

ANALISA SISTEM PROTEKSI INTERNAL DAN EKSTERNAL PERANGKAT SCADA DI GEDUNG MCS MEDAN TERHADAP ARUS DAN TEGANGAN LEBIH PETIR

Arnawan Hasibuan*

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Indonesia
School of Electrical System Engineering, University Malaysia Perlis, Malaysia

Indra Praditya

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Pancabudi, Indonesia
PT PGN (Persero) Tbk Regional III, Medan, Indonesia

Muzamir Isa

School of Electrical System Engineering, University Malaysia Perlis, Malaysia

Misbahul Jannah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Indonesia

Syarifah Muthia Putri

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstract

Abstract - In the electric power system operational reliability and stability required in order to maintain continuity in service. To maintain the reliability of the distribution system it is necessary to monitor and control operating conditions in real time. One of the monitoring and control equipment available is based on SCADA. SCADA devices are extremely vulnerable to induction over from lightning strikes, the device is required earthing protection systems are adequate for the protection of internally and externally. In this paper, an earth protection system has been analyzed and evaluated for the earth resistance value and the induced voltage that occurs in the MCS Medan building. Current conditions indicate that the SCADA security and protection system needs to be equipped with a lightning protection system. The earth resistance current is 3.02Ω , and the induced voltage is 676.84 kV. The analysis and evaluation results obtained are the earth resistance value drops to 0.5Ω and the induced voltage drops to 51.36 kV.

Keywords:

SCADA; MCS; Grounding; Induction Voltage; Lightning.

Abstrak

Dalam operasional sistem tenaga listrik diperlukan keandalan dan kestabilan guna menjaga kontinuitas dalam pelayanan. Untuk menjaga kehandalan sistem penyaluran perlu dilakukan pemantauan dan pengendalian kondisi operasi secara *realtime*. Salah satu peralatan pemantau dan pengendali yang ada berbasis SCADA. Perangkat SCADA ini sangat rentan terhadap induksi lebih akibat sambaran petir, maka diperlukan perangkat sistem proteksi pentanahan yang memadai untuk perlindungan secara internal dan eksternal. Dalam paper ini telah dianalisis dan dievaluasi sistem proteksi pentanahan terhadap nilai tahanan pentanahan dan tegangan induksi yang terjadi pada gedung MCS Medan. Kondisi saat ini menunjukkan bahwa sistem penganaman dan perlindungan SCADA perlu dilengkapi sistem proteksi petir. Nilai tahanan pentanahan saat ini sebesar 3.02Ω , dan tegangan induksi sebesar 676.84 kV. Hasil analisa dan evaluasi yang didapat adalah nilai tahanan pentanahan turun menjadi 0.5Ω dan tegangan induksi turun menjadi 51.36 kV.

Kata Kunci:

SCADA; MCS; Grounding; Tegangan Induksi; Petir.

Arnawan Hasibuan, Indra Praditya, Muzamir Isa, Analisa Sistem Proteksi...
Misbahul Jannah, Syarifah Muthia Putri

DOI: <http://dx.doi.org/10.15575/jw.xxx.xxx>
Received:xxxxxx;Accepted: xxxxxx; Published: xxxxxxxx

***Corresponding author:**

Arnawan Hasibuan, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah,
Lhokseumawe.
Email: arnawan@unimal.ac.id

I. PENDAHULUAN

Lokasi geografis negara Indonesia yang terletak di jalur khatulistiwa ([Karta et al., 2020](#)) menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara tropis yang memiliki hari guruh per tahun (*thunder storm days*) yang tinggi menyebabkan Indonesia memiliki kemungkinan terkena sambaran petir beserta efek yang diakibatkan. Sambaran petir ini bisa mengakibatkan kerusakan peralatan listrik, kerusakan peralatan gedung dan bahkan dapat menyebabkan kebakaran gedung. Beberapa perusahaan di Indonesia memiliki gedung untuk perkantoran untuk operasional kegiatan perusahaannya. Operasional perusahaan dalam gedung memerlukan peralatan-peralatan yang sangat berkaitan dengan listrik.

PT PGN (Persero) Tbk Regional III adalah sebuah perusahaan besar yang bergerak di bidang gas bumi ([Qomariya, 2020](#)). Seiring dengan berkembangannya perusahaan, dalam menciptakan perusahaan yang kelas dunia maka diperlukan sistem monitoring penyaluran gas di setiap stasiun-stasiun metering gas yang bertujuan untuk menjaga kehandalan dalam pendistribusian gas ke pelanggan-pelanggan. PT. PGN menggunakan teknologi berupa SCADA (Supervisory Control And DATA Acquisition) ([Zahra, 2015](#)) yang berpusat di gedung MCS Medan yang menyediakan data secara *Real Time* setiap jam dengan mengirim data dari stasiun-stasiun metering gas menggunakan beberapa tipe komunikasi.

