

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Observasi Menara BTS (*Based Trasciever Station*)

4.1.1.1. Lokasi Menara

Menara BTS terletak di Ciampea, Dramaga Bogor, Jawa – Barat.



Gambar 4.1 – Peta Lokasi Menara BTS Bogor, Jawa – Barat.

4.1.1.2. Letak Menara

Menara BTS site Ciampea, Dramaga Bogor, Jawa – Barat ini dibangun pada tahun 2005 ini berada di kompleks Institut Pertanian Bogor yang bersebelahan dengan rumah-rumah warga dan perkebunan.

4.1.1.3. Kondisi Bangunan dan Menara

Menara BTS Ciampea Dramaga Bogor dibangun oleh PT. INTERPRIMA

INDOCOM selesai dibangun dan diserahkan kepada pemilik proyek pada 5 Maret 2000. Site BTS yang dievaluasi merupakan bangunan tertinggi dari bangunan-bangunan sekitarnya yang terdapat tidak jauh dari areal perumahan. Dengan melihat data fisik bangunan pada gambar dibawah ini dapat diperkirakan bangunan ini rawan tersambar petir yang dapat mengganggu/merusak peralatan komunikasi didalam BTS tersebut.

Tabel 4.1 Tabel Denah BTS

Jenis Bangunan	Panjang (<i>m</i>)	Lebar (<i>m</i>)	Tinggi (<i>m</i>)	Luas (<i>m</i> ²)
Tower	5	5	72	25
Shelter	4	2.7	3	10.8
Total site	18	15	-	270



Gambar 4.2 – Kondisi Menara BTS dan Shelter

4.1.1.4. Kondisi Lingkungan Sekitar Menara

Jalan Ciampea, Dramaga Bogor merupakan daerah pemukiman penduduk yang di sekelilingnya masih banyak terdapat perkebunan dan berada di dataran tinggi tidak jauh dari lokasi menara merupakan kompleks Institut Pertanian Bogor.



Gambar 4.3 – Keadaan Sekitar Menara BTS.

4.1.1.5. Topografi Lingkungan

Menara BTS berada diwilayah Institut Pertanian Bogor (IPB) Dramaga, Bogor, Jawa – Barat.

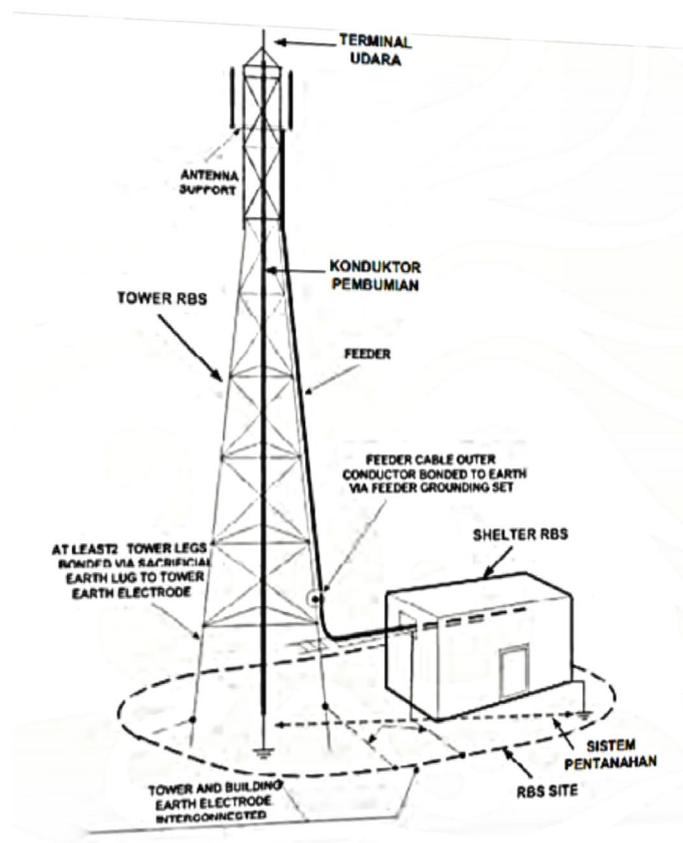
Menara BTS site Ciampea, Dramaga, Bogor memiliki rata – rata suhu pertahun 29° dengan kecepatan angin 20 km/h dan kelembaban 66%.

