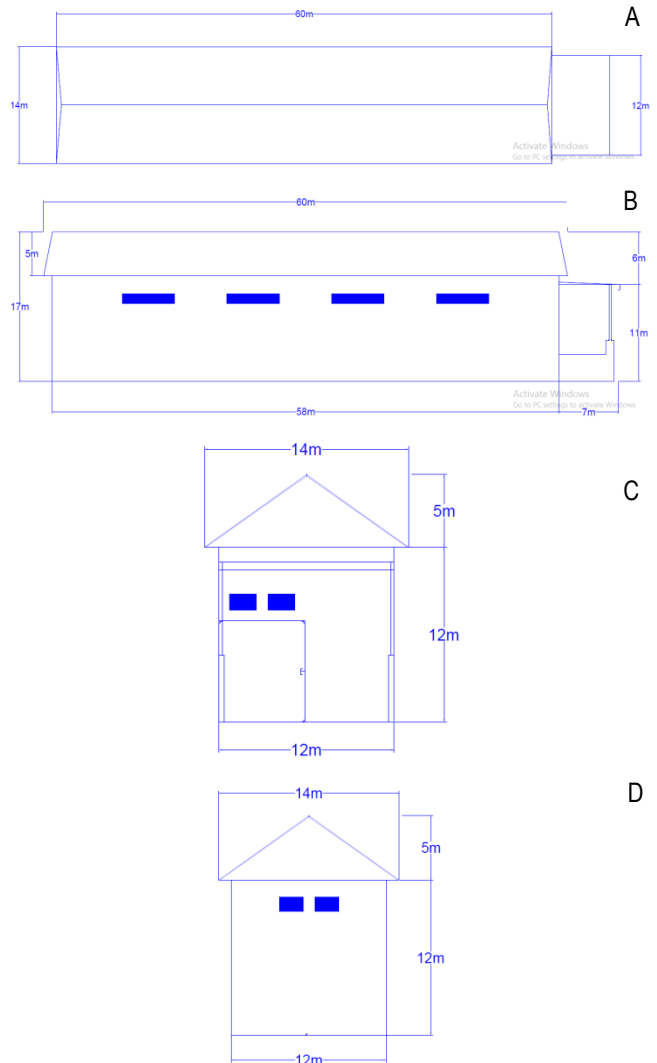
- Frekuensi sambaran petir rata-rata tahunan N_d sebagai hasil perkalian kerapatan atau densitas sambaran ke tanah N_g lokal dan area cakupan ekuivalen A_e dari bangunan gedung.
- Frekuensi sambaran rata-rata tahunan N_c yang dapat diterima untuk bangunan gedung yang dipertimbangkan. N_c sudah ditetapkan bernilai 0,1.

Nilai frekuensi sambaran rata-rata tahunan N_c yang dapat diterima harus dibandingkan dengan harga nyata frekuensi sambaran petir N_d ke bangunan gedung. Perbandingan berikut menentukan apakah Sistem Proteksi Petir (SPP) diperlukan, dan jika diperlukan, jenisnya apa :

- Jika $N_d \leq N_c$ tidak diperlukan SPP.
- Jika $N_d > N_c$, SPP dengan efisiensi $E \geq 1 - N_c/N_d$ sebaiknya dipasang dan tingkat proteksi yang tepat dipilih.

2.1.2 Denah Gedung Industri Bengkel Mesin Agroindustri CV. Karya Brawijaya

Berikut denah gedung CV. Karya Brawijaya, adapun denah gedungnya meliputi denah tampak depan, tampak samping, tampak atas dan tampak belakang.