Permasalahan yang muncul adalah ketika beberapa tipe peralatan komunikasi masih menggunakan kabel dalam proses pengiriman data. Bisa berupa kabel tanam maupun *air cable* yang sangat rentan terhadap induksi petir ([Hakim, n.d.](#)) dan arus serta tegangan berlebih. Serta kondisi gedung MCS Medan yang berada di dekat tower komunikasi yang rawan terhadap sambaran langsung maupun induksi petir.

Dalam paper ini dipaparkan analisis penggunaan sistem proteksi yang digunakan pada gedung MCS Medan milik PT. PGN baik secara internal maupun eksternal.

II. STUDI PUSTAKA

Petir adalah sebuah cahaya yang terang benderang yang dihasilkan oleh tenaga listrik alam yang terjadi di antara awan-awan atau awan ke tanah ([Zoro, 1999](#)). Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses

pelepasan muatan listrik (electrical discharge) yang terjadi di atmosfer.

Sambaran petir dibedakan menjadi 4 kategori berdasarkan arah sambaran ([Vadreas et al., 2014](#)) yang dihasilkan.

1. Sambaran Petir Awan ke Awan (Cloud to Cloud), adalah petir CC (Cloud to Cloud) dimana terjadi pelepasan ion antar awan di atmosfer. Sambaran petir terjadi antara awan ke awan, sehingga aliran sambaran terjadi antara awan satu dengan awan lainnya.
2. Sambaran Petir Dalam Awan (Inter Cloud), adalah petir IC (Inter Cloud) ditunjukkan dengan adanya pelepasan ion di dalam 1 awan itu sendiri.
3. Sambaran Petir Awan ke Atmosfer (Cloud to Atmosfer), adalah petir CA (Cloud to Atmosfer) yang kejadian pelepasan muatan nya dari awan ke atmosfer.
4. Sambaran Petir Awan ke Tanah (Cloud to Ground), petir CG (Cloud to Ground) yaitu terjadinya antara awan dengan bumi.

Kebutuhan Proteksi Terhadap Sambaran Petir

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan instalasi penangkal petir ditentukan oleh beberapa standard. Kebutuhan didasarkan dari jenis bangunan, peralatan di dalamnya dan lokasi gedung yang membutuhkan perlindungan ([Hardi et al., 2019](#)).

1. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Berdasarkan PUIPP ([Mustofa, 2020](#)) besarnya kebutuhan tersebut ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai:

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

Indeks A : Penggunaan dan isi

Indeks B : Konstruksi Bangunan

Indeks C : Tinggi bangunan

Indeks D : Situasi bangunan

Indeks E : Hari guruh pertahun

Tabel 1. Indeks R

R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Di bawah 11	Diabaikan	Tidak perlu
Sama dengan 11	Kecil	Tidak perlu
12	Sedang	Dianjurkan

13	Agak Besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat Dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat besar	Sangat Perlu

2 National Fire Protection Association (NFPA)

Cara penentuan proteksi petir yang digunakan pada standar NFPA 780 (Ahmad, 2017) hampir sama dengan cara yang digunakan pada PUIPP yaitu dengan mendapatkan nilai R dengan menjumlahkan nilai indeks yang mewakili keadaan lokasi bangunan kemudian hasil yang didapat dibagi dengan indeks yang mewakili isokeraunic level di daerah tersebut. Secara rumus dituliskan sebagai :

$$R = (A + B + C + D + E) / F$$

Indeks A : Jenis struktur

Indeks B : Kerangka dan jenis atap

Indeks C : Lokasi bangunan

Indeks D : Topografi bangunan

Indeks E : Penggunaan dan isi bangunan

Indeks F : Isokeraunic Level

Tabel 2. Indeks Nilai R NFPA 780

R	Pengamanan
0-2	Tidak perlu
2-3	Dianjurkan
3-4	Dianjurkan
4-7	Sangat dianjurkan
Lebih dari 7	Sangat perlu

3 International Electrotechnical Commission (IEC)1024-1-1

Berdasarkan standard IEC 1024-1-1 (Han, 2007) (Sánchez et al., 2014), pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir didasarkan pada frekwensi sambaran petir

langsung setempat (Nd) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan frekwensi sambaran petir tahunan setempat (Nc) yang diperbolehkan. Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada dinyatakan sebagai :

$$N_g = 0,04 \cdot I_{KL} \cdot 1,25 / \text{km}^2 / \text{tahun}$$

dimana I_{KL} adalah *isokeraunic level* di daerah tempat struktur yang akan diproteksi.