4.1.2. Detil Kondisi Sistem Proteksi pada Sisi Menara

Keseluruhan instalasi bangunan yang ada dan terpasang pada sisi tower di maksudkan untuk menangkap dan mengalirkan petir ke tanah. Secara umum terdiri dari *air-termination system, down conductor, earth termination system*.

Data *existing* menara :

Tinggi total menara	= 72 m
Tinggi yang tidak meruncing	= 62,5 m
Lebar kaki menara	= 5 m
Lebar pada bagian atas menara	= 1,4 m



Gambar 4.4 – Sistem Proteksi Petir Eksternal pada BTS.

4.1.2.1. Sistem Terminal Udara

Sistem terminal udara merupakan bagian dari sistem proteksi petir eksternal dari instalasi penangkal petir pada sisi tower paling atas yang diharapkan mampu menangkap sambaran petir.

Data *existing* Penangkal Petir :

Jenis logam : Tembaga
Panjang : 2 m
Shielding : Pipa logam galvanese, D = 2 inch



Gambar 4.5 – Terminal Udara Menara BTS Ciampea, Dramaga Bogor.

4.1.2.2. Sistem Konduktor Pembumian

Konduktor pembumian merupakan bagian instalasi penangkal petir yang berfungsi untuk menyalurkan arus petir dari terminal udara ke system pentanahan (*Grounding*). Penempatan suatu sistem proteksi petir dapat dibedakan antara sistem yang terisolasi dan sistem tidak terisolasi.

1. Sistem proteksi terisolasi

Jika terminal udara terdiri dari *rod* dan *fan* tiang yang terpisah, minimum diperlukan 1 buah konduktor untuk tiap tiang. Jika tiang terbuat dari metal atau beton bertulang tidak perlu ditambahkan konruktor pembumian.

2. Sistem proteksi tidak terisolasi

Konduktor pembumian didistribusikan sepanjang keliling ruang yang diproteksi dengan jarak antaranya ada standar tertentu. Konduktor pembumian sebaiknya dihubungkan dengan interval ketinggian 20 m dari permukaan tanah.

Data *existing* konduktor pembumian :

- Tower BTS merupakan sistem proteksi terisolasi
- BC (*Bare Copper*) jenis Alumunium
- Panjang BC70 SQMM = 72 m
- Luas penampang BC = 70 mm



Gambar 4.6 – Konduktor Pembumian Menara BTS Ciampea, Dramaga Bogor.

4.1.2.3. Sistem Pentanahan (*Grounding*)

Fungsi dari Sistem Pentanahan adalah :

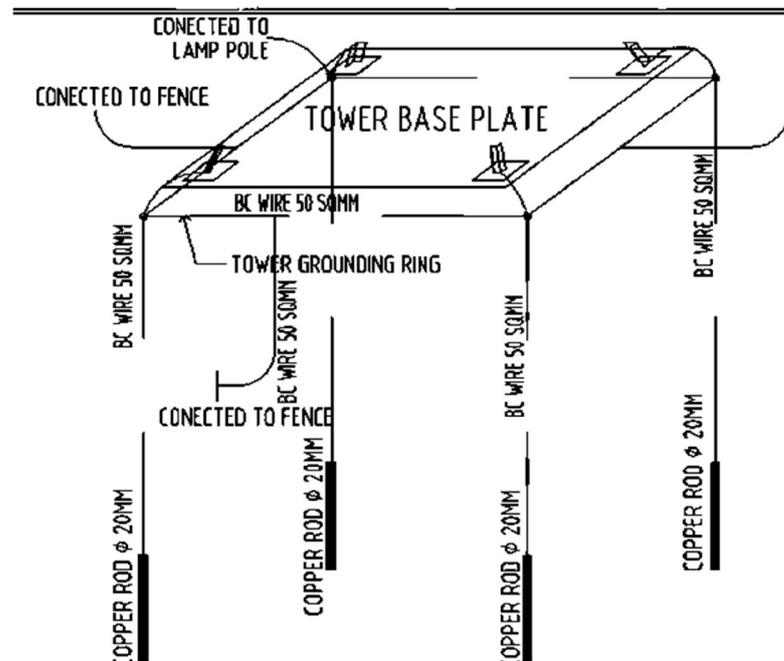
- a. Menyalurkan arus petir ke bumi
- b. Sebagai IPP (Ikatan Penyama Potensial) diantara konduktor penyalur