Gambar 2.2 Gedung Tampak Atas (A), Samping (B), Depan (C) dan Belakang (D)

3. Perencanaan dan Analisis

Menurut standar PUIPP, besarnya kebutuhan suatu bangunan akan suatu instalasi penangkal petir ditentukan oleh besarnya kemungkinan kerugian serta bahaya yang ditimbulkan bila bangunan tersebut tersambar petir. Besarnya kebutuhan tersebut dapat ditentukan secara empiris berdasarkan indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor tertentu yang ada pada tabel indeks PUIPP [1], sehingga dapat didapat perkiraan bahaya akibat sambaran petir (R) adalah :

$$R = A + B + C + D + E \quad (3-1)$$

Keterangan :

- A : Bahaya berdasarkan jenis bangunan
- B : Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan
- C : Bahaya berdasarkan tinggi bangunan
- D : Bahaya berdasarkan situasi bangunan

E : Bahaya berdasarkan hari guruh yang terjadi

Metode Bola Bergulir, dengan metode ini seolah-olah ada suatu bola dengan radius R yang bergulir diatas tanah, sekeliling struktur dan di atas bangunan gedung hingga bertemu dengan bidang tanah atau struktur yang berhubungan dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai penghantar. Titik sentuh bola bergulir pada bangunan gedung adalah titik yang dapat disambar petir dan pada titik tersebut harus diproteksi oleh konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak R dari ujung penangkal petir akan mempunyai kesempatan yang sama untuk menyambar bangunan [4]. Besarnya R berhubungan dengan besar arus petir dan dinyatakan sebagai berikut :

$$R = I^{0,75}$$

Tabel 3.1 Penempatan Finial dengan Tingkat Proteksi (Sumber : SNI 07015-2004)

Protection level Tingkat proteksi	h(m) R(m)	20	30	45	60	Mesh width (m) Lebar mata jala (m)
		α°	α°	α°	α°	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

Proteksi eksternal adalah instalasi dan alat-alat diluar sebuah struktur untuk menangkap dan menghantarkan arus petir ke sistem pentanahan atau berfungsi sebagai ujung tombak penangkap muatan arus petir ditempat tertinggi [4]. Sistem penangkal petir yang dikenal ada bermacam-macam namun pada dasarnya semua memiliki prinsip kerja yang sama yaitu menangkap petir, menyalurkan petir dan menampung petir.

3.1 Penangkal Petir Konvensional (Franklin)

Perangkat sederhana yang lazimnya hanya menunggu datangnya petir untuk menyambar ujung penangkal. Prinsip kerjanya menangkap petir secara pasif. Berbentuk seperti tiang yang runcing diujungnya dan membutuhkan kabel konduktor. Karena bersifat pasif, bangunan dengan area yang luas kerap menggunakan beberapa penangkal / finial sekaligus pada atapnya.

Untuk merencanakan penangkal petir pada gedung CV. Karya Brawijaya dalam perhitungannya menganut pada standart SNI/07015-2004 dan PUIPP dengan perhitungan kebutuhan proteksi petir berdasarkan bangunan, kerapatan sambaran petir, area cakupan ekivalen, frekuensi sambaran petir langsung dan efisiensi petir.

3.1.1 Menghitung Kebutuhan Proteksi Petir Berdasarkan Bangunan

Untuk mengetahui diperlukan atau tidaknya gedung industri bengkel pembuatan mesin agroindustri akan instalasi penangkal petir dapat ditentukan berdasarkan nilai perkiraan bahaya sesuai dengan persamaan 3-1 [1]

dengan indek-indek sebagai berikut :

1. Indek A, karena penggunaan dan isi Gedung Bengkel Pembuatan Mesin Agroindustri merupakan gedung industri yang digunakan untuk memproduksi mesin-mesin agroindustri. Dalam proses produksinya, industri tersebut banyak menggunakan mesin-mesin listrik seperti Mesin Bubut, Las Listrik, Mesin Bor, Gerinda duduk, Kompresor, Motor dan