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} / \text{tahun}$$

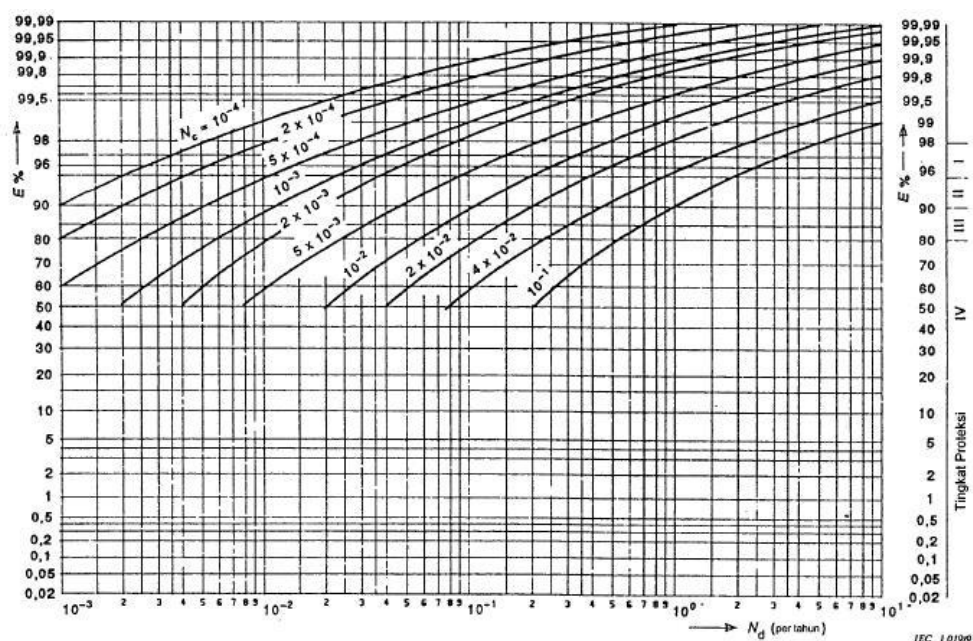
dimana A_e adalah area cakupan dari struktur (m²) yaitu daerah permukaan tanah yang dianggap sebagai struktur yang mempunyai frekwensi sambaran langsung tahunan. Daerah yang diproteksi adalah daerah di sekitar struktur sejauh 3h dimana h adalah tinggi struktur yang diproteksi. Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_c dilakukan sebagai berikut :

- Jika $N_d \leq N_c$ tidak perlu sistem proteksi petir.
- Jika $N_d > N_c$ diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi: $E \geq 1 - N_c / N_d$ dengan tingkat proteksi sesuai tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Grafik nilai kritis efisiensi sistem proteksi petir yaitu perbandingan N_c dengan N_d ditunjukkan dalam gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik nilai kritis efisiensi sistem proteksi petir

Peralatan Yang Dilindungi

1. SCADA

Seperti dikatakan oleh (Alvina et al., 2019), bahwa SCADA adalah sistem yang dapat melakukan pengawasan, pengendalian dan akuisisi data terhadap sebuah plant.

Menurut (Budiman et al., 2021) SCADA merupakan singkatan untuk *Supervisory Control And Data Acquisition*. SCADA mengacu pada kombinasi antara telemetri dan akuisisi data yang terdiri dari tiga elemen atau peralatan di industri seperti industri kilang minyak dan gas, industri pengolahan air bersih dan lain lain.

Definisi yang lebih formal diberikan oleh NIST (*National Institute of Standards and Technology*) (Olver et al., 2010), yaitu sistem SCADA banyak digunakan pada sistem terdistribusi seperti yang digunakan untuk mengendalikan aset-aset yang tersebar secara geografis, sering terpisah ribuan kilometer persegi dimana control dan akuisisi data terpusat sangat penting bagi operasi sistem.

2. Field Device

Merupakan *plant* di lapangan yang terdiri dari objek yang memiliki berbagai sensor dan aktuator. Nilai sensor dan aktuator inilah yang umumnya diawasi dan dikendalikan supaya *objek/plant* berjalan sesuai dengan keinginan pengguna.

3. Remote Terminal Unit (RTU)

RTU merupakan unit *slave* pada arsitektur *master/slave*. RTU mengirimkan sinyal kontrol pada peralatan yang dikendalikan, mengambil data dari peralatan tersebut, dan mengirimkan data tersebut ke MTU. Kecepatan pengiriman data antara RTU dan alat yang dikontrol relatif tinggi dan metode kontrol yang digunakan umumnya *closed loop*.

4. Communication System

Sistem komunikasi antara MTU-RTU ataupun antara RTU-field device di antaranya berupa :

- a. RS 232
- b. Private Network (LAN/RS-485)
- c. Switched Telephone Network
- d. Leased Lines
- e. Internet
- f. Wireless Communication Systems
 - Wireless LAN
 - GSM Network
 - Radio Modems

5. Operator

Operator manusia mengawasi sistem SCADA dan melakukan fungsi *supervisory control* untuk operasi *plant* jarak jauh.

III. METODE

1. Pemeriksaan Kebutuhan Proteksi Petir Gedung MCS Medan

Menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Kondisi Gedung MCS PT. PGN Medan

- a. Jenis Bangunan : Instalasi gas, minyak, ataubensin, danrumahsakit
- b. Kontruksi Bangunan : Bangunan dengan konstruksi beton bertulang, kerangka besi dan atap bukan logam
- c. Tinggi Bangunan : 42 meter
- d. Situasi Bangunan:Di tanah datar pada semua ketinggian
- e. Hari Guruh: 224.