- c. Mengendalikan potensial pada sekitar daerah konduktif bangunan yang dilindungi
- d. Mencegah arus petir sewaktu menyambar pada permukaan bumi

Adapun dalam pemasangan dan konstruksi dari sistem pembumian disebutkan sebagai berikut :

- a) *Grounding rod* ditanam langsung didalam tanah dengan bagian grounding rod yang tertanam di dalam tanah sepanjang 2x6 meter dan masing – masing titik grouding rod mempunyai tahanan tidak lebih dari 2 Ohm.
- b) *Grounding rod* ditempatkan di dalam bak kontrol yang tertutup. Tutup bak kontrol mudah dibuka dan dilengkapi dengan *handle*.
- c) Bak kontrol, mempunyai fungsi sebagai tempat terminal penyambungan dan tempat pengukuran tahanan pembumian *grounding rod*.
- d) Hantaran pembumian dipasang sempurna dan cukup kuat menahan gangguan mekanis.
- e) Penyambungan bagian – bagian hantaran pembumian yang tertanam di dalam tanah menggunakan sambungan las, sedangkan penyambungan dengan peralatan yang diketanahkan menggunakan mur-baut sesuai dengan gambar perencanaan.
- f) Penyambungan hantaran pembumian dengan *grounding rod* menggunakan mur-baut berukuran M-10 sebanyak 3 titik yang dilakukan didalam bak kontrol.
- g) Ukuran hantaran pembumian sesuai dengan yang tercantum didalam gambar perencanaan.
- h) Sistem pembumian terpisah dari sistem :

- Pembumian jaringan tegangan tinggi
- Pembumian sistem listrik arus lemah



Gambar 4.7 – Susunan Elektroda Pentanahan pada Menara BTS

Data *existing* pembumian menara BTS :

- Batang tembaga dengan luas penampang = 20 mm^2
- Panjang batang tembaga = 7 m
- Plat yang dirancang khusus dengan luas = $0,075 \text{ m}^2$
- Kedalaman = 15 m
- Terhubung terintegrasi secara ring satu dengan yang lain menggunakan kabel BC 50 mm^2
- Jumlah batang tembaga = 6 batang
- Jarak antara bak kontrol tower dan bak kontrol *shelter* $\pm 6 \text{ m}$.

Elektroda pbumian yang digunakan untuk sistem pentanahan pada BTS adalah elektroda jenis plat yang terintegrasi dengan elektroda batang. Bahan dari elektroda pbumian tersebut adalah tembaga. Elektroda pbumian ini dipasang dengan kedalaman 15 meter dibawah bak kontrol denga ukuran 40 x 40 x 40 cm



Gambar 4.8 – Bak Kontrol Menara BTS Ciampea, Dramaga Bogor.

4.2. Pembahasan Penelitian

4.2.1. Taksiran Resiko

4.2.1.1. Penentuan Kebutuhan Menara BTS akan Proteksi Petir Berdasarkan PUIPP

Berdasarkan PUIPP (Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir) di Indonesia suatu bangunan perlu memasang sistem proteksi petir ditentukan berdasarkan indeks yang mewakili lokasi menara tersebut berada.

Tabel 4.2. Hasil Perolehan Indeks Kebutuhan Menara BTS X – Ciampea, Akan Proteksi Petir Berdasarkan PUIPP.