- perangkat computer. Sehingga masuk dalam kategori bangunan atau isinya cukup penting dengan Nilai indeks = 2
2. Indek B, karena konstruksi bangunan Gedung Bengkel Pembuatan Mesin Agroindustri termasuk dalam bangunan dengan menggunakan kerangka besi dan menggunakan konstruksi beton bertulang. Sehingga masuk kategori dengan Nilai = 2
3. Indek C, karena tinggi bangunan Gedung Bengkel Pembuatan Mesin Agroindustri mempunyai ketinggian 17 meter. Sehingga masuk kategori dengan Nilai indeks = 3
4. Indek D, karena situasi bangunan Gedung Bengkel Pembuatan Mesin Agroindustri berdiri di dataran tinggi. Sehingga masuk kategori dengan Nilai indeks = 0
5. Indek E, karena pengaruh kilat hari guruh per tahun di daerah Malang adalah 243. Sehingga masuk kategori dengan perkiraan bahaya Besar dengan Nilai indeks = 7

Dapat dilihat dari uraian indeks-indeks, maka dapat dijumlah dan diketahui nilai perkiraan bahaya pada gedung industri yaitu menggunakan persamaan 3-1 berikut :

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

$$R = 2 + 2 + 3 + 0 + 7 = 14$$

Karena nilai R = 14 maka indeks perkiraan bahaya pada gedung industri Bengkel Pembuatan Mesin Agroindustri terhadap sambaran petir adalah termasuk kategori besar bisa dilihat pada tabel 3.2, Maka dari itu, pengamanan gedung terhadap sambaran petir sangat dianjurkan.

Tabel 3.2 Perkiraan Bahaya Bangunan

R = A + B + C + D + E	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
(1)	(2)	(3)
Di bawah 11	Diabaikan	Tidak perlu
Sama dengan 11	Kecil	Tidak perlu
12	Sedang	Agak dianjurkan
13	Agak besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat besar	Sangat perlu

3.1.2 Menghitung Kerapatan Sambaran Petir (Ng)

Mengacu dari data jumlah hari guruh yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika III Malang maka dapat dihitung kerapatan sambaran petir dan pada daerah kabupaten malang jumlah hari guruh pada tahun 2019 yakni 243 hari guruh pertahun. Dapat dihitung dengan persamaan berikut [3,4] :

$$Ng = 0,04 \times Td^{1,25} \text{ sambaran/km}^2/\text{tahun} \quad (3-2)$$

$$Ng = 0,04 \times 243^{1,25} \text{ sambaran/km}^2/\text{tahun}$$

$$Ng = 38,38 \text{ sambaran/km}^2/\text{tahun}$$

3.1.3 Menghitung Area Cakupan Ekivalen (Ae)

Mengacu data yang diperoleh dari industri (objek penelitian) yaitu tentang karakteristik bangunan, dapat dihitung area cakupan ekivalen dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut 3-3 :

$$Ae = ab + 6h(a + b) + (9\pi h^2) \quad (3-3)$$

Sesuai persamaan 3-3 dan data yang diperoleh mengenai gedung industri pembuatan mesin agroindustri dengan spesifikasi gedung yaitu dengan tinggi gedung (H) 17 meter, panjang gedung (L) 60 meter, dan lebar gedung (W) 14 meter, maka area cakupan ekivalen adalah [3,4] :

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

$$Ae = 60 \times 14 + 6 \times 17 (60 + 14) + (9 \times 3,14 \times 17^2)$$

$$Ae = 840 + 7.548 + 8.167,14$$

$$Ae = 16.555,14 \text{ m}^2$$

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan area cakupan ekivalen yaitu $Ae = 16.555,14 \text{ m}^2$

3.1.4 Frekuensi Sambaran Petir Langsung (Nd)

Berdasarkan hasil perhitungan area cakupan ekivalen dan kerapatan sambaran petir maka dapat dihitung Frekuensi sambaran petir langsung dengan persamaan 3-4 berikut [3,4] :