Berdasarkan data bangunan di atas, indeks bahaya berdasar PUIPP sebagai berikut :

- Indeks A sebesar5.
- Indeks sebesar2
- Indeks C 5
- Indeks D 0
- Indeks E 7

Berdasarkan tabel indeks bahaya pada PUIPP maka nilai R pada Gedung MCS Medan didapatkan sebesar :

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

$$R = 5 + 2 + 5 + 0 + 7$$

$$R = 19$$

Menurut National Fire Protection Association (NFPA)

Kondisi Gedung MCS PT. PGN Medan

- a. Jenis Struktur Bangunan : Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 23-46 meter
- b. Kontruksi Bangunan : Beton bertulang dengan logam yang tidak saling terhubung
- c. Lokasi Bangunan : Bangunan dengan area bangunan yang lebih rendah melingkupi area kurang dari 929 m²
- d. Topografi Bangunan : Padat tanah datar
- e. Penggunaan dan Isi Bangunan : Peralatan operasi yang sensitive
- f. Isokeraunic Level:37.5 – 50

Berdasarkan data bangunan di atas, maka dapat kita samakan dengan tabel indeks bahaya berdasar NFPA sebagai berikut :

- Indeks A 5
- Indeks B 4
- Indeks C 4
- Indeks D 1
- Indeks E9

- Indeks F 5

Berdasarkan tabel indeks bahaya pada *NFPA* maka nilai R pada Gedung MCS Medan didapatkan menggunakan persamaan berikut :

$$R = (A+B+C+D+E)/F$$

$$R = (5+4+4+1+9)/5$$

$$R = 23/5$$

$$R = 4,6$$

Perhitungan Ruang Lingkup Proteksi

1. Metode *Rolling Sphere*

Metode *rolling sphere* atau bola bergulir baik digunakan pada bangunan yang bentuknya rumit. Dengan metode ini seolah-olah ada suatu bola dengan radius R yang bergulir di atas tanah, sekeliling struktur dan di atas struktur kesegala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur yang berhubungan dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai penghantar. Titik sentuh bola bergulir pada struktur adalah titik yang dapat disambar petir dan pada titik tersebut harus diproteksi oleh konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak R dari ujung penangkap petir akan mempunyai kesempatan yang sama untuk menyambar bangunan.

Bila ada arus petir yang lebih kecil dari I tersebut mengenai bangunan, bangunan masih bisa tahan. Bila arus petir lebih besar dari I tersebut, akan ditangkap oleh penangkap petir.

2. Metode Sudut Lindung

Daerah yang diproteksi adalah daerah yang berada di dalam kerucut dengan sudut proteksi.

Kondisi Eksisting Proteksi Gedung MCS Medan

a. Kondisi Proteksi Eksternal

Kondisi Proteksi Eksternal pada Gedung MCS Medan saat ini belum dilengkapi dengan *air terminal/lightning rod dandown conductor* untuk *grounding* gedung MCS sudah dilengkapi tetapi hanya menggunakan satu *ground rod* saja.

b. Pengukuran Parameter Proteksi Petir Eksternal

Hasil pengukuran nilai *grounding* pada gedung MCS Medan sebagai berikut.

Tabel 4. Pengecekan Visual Sistem Proteksi Petir Eksternal.

No	Area	Air Terminal	Down Conductor	Grounding Pit	Notes
1	MCS Medan	OK	OK	OK	-

Tabel5. Pengecekan Lightning Even Counter (LEC)

No	Area	Last check ^{*)}	Function test	Recent check ^{*)}	Conectivity check	Notes
1	MCS Medan	000008	—	000009	Normal	—

Ket. ^{*)} Last Check : Jumlah angka pada LEC pada saat Assessment LPS sebelumnya
Recent Check: Jumlah angka pada LEC pada saat Assessment LPS berjalan

Tabel 6. Pengecekan dan Pengukuran Grounding Resistance

No	Area	Normal (Ω)	Pengukuran (Ω)	Catatan
1	Gedung	0,0 – 1,0	3,02	NOK

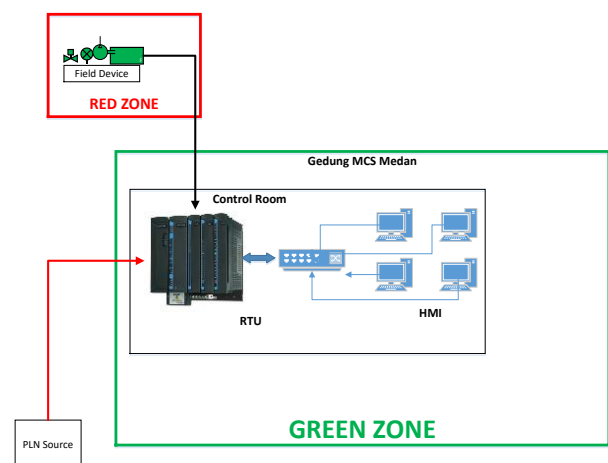
Tabel 7. Pengecekan dan Pengukuran Grounding Connection

No	Area	Pengukuran
1	Busbar building to grounding	Tersambung
2	Busbar instrument to spareart instrumen	Tersambung
3	Ground pit to ground pit	Tersambung

Telah dilakukan pengukuran arus yang dihasilkan oleh sambaran petir di Gedung MCS Medan menggunakan Peak Current Sensor (PCS) Reader. Besar arus yang dihasilkan dari satu sambaran adalah 41 kA.