Indeks	Daftar Tabel	Hasil	Nilai
(A) Bahaya berdasarkan penggunaan dan isi bangunan	Tabel 2.5	Bangunan dan isinya jarang dipergunakan, misalnya di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang dari metal.	0
(B) Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan	Tabel 2.6	Seluruh bangunan tersebut dari logam dan mudah menyalurkan listrik	0
(C) Bahaya berdasarkan tinggi bangunan	Tabel 2.7	Tinggi bangunan sampai dengan 100 meter	8
(D) Bahaya berdasarkan situasi bangunan	Tabel 2.8	Di tanah datar pada semua ketinggian	0
(E) Bahaya berdasarkan Pengaruh kilat / hari guruh	Tabel 2.9	Pada wilayah Bogor, Jawa - Barat menurut data BMKG adalah 201.	8

Dari daftar indeks diatas, perkiraan bahaya sambaran petir diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai indeks diatas sesuai dengan rumus, maka diperoleh :

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

$$R = 0 + 0 + 8 + 0 + 8$$

$$R = 16$$

Tabel 4.3 – Perhitungan Penentuan Kebutuhan Menara akan Proteksi Petir Berdasarkan PUIPP.

Indeks	A	B	C	D	E
	0	0	8	0	8
R	16				

Berdasarkan tabel 2.10, nilai R (perkiraan bahaya) yang besar sehingga pengamanan gedung ini **sangat diperlukan**. Instalasi penangkal petir harus dapat melindungi semua bagian dari komponen bangunan termasuk manusia yang ada di dalamnya terhadap bahaya dari kerusakan dan kematian akibat dari sambaran petir.

4.2.1.2. Penentuan Kebutuhan Menara BTS akan Proteksi Petir

Berdasarkan *National Fire Protection Association* atau NFPA 780

Berdasarkan NFPA (*National Fire Protection Association*) 780, penentuan kebutuhan suatu bangunan akan proteksi petir hampir sama seperti penentuan berdasarkan PUIPP, dengan menjumlahkan indeks yang mewakili lokasi menara tersebut berada.

Tabel 4.4. Hasil Perolehan Indeks Kebutuhan Menara BTS X – Ciampea, Akan Proteksi Petir Berdasarkan NFPA 780.

Indeks	Daftar Tabel	Hasil	Nilai
(A) Jenis Struktur	tabel 2.10	Struktur yang ramping dan tinggi misalnya cerobong asap, menara pengawas, dan mercu suar	10
(B) Jenis Konstruksi	tabel 2.11	Kerangka baja jenis Logam yang terhubung secara elektrik	1
(C) Lokasi Bangunan	tabel 2.12	Struktur diperpanjang sampai lebih dari 15,2 m di atas permukaan tanah	10
(D) Topografi	tabel 2.13	Pada sisi bukit	2
(E) Penggunaan isi bangunan	tabel 2.14	Peralatan atau barang berharga	7
(F) <i>Isocraunic Level</i>	tabel 2.15	berdasarkan Hari guruh per tahun untuk wilayah Bogor menurut data BMKG adalah 201, atau lebih dari 70.	1

Dari daftar indeks diatas, perkiraan bahaya sambaran petir diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai indeks diatas sesuai dengan rumus, maka diperoleh :

$$R = \frac{A+B+C+D+E}{F}$$

$$R = \frac{10+1+10+2+7}{1}$$

$$R = 30$$

Tabel 4.5 – Perhitungan Penentuan Kebutuhan Menara akan Proteksi Petir Berdasarkan NFPA 780

Indeks	A	B	C	D	E	F
	10	1	10	2	7	1
R	30					

Berdasarkan tabel 2.17, nilai R (perkiraan bahaya) yang sangat besar sehingga pengamanan gedung ini **sangat diperlukan**. Guna melindungi semua bagian dari bangunan termasuk manusia yang ada di dalamnya terhadap bahaya dari kerusakan dan kematian akibat dari sambaran petir.