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6} \quad (3-4)$$

$$Nd = 38,38 \times 16.555,14 \times 10^{-6}$$

$$Nd = 0,635 \text{ sambaran/tahun}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapatkan frekuensi sambaran petir langsung kebangunan yaitu :

$$Nd = 0,635 \text{ sambaran/tahun}$$

3.1.5 Menghitung Nilai Efisiensi (Ec)

Berdasarkan hasil perhitungan frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir, maka dapat dihitung nilai efisiensi tingkat proteksi petir yaitu menggunakan persamaan 3-5 [3,4] :

$$Ec = 1 - Nc/Nd \quad (3-5)$$

$$Ec = 1 - \frac{0,1}{0,635}$$

$$Ec = 0,84$$

Jadi, hasil perhitungan nilai efisiensi tingkat proteksi petir yaitu didapat 0,84.

Tabel 3.3 Tabel Efisiensi Sehubungan Tingkat Proteksi

Tingkat proteksi	Efisiensi SPP <i>E</i>
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Dari tabel 3.3 dapat di jelaskan penentuan tingkat proteksi bangunan industri bengkel pembuatan mesin agroindustri CV. Karya Brawijaya. Pada tabel 2.2 untuk tingkat proteksi :

- $E < 0\%$ tidak diperlukan sistem proteksi petir
- $0\% < E \leq 80\%$ berada pada tingkat proteksi IV
- $80\% < E \leq 90\%$ berada pada tingkat proteksi III
- $90\% < E \leq 95\%$ berada pada tingkat proteksi II
- $95\% < E \leq 98\%$ berada pada tingkat proteksi I

Mengacu pada hasil perhitungan efisiensi, didapat efisiensi

$Ec = 0,84$ dapat diketahui bahwa tingkat proteksi pada bangunan industri bengkel pembuatan mesin agroindustri berada pada tingkat proteksi III dilihat pada tabel 2.2. [3,4]

3.1.6 Analisa Perancangan Penangkal Petir Jenis Franklin dengan Metode Bola Bergulir

Tabel 3.4 Penempatan Finial dengan Tingkat Proteksi

Protection level Tingkat proteksi	h(m) R(m)	20	30	45	60	Mesh width (m) Lebar mata jala (m)
		α°	α°	α°	α°	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

Dari tabel 3.4 dan sesuai tingkat proteksi CV. Karya Brawijaya yang telah diketahui sebelumnya pada tingkat III didapat jari-jari (R)

bola bergulir yang dapat digunakan untuk merancang penempatan terminasi udara pada gedung industri bengkel pembuatan mesin agroindustri CV. Karya Brawijaya ini adalah 45 m. Bola gulir dengan jari-jari 45 m tersebut digulirkan hingga menyentuh gedung yang dilindungi. Setiap bagian bangunan yang dikenai oleh bola gulir tersebut haruslah diberi terminasi udara. Daerah yang dilindungi oleh bola gulir tersebut merupakan daerah proteksi terhadap petir. Daerah antara perpotongan permukaan tanah, gedung dan keliling bola bergulir dan bangunan itu sendiri adalah daerah proteksinya. Dengan cara ini terlihat bahwa masih diperlukan penangkap petir lagi pada ujung dari atap bangunan karena titik tersebut tepat tersentuh oleh bola bergulir dan mempunyai kemungkinan besar tersambar petir sehingga harus dipasang terminasi udara. Berdasarkan persamaan, maka dapat diperoleh [3,4] :

$$R = 45 \text{ m}$$

$$I = \sqrt[0,75]{45} = 160,06 \text{ kA}$$

Berarti dengan tambahan penangkap petir, bangunan maksimal bisa menahan sampai 160,06 kA. Jika ada sambaran petir dengan arus bernilai lebih dari 160,06 kA maka akan ditangkap oleh sistem proteksi petir. Untuk terminasi udara bahan yang digunakan yaitu (Cu) dengan luas penampang 35 mm². Akan tetapi karena terminasi udara dihubungkan dengan konduktor penyalur yaitu 16 mm², maka luas penampang dari terminasi udarapun lebih baiknya disesuaikan dengan konduktor penyalurnya, yaitu 16 mm².