Kondisi Proteksi Internal

Kondisi proteksi internal terhadap peralatan SCADA di MCS Medan saat ini belum terpasang. Data dari lapangan dan sumber tegangan dari PLN angung masuk ke Rak RTU tanpa melalui arrester dan fuse. Berikut gambaran kondisi skematik kelistrikan dan alur komunikasi data di gedung MCS Medan.

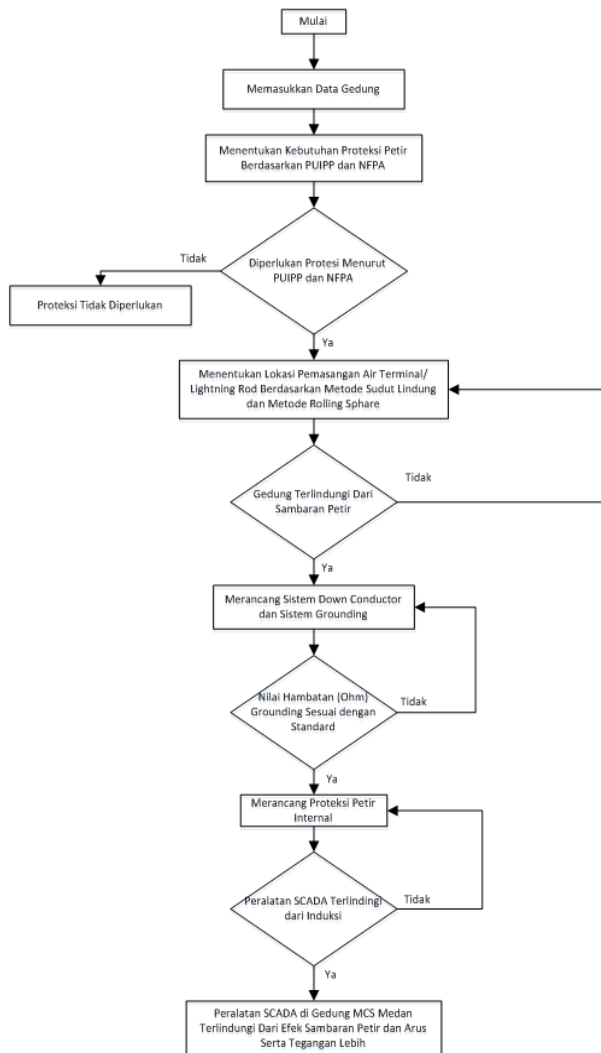


Gambar 2. Alur Kelistrikan dan komunikasi data SCADA.

Diagram Alir Perancangan Proteksi Petir

Secara garis besar, penentuan kebutuhan proteksi petir dan perancangan proteksi petir terhadap

peralatan SCADA di gedung MCS Medan dapat digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Alir Perancangan Proteksi Petir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan perhitungan dan hasil analisa terhadap kebutuhan proteksi petir dan perhitungan sudut lindung untuk menentukan posisi pemasangan dari proteksi petir eksternal berupa *air terminal/lightning rod* serta pemasangan arrester power dan data sebagai proteksi internal terhadap efek sambaran petir berupa induksi.

Kebutuhan Proteksi Gedung

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, maka diperoleh nilai sebagai berikut.

1. Nilai R perhitungan dibandingkan dengan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) maka dapat disimpulkan gedung MCS Medan memiliki perkiraan bahaya sambaran petir Sangat Besar dan Sangat Perlu dilengkapi sistem proteksi petir.

2. Menurut National Fire Protection Association (NFPA) Nilai R yang didapat adalah $R = 4,6$ dibandingkan dengan tabel NFPA maka dapat disimpulkan gedung MCS Medan Sangat Dianjurkan dilengkapi system proteksi petir.

Proteksi Eksternal

Perhitungan Jarak Sambar

Jarak sambar (*striking distance*) adalah jarak antara ujung lidah petir yang bergerak ke bawah (*downward leader*) bertemu dengan petir penghubung yang bergerak ke atas (*connecting leader*). Secara empiris jarak sambar merupakan fungsi dari arus puncak petir, dan sebagian peneliti bahwa jarak sambar juga adalah fungsi tinggi struktur.