4.2.1.3. Penentuan Kebutuhan Menara BTS X – Ciampea, Dramaga akan Proteksi Petir Berdasarkan IEC 1024–1–1

Penentuan kebutuhan gedung akan proteksi petir berdasarkan IEC 1024–1–1 dengan cara menghitung menggunakan data hari guruh, data ukuran bangunan, area proteksi, frekuensi sambaran langsung setempat (N_d), dan frekuensi sambaran tahunan (N_c) yang diperbolehkan pada struktur, dengan terlebih dahulu menghitung kerapatan sambaran ke tanah (N_g).

Kerapatan sambaran ke tanah (N_g) dipengaruhi oleh hari guruh rata – rata per tahun (T_d) di daerah tempat berdirinya menara tersebut. Menara BTS X – Ciampea, Dramaga Bogor, memiliki hari guruh rata – rata per tahun sebesar 201 menurut data BMKG.

Maka :

1. Kerapatan sambaran petir ke tanah (Ng) adalah :

$$Ng = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T_d^{1,26}$$

$$Ng = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 201^{1,26}$$

$$Ng = \mathbf{31,92}$$
 sambaran per km² per tahun

Tabel 4.6 – Perhitungan Kerapatan Sambaran Petir Ke Tanah

Indeks	$T_d^{1,26}$
	$201^{1,26}$
Ng	31,92

2. Jumlah rata – rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun (Nd)

adalah :

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

$$Ae = (5 \cdot 5) + 6 \cdot 72 (10) + 9 \cdot 3,14 \times 72^2$$

$$Ae = 25 + 4320 + 146.499,84$$

$$Ae = \mathbf{150.844,84 \text{ m}^2}$$

Tabel 4.7 – Perhitungan Luas Daerah Perlindungan Efektif Pada Menara

Indeks	A	b	H
	5	5	72
Ae	150.844,84		

$$\text{Maka } Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6}$$

$$Nd = 31,92 \cdot 150844,84 \cdot 10^{-6}$$

$$Nd = \mathbf{4,8}$$
 sambaran petir per tahun

Tabel 4.8 – Jumlah Rata-rata Frekuensi Sambaran Petir Langsung Per Tahun

Indeks	Ng	Ae
	31,92	150.844,84
Nd	4,8	

Frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan atau N_c merupakan sebuah ketentuan dengan besaran 10^{-1} per tahun. Pada perhitungan diatas didapatkan $N_d > N_c$ hingga dapat ditentukan efisiensi sistem proteksi petir :

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

$$E = 1 - \frac{0,1}{4,8}$$

$$E = 0,98$$

Tabel 4.9 – Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Indeks	N_c	N_d
	0,1	4,9
E	0,98	

Berdasarkan tabel 2.18, maka didapat bahwa Menara BTS X *site* Ciampea, Dramaga Bogor memiliki Tingkat Proteksi I.

4.2.2. Perhitungan Daerah Proteksi Sistem Penangkal Petir pada Menara

Menara BTS *site* Ciampea, Dramaga Bogor memiliki tingkat proteksi I dengan ketinggian menara 72 meter. Setelah menentukan tingkat proteksi petir, kemudian

kita akan menghitung dan menganalisa luas daerah proteksi atau zona proteksi untuk penyalur petir yang telah terpasang sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah daerah tersebut telah terproteksi dengan baik atau tidak.

Metode yang digunakan untuk menganalisis daerah proteksi di daerah tersebut adalah dengan menggunakan metode bola bergulir dan melakukan perbandingan dengan metode sudut proteksi.

4.2.2.1. Metode Sudut Proteksi

Dalam metode sudut proteksi ini, terminasi udara dipasang pada setiap bagian dari struktur bangunan yang dilindungi yang tidak tercakup pada daerah proteksi yang dibentuk. Nilai sudut yang terbentuk sebagai daerah proteksi adalah bergantung dari ketinggian terminasi udara dari daerah yang diproteksi.