Berdasarkan kriteria yang dibuat oleh standart SNI 07015-2004, dimana tinggi dari finial terminasi udara berkisar 3-3 meter, maka dalam perencanaan ini dipilih tinggi dari terminasi udara yaitu 3 meter. [3,4]

3.2 Penangkal Petir Elektrostatis (E.F Lightning Protection)

Menggunakan sistem E.S.E (*Early Streamer Emission*) yang lebih aktif dalam menangkap petir. Perangkat ini memiliki satu elemen tambahan, yaitu head terminal yang berisi muatan listrik statis pada bagian ujung finial (*splitzen*). Head dapat menyimpan ion-ion positif dalam jumlah besar yang berasal dari dalam bumi. Ibarat magnet, head ini akan menarik ion-ion negative yang ada di dalam awan sebelum ion-ion tersebut menghasilkan petir yang dahsyat. Lebih ideal untuk bangunan dengan area luas karena bisa menjangkau radius lebih dari 50-150 m.

3.2.1 Kepadatan Sambaran Petir (Fg)

Untuk menentukan kepadatan sambaran petir (Fg) maka dapat digunakan persamaan 3-6, dari sumber pustaka yang diperoleh besarnya curah hujan rata-rata pertahun (P) dan jumlah hari guruh rata-rata pertahun (IKL) untuk daerah malang adalah 837 mm/tahun dan 243 hari/tahun. Maka diperoleh kepadatan sambaran petir ke tanah sebagai berikut [1,3] :

$$Fg = 3,8371 \times 10^{-3} \times IKL^{0,8179} \times P^{0,5139} \quad (3-6)$$

$$Fg = 3,8371 \times 10^{-3} \times 243^{0,8179} \times 837^{0,5139}$$

$$Fg = 10,894 \text{ sambaran/km}^2\text{/tahun}$$

3.2.2 Arus Puncak Petir

Arus puncak petir dapat ditentukan berdasarkan persamaan 3-7, dari sumber pustaka yang didapat besar lintang selatan / LS (Li) daerah yang bersangkutan malang terletak pada 7,44 LS dengan ketinggian awan terendah (A) 440 m. Maka diperoleh arus puncak petir sebagai berikut [1,3] :

$$I_o = 29,5143 \times Fg^{0,3} \times e^{(-0,00414 \times Li) \times (-0,00024 \times A)} \quad (3-7)$$

$$I_o = 29,5143 \times 10,894^{0,3} \times e^{(-0,00414 \times 7,44) \times (-0,00024 \times 440)}$$

$$I_o = 29,5143 \times 2,047 \times 1,0033$$

$$I_o = 60,6151 \text{ (KA)}$$

3.2.3 Arus Petir

Arus petir (Is) dapat ditentukan berdasarkan persamaan 3-8, maka diperoleh [1,3] :

$$I_s = 1,2358 \times I_o^{0,7042} \quad (3-8)$$

$$I_s = 1,2358 \times 60,6151^{0,7042}$$

$$I_s = 22,245 \text{ (KA)}$$

3.2.4 Penentuan Besaran Sambaran Petir

Selanjutnya setelah nilai arus petir didapat, besaran lainnya yang akan dihitung adalah sebagai berikut:

Striking Distance / Jarak Pukul Petir

Jarak pukul petir terhadap bangunan berdasarkan persamaan 3-9, maka diperoleh jarak pukul petir adalah [1,3,4] :

$$d = 6,7 \times I_s^{0,8} \quad (3-9)$$

$$d = 6,7 \times 22,245^{0,8}$$

$$d = 80,142 \text{ m}$$

Besar Arus Sambaran Petir Terhadap Ketahanan Bangunan

Besar arus sambaran petir terhadap ketahanan bangunan berdasarkan persamaan 3-10, maka diperoleh ketahanan bangunan terhadap arus petir adalah [1,3,4] :

$$I_b = 0,75 \sqrt{d/8} \quad (3-10)$$

$$I_b = 0,75 \sqrt{80,142/8}$$

$$I_b = 0,75 \sqrt{10,017}$$

$$I_b = 23,737 \text{ (KA)}$$

Bangunan dapat menahan arus hingga 23,737 kA, tetapi jika arus petir yang muncul lebih dari 23,737 kA, maka akan ditangkal oleh penangkal petir.

3.2.5 Penentuan Tingkat Proteksi

Untuk menentukan tingkat proteksi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir (*collection area*). Kemudian diperkirakan kemungkinan bangunan tersambar petir dan tingkat kebutuhan akan penangkal petir yang merupakan tingkat bahaya bangunan terhadap sambaran petir [1,3].

Tingkat kebutuhan bangunan terhadap sambaran petir merupakan juga tingkat bahaya dari bangunan terhadap sambaran petir. Perhitungan luas daerah yang menarik sambaran petir dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berdasarkan PUIPP. Luas daerah yang menarik sambaran petir pada bangunan industri bengkel pembuatan mesin agroindustri CV. Karya Brawijaya yang berada di daerah dataran. Gambar dari denah gedung dapat dilihat pada pembahasan di awal dan pada lampiran skripsi ini.

Untuk menentukan daerah yang menarik sambaran petir pada industri bengkel pembuatan mesin agroindustri CV. Karya Brawijaya didapat dengan menyelesaikan persamaan 3-11 :

$$Ca = (L \times W) + (4L \times H) + (4W \times H) + 4(3,14 \times H^2) \quad (3-11)$$

$$Ca = (60 \times 14) + (4 \times 60 \times 17) + (4 \times 14 \times 17) + 4(3,14 \times 17^2)$$

$$Ca = (840) + (4080) + (952) + 4(907,46)$$

$$Ca = (4920) + (4581,84)$$

$$Ca = 9501,84 \text{ m}^2$$

Jumlah sambaran petir perhari perkilometer diperoleh dengan persamaan 3-12 :

$$Ne = (0,1 + 0,35 \sin \lambda)(0,4 \pm 0,2) \quad (3-12)$$

Dimana:

λ Garis lintang geografis daerah, untuk daerah Malang

adalah 07,44°LS

$$Ne = (0,1 + 0,35 \sin \lambda)(0,4 \pm 0,2)$$

$$Ne = (0,1 + 0,35 \sin 07,44^\circ)(0,4 \pm 0,2)$$

$$Ne = 0,145(0,4 \pm 0,2)$$

$$Ne = 0,058 \pm 0,029 \text{ sambaran petir/hari/km}^2$$

Untuk itu diambil nilai maksimum yaitu 0,058 + 0,029 sambaran petir / hari / km². Sehingga didapatkan Ne = 0,087 sambaran petir / hari / km² [1,3].

Telah diketahui pada tabel 4 bahwa tingkat proteksi dari gedung industri bengkel pembuatan mesin agroindustri CV. Karya Brawijaya adalah pada tingkat III dengan jarak inisiasi D = 45 m.

Radius ruang proteksi berdasarkan persamaan 3-13:

$$R = 8 \times I_b^{0,75} \quad (3-13)$$

Dimana:

$$I_b = 23,737 \text{ kA}$$

Maka:

$$R = 8 \times 23,737^{0,75}$$

$$R = 8 \times 10,6167$$

$$R = 84,934 \text{ m}$$

Jadi, Radius proteksi yang didapat dari perhitungan yaitu 84,934 m, dengan tinggi bangunan 17 m.