Rumus jarak sambar yang penulis gunakan adalah sebagai berikut:

$$r = 6.7 I^{0.80}$$

Keterangan:

r = Jarak sambar (m)

I = ArusPetir (kA)

Jika parameter I dimasukkan sesuai dengan kondisi di gedung MCS dapat dihasilkan nilai r sebagai berikut:

$$r = 6.7 \times 42^{0.8}$$

$$r = 140.81 \text{ m}$$

$$r = 140 \text{ m}$$

Perhitungan Distribusi Arus Puncak

Arus puncak petir yang digunakan dalam menentukan jarak sambar atau sudut lindung ditentukan dari tingkat proteksi yang diinginkan. Untuk keperluan enjinereng diperlukan arus puncak yang didapatkan dari Analisa Resiko. Untuk level IV (sangat diperlukan) statistic yang digunakan adalah 85%. Arus puncak yang ada di gedung MCS sebesar 42 kA dengan statistic maka sistem proteksi melindungi 85% petir dengan arus ≥ 42 kA, sedangkan 15% sisanya (< 42 kA) tidak terproteksi. Statistik lain yang biasanya digunakan adalah 85%, 93%, 95% dan 99%

Perhitungan Luas Area Lindung Menggunakan Metode Sudut Lindung

Dengan menggunakan metode sudut proteksi, dimana tinggi gedung adalah 42 m, maka sudut proteksi berdasarkan table 3.1: SNI 03-7015-2004 Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung adalah sebesar 25° . Jika menggunakan sudut ini diperlukan tambahan penangkap petir pada bagian atap bangunan. Untuk $h < r$ dimana h adalah tinggi struktur dan r adalah jarak sambar didapatkan perhitungan mencari sudut lindung sebagai berikut:

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

$$\alpha^0 = \sin^{-1} \left(1 - \frac{42}{140} \right)$$

$$\alpha^0 = \sin^{-1}(1 - 0.3)$$

$$\alpha^0 = \sin^{-1} 0.7$$

$$\alpha^0 = 44.43^0$$

Sesuai dengan penjelasan bahwa penangkap petir diletakkan pada tepi atap atau bagian yang runcing maka penambahan dapat dilakukan pada ujung atap.

Perhitungan Luas Area Lindung Metode *Rolling Sphere*

Penggunaan metode bola bergulir sangat baik digunakan terutama jika bentuk bangunannya rumit. Metode ini dilakukan dengan cara menggambarkan bangunan dan bola bergulir dengan jari-jari.

Tabel 8. Hasil Analisa Proteksi Eksternal

Perhitungan	Jarak Sambar (meter)	Sudut Lindung	Jari-jari <i>Rolling Sphere</i> (meter)
SNI 03-7-15-2004	45	25 ⁰	45
Amstrong dan Whitehead	140	44.43 ⁰	140

Terdapat perbedaan besaran untuk jarak sambar, sudut lindung dan jari-jari *rolling sphere* antara Standar SNI 03-7-15-2004 dengan rumus perhitungan dari Amstrong dan Whitehead ([Siburian et al., 2019](#)). Ini dikarenakan standar SNI mengacu kepada standar IEC dan IEEE ([Nugroho, 2021](#)) yang berlaku untuk wilayah sub tropis. Sedangkan Indonesia berada pada iklim tropis. Untuk jenis *air terminal/ lightning rod* yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Tipe elektroda: Tembaga Pejal
- Luas Penampang : 20 mm²
- Panjang: 7 Meter
- Terhubung terintegrasi secara ring dengan tembaga satu sama lain dengan kabel BC 50mm
- Jumlah batang: 4 buah

Dipilihnya *air terminal/lightning rod* konvensional dikarenakan dengan tipe ini dinilai sudah cukup melindungi gedung MCS dari sambaran langsung. Dan dinilai dari biaya material lebih murah dibandingkan dengan tipe ESE.

Down Conductor

Penentuan penggunaan kabel yang digunakan untuk *down conductor* berdasarkan perhitungan Induktansi Tower. Perhitungan ini untuk

mengetahui besarnya tegangan induksi (U) yang dihasilkan oleh sambaran petir. Berikut persamaan untuk menghitung tegangan induksi:

$$U = R.i + L di/dt$$

Keterangan:

U= Tegangan Induksi (kV)

R= Nilai resistansi grounding (ohm)

i = Arus petir

L = Induktansi Tower (μH/meter)

di/dt = parameter kecuraman gelombang arus petir

Jika parameter gedung MCS dimasukkan ke dalam persamaan, dapat dihasilkan nilai U sebagai berikut:

$$L = 0.6 \mu H \times \text{tinggi bangunan}$$

$$L = 0.6 \mu H \times 42 \text{ m}$$

$$L = 25.2 \mu H$$

$$U = R.i + L.di/dt$$

$$U = 3.02 \times 42 + 25.2 \times 10$$

$$U = 126.84 + 252$$

$$U = 378.84 \text{ kV}$$

Oleh karena nilai U yang dihasilkan sangat besar yaitu 378.84 kV maka perlu dilakukan pengurangan nilai R dan penggantian material kabel yang memiliki nilai induktansi yang lebih kecil. Penulis menyarankan menggunakan kabel *Ericore* karena mempunyai nilai induktansi kabel yang kecil. Berikut spesifikasi kabel *Ericore*.

Model ERICORE™ E1

$$E1 Z0 = 6.6W$$

$$L = 0,033 \mu H/m$$

$$0.94" (24mm) \text{ outer diameter}$$

$$50mm^2 (\gg \#1/0AWG) \text{ conductor cross sectional area}$$

$$\text{For use on structures up to } 200' (65m)$$

Jika nilai induktansi kabel menggunakan model *ERICORE* dan nilai grounding sudah dilakukan perbaikan sehingga mendapatkan nilai 0.5 Ω maka didapatkan nilai U sebagai berikut:

$$U = R.i + L.di/dt$$

$$U = 0.5 \times 42 + (0.033 \times 42) \times 10$$

$$U = 21 + 13.86$$

$$U = 34.86 \text{ kV}$$

Dapat dilihat nilai tegangan induktansi petir turun menjadi 34.86 kV dari yang semula 378.84 kV. Sehingga dapat disimpulkan dengan mengganti material kabel *down conductor* dapat mengurangi nilai tegangan induktansi petir secara signifikan.

Grounding System

Pembumian adalah menanam satu/beberapa elektroda ke dalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan.

Elektroda pembumian tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi. Sebagai bahan elektroda digunakan tembaga atau baja yang di galvanisasi atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain (misalnya pada perusahaan kimia). Untuk penanaman elektroda di gedung MCS menggunakan 4 elektroda dengan penanaman berada pada tiap sudut dari gedung MCS dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe elektroda: Tembaga Pejal
- Luas Penampang : 20 mm²
- Panjang : 7 Meter
- Kedalaman : 8 Meter
- Terhubung terintegrasi secara ring dengan tembaga satu sama lain dengan kabel BC 50mm
- Jumlah batang : 4 buah

Proteksi Internal

Berdasarkan EN/IEC 62305 tentang Lightning Protection Standard proteksi petir dibagi menjadi 4 Zona.

- LPZ 0_A = Zona yang berpotensi terkena sambaran petir secara langsung.
- LPZ 0_B = Zona yang berpotensi terkena sebagian efek berupa arus dari sambaran petir.
- LPZ 1, LPZ 2, dan LPZ 3 = Zona Level dari proteksi internal yang melindungi peralatan yang ada di dalam gedung.

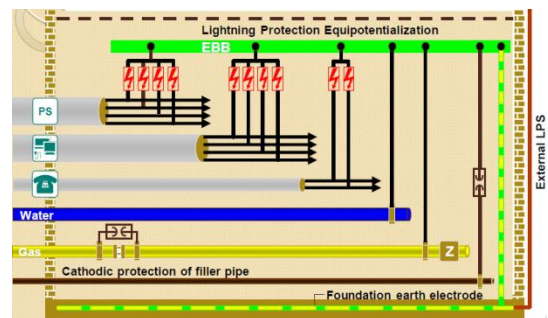
Secara umum, semakin tinggi nomer zona (LPZ 2, LPZ 3, dst) semakin rendah efek elektromagnetik yang dihasilkan dari induksi petir yang mengenai peralatan SCADA.

Spesifikasi Arrester yang dipasang adalah sebagai berikut :

1. Tipe V 25 B+C
 - Max continuous operating voltage : 280 V
 - Weight : 275 gram
 - Art. No : 5094444
 - Bekerjapada grounding sistem TN dan TT
 - Plug-in arrester
2. DPA M CLE RJ45B
 - Max continuous operating voltage: 34 VAC dan 48VDC
 - Voltage protection level: $\leq 600V$
 - Nominal Current: 10 kA
 - Enclosure material: zinc die casting
 - Test Standards : IEC 61643-21/EN 61643-21
 - Berat: 123 gram

3. DEHN BXT ML4 BD 24 with BAS
 - Max continuous operating voltage : 23.3 VAC dan 33VDC
 - Voltage protection level: $\leq 600V$
 - Nominal Current: 10 kA
 - Enclosure material: polyamide PA 6.6
 - Test Standards : IEC 61643-21/EN 61643-21, UL 497B
 - Berat: 38 gram

Untuk desain bonding tiap arrester yang dipasang dapat dilihat pada Gambar 4.11 di bawah ini. Terlihat bahwa semua grounding arrester dari peralatan-peralatan yang ada di dalam gedung MCS digabung menjadi satu yang disebut dengan *Bonding*. Ini dilakukan untuk menghindari perbedaan tegangan antar peralatan saat terjadi arus lebih akibat sambaran petir.



Gambar 4. Rencana Bonding di Gedung MCS.