Maka:

$$84,934 + 17 = 101,934 \text{ meter}$$

Tabel 3.5 Radius Perlindungan Penangkal Petir EF *Lightning Protection System*

Tinggi bangunan (m)	Radius proteksi (m)
5	95
10	100
20	110
30	120
40	130
50	140
60	150
70	160
80	170
90	180
100	190
110	200

Dilihat dari tabel 3.5 yang bersumber dari katalog E.F Lightning Protection, sudah diketahui bahwa tinggi bangunan industri bengkel pembuatan mesin CV. Karya Brawijaya 17 meter. Untuk ketinggian 17 meter bila dilihat pada tabel radius perlindungannya berkisar antara 100 dan 110 meter, dari hasil perhitungan diperoleh untuk radius perlindungan 101,934 meter. Berarti dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan dan hasil yang tertera pada tabel adalah tepat [1,3].

4. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisis instalasi penangkal petir bangunan industri pembuatan mesin agroindustri CV. Karya Brawijaya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Untuk metode konvensional (*Franklin*) penerapan metode bola bergulir dalam perencanaan penangkal petir perhitungannya menganut standar SNI 07015-2004 dan indeks PUIPP, dengan perhitungan yang telah diuraikan diatas, setelah didapatkan jari-jari bola bergulir (R) 45 m yang diperoleh dari tabel 2.3 yang diambil dari tabel 3 (SNI 07015-2004), maka dapat digunakan untuk menentukan jumlah dan penempatan terminasi udara dengan metode bola bergulir.
2. Sedangkan untuk metode elektrostatis (*E.F Lightning Protection*) dalam perencanaan penangkal petir perhitungannya menganut pada PUIPP di dalam jurnal TA Dedy Apriyanto POLINEMA 2016. Dengan perhitungan yang telah diuraikan diatas sehingga didapatkan radius ruang proteksi (R) 101,934 meter kemudian dilakukan pencocokan pada tabel 4.9 (radius perlindungan dari katalog E.F Lightning Protection) dengan tinggi bangunan 17 m dengan kisaran yang tertera pada tabel dengan hasil perhitungan yang didapat adalah tepat.
3. Dari perbandingan kedua jenis penangkal petir *Franklin* dan *E.F Lightning Protection* telah dijelaskan bahwa untuk segi ekonomi, teknis, kelebihan dan kekurangan lebih diunggulkan jenis *E.F Lightning Protection* dengan area jangkauan perlindungan yang dihasilkan lebih luas dan hanya cukup dengan pemasangan 1 finial penangkal petir saja.

Daftar Pustaka

Jurnal/Prosiding/Disertasi/Tesis/Skripsi

- [1] Anonim 1. (1983). *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) untuk Bangunan di Indonesia*. Jakarta : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- [2] S.A. Hutagaol. (2009). *Studi Tentang Sistem Penangkal Petir Pada BTS*. Sumatra : Universitas Sumatra Utara
- [3] IKL (2019). BMKG Stasiun Geofisika Class III Malang
- [4] Dedy A. (2016). *Kajian Perencanaan Instalasi Penangkal Petir Industri Marmer Granit PT. Mercuri Gramaron*. Tidak diterbitkan. Malang : Politeknik Negeri Malang
- [5] SNI 07015-2004. 2004. SPP Bangunan Gedung. BSN
- [6] Aris Suryadi. (2017). *Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal*. Teknik Elektro : Politeknik Enjineri Indorama.
- [7] Supannur Bandri. (2014). *Sistem Proteksi Petir Internal dan Eksternal*. Padang : Dosen Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Padang.
- [8] Ujang Mulyadi, Edy Ervianto, Eddy Hamdani. (2014). *Kajian Perancangan Sistem Penangkal Petir Eksternal Pada Gedung Pusat Komputer*. Riau : Kampus Bina Widya
- [9] IEC 62305-1. International Standard, Protection Against Lightning – Part 1 : General Principles, Edition 2.0, 2010 – 12.