V. KESIMPULAN

1. Berdasarkan PUIPP dan NFPA, Gedung MCS PT. PGN Medan sangat dianjurkan untuk dilengkapi sistem proteksi petir.
2. Kerusakan yang dapat diakibatkan oleh sambaran petir antara lain kerusakan bangunan gedung, kerusakan peralatan elektronik dan SCADA, serta kondisi tidak aman untuk personil yang ada di dalam gedung MCS.
3. Berdasarkan standar SNI sudut lindung untuk gedung MCS sebesar 25° dan jari-jari *rolling sphere* sebesar 45 meter. Berdasarkan perhitungan nilai sudut lindung untuk gedung MCS sebesar 44.43° dan jari-jari *rolling sphere* sebesar 140 meter. Pemasangan air terminal/finial pada Gedung MCS PT. PGN Medan paling optimal dipasang 4 titik yang berada di tiap sudut gedung. Perbedaan ini diakibatkan oleh perbedaan karakteristik petir antara iklim tropis dan sub tropis.
4. Sistem Proteksi Internal Gedung MCS dibagi menjadi 3 Zona, yaitu LPZ 1, LPZ 2 dan LPZ 3

dengan menggunakan arrester sebagai pelindung induksi petir yang mengakibatkan arus dan tegangan lebih dan melakukan bonding di seluruh arrester peralatan.

5. Dengan adanya sistem proteksi terhadap arus dan tegangan berlebih pada gedung MCS kemungkinan kerusakan peralatan khususnya peralatan SCADA terhadap sambaran petir langsung maupun induksi petir bisa diminimalisir dan dihilangkan.

REFERENSI

- Ahmad, Z. (2017). *Evaluasi Sstem Preteksi Petir Di Central Processing Plant Gundih*. Universitas Gadjah Mada.
- Alvina, P., Wicaksono, H., & Santoso, P. (2019). Sistem Keamanan Bangunan Multi Lokasi Berbasis IoT Menggunakan Siemens LOGO! dan Raspberry Pi. *SinarFe7*, 2(1), 376–381.
- Budiman, A., Sunariyo, S., & Jupriyadi, J. (2021). Sistem Informasi Monitoring dan Pemeliharaan Penggunaan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). *Jurnal Tekno Kompak*, 15(2), 168–179.
- Hakim, Z. (n.d.). Perencanaan Sistem Proteksi Petir Masjid Raya Mujahidin Menggunakan Metode Bola Bergulir (Rolling Sphere Method). *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- Han, C.-H. (2007). International Electrotechnical Commission. *Electric Engineers Magazine*, 29–34.
- Hardi, S., Tarigan, Y., Zulkarnaen, H., & Hasibuan, A. (2019). Influence of Artificial Pollutants on Disc Insulators under Dry and Wet Conditions on Leakage Current and Flashover Voltage. *2019 3rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 174–178.
- Karta, A., Agung, A. I., & Widyartono, M. (2020). Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(3), 773–780.
- Mustofa, I. (2020). *Studi Aanalisis Proteksi Petir Pada STO (Sentral Telepon Otomat) Telekomunikasi Di STO Gombel Semarang*. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Nugroho, S. A. (2021). Investigasi Tegangan Lebih Transien akibat Sambaran Petir pada Gardu Induk 150 kV. *Jurnal Edukasi Elektro*, 5(1).
- Olver, F. W. J., Lozier, D. W., Bousvert, R. F., & Clark, C. W. (2010). NIST (National Institute of Standards and Technology). *The Impact of the FCC's Open Network Architecture on NS/NP Telecommunications Security.* "Special Publication, 800–811.
- Qomariya, N. (2020). *Strategi peningkatan pelayanan publik (studi kasus peningkatan kualitas pelayanan pelanggan rumah tangga untuk meningkatkan kepuasan pelanggan di PT Perusahaan Gas Negara)*. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Sánchez, O. I., Torres, C. A., & Santamar\`ia, F. (2014). Comparison of standards NTC 4552 of 2008 and IEC 62305 of 2010 for risk analysis. *Tecnura*, 18(40), 103–114.
- Siburian, J. M., Jumari, J., & Hutagalung, T. M. (2019). Studi Sistem Penangkal Petir Pada Menara Lampu Perangan Parkir Bandara Kualanamu. *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 8(2), 73–80.
- Vadreas, A. K., Emeraldi, P., & Hazmi, A. (2014). Sistem Informasi Petir (SIP) Dengan Metode Lightning Distribution (LD) di Wilayah Sumatera Barat. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, 3(2), 177–182.
- Zahra, A. (2015). *Laporan Praktik Kerja Lapangan Pada Seksi Persediaan, Dinas Logistik, Departemen Logistik dan Administrasi Umum Di PT Perusahaan Gas Negara (PERSERO) TBK, SBU DW I JAKARTA*.
- Zoro, R. (1999). Karakteristik Petir dan Kondisi Cuaca di Daerah Tropis: Kasus di Gn. tangkuban Perahu Indonesia. *Disertasi Program Doktor, Bandung*.