Untuk metode sudut proteksi, radius proteksi sudah kita dapatkan dari tabel 2.19, yaitu untuk tingkat proteksi berada pada level I dengan radius proteksinya sebesar 20 m. dan untuk Luas Daerah Proteksi (A_x) dapat kita cari dengan persamaan:

$$A_x = \pi \times r_s^2$$

$$A_x = 3,14 \times 20^2$$

$$A_x = 1256 \text{ m}^2$$

4.2.2.2. Metode Bola Bergulir

Metode yang digunakan untuk menganalisis daerah proteksi di daerah tersebut adalah dengan menggunakan metode bola bergulir dan melakukan perbandingan dengan metode sudut proteksi.

Untuk metode bola bergulir, radius proteksi sudah kita dapatkan dari tabel 2.19, yaitu untuk tingkat proteksi berada pada level I dengan radius proteksinya sebesar 20 m. dan untuk arus puncaknya (I) dapat kita cari dengan persamaan:

$$R (m) = I^{0,75}$$

Maka,

$$I = \sqrt[0,75]{R}$$

$$I = \sqrt[0,75]{20}$$

$$I = 54,28 \text{ kA}$$

Ini berarti terminasi udara tersebut dapat menangkap petir dengan arus puncak minimal 54,28 kA. Bila petir dengan arus dibawah nilai 54,28 kA tersebut maka menara masih dapat bertahan namun jika nilai arus petir diatas atau melebihi 54,28 kA akan ditangkap oleh terminasi udara.

Jarak sambar (d_s) petir terhadap bangunan dapat dihitung dari persamaan E.R Love yang banyak digunakan oleh para insinyur transmisi dan distribusi tenaga listrik, yaitu sebagai berikut :

$$d_s (m) = 10 \cdot I^{0,65}$$

Dengan menggunakan asumsi hasil perhitungan parameter arus petir untuk lokasi Dramaga, Bogor dimana harga arus puncak petir (I) minimal sebesar 54,28 kA untuk proteksi level I. maka :

diperoleh jarak sambar (d_s) :

$$d_s (m) = 10 \cdot (54,28)^{0,65}$$

$$d_s (m) = 134,126 \text{ m}$$

Pada menara telekomunikasi Dramaga Bogor (BTS X) secara teoritis shelter masih aman dari bahaya sambaran langsung petir. Dengan jarak bangunan

(*Shelter*) yang berjarak 8,5 meter dari titik tengah menara dan tinggi menara 72 meter serta panjang batang finial menara 2 meter, maka dapat dicari sudut perlindungan penangkal petir menara terhadap gedung (*Shelter*) menggunakan persamaan sudut lindung untuk $h < d_s$. panjang radius proteksi bola bergulirnya adalah :

$$R = \sqrt{h_1(2d_s - h_1)}$$

$$R = \sqrt{74(2.134,126 - 74)}$$

$$R = 119,9 \text{ m}$$

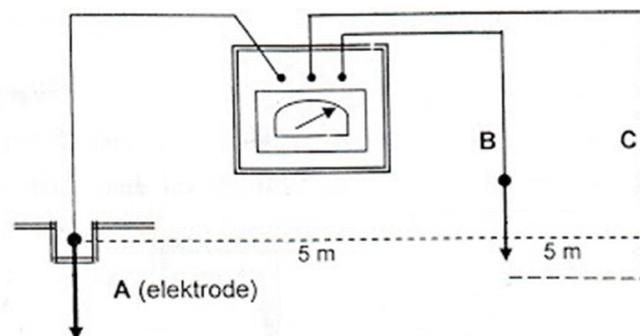
Dengan begitu luas radius perlindungan menara telekomunikasi yang dilengkapi terminal udara adalah :

$$A = \pi R^2$$

$$A = 45.140,67 \text{ m}^2$$

4.2.2.3. Tahanan Pentanahan

Grounding system yang terukur sudah sangat baik, hanya sebesar < 1 ohm. Sedangkan ketentuan umum pada PUIL 2000 Pasal 3.13.2.10 untuk total seluruh sistem tahanan pembumian tidak boleh lebih dari 5 ohm, dan berdasarkan Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS) tidak boleh lebih dari 2 ohm.



Gambar 4.9 – Rangkaian Pengukuran *Grounding* pada BTS X

Adapun hasil pengukuran *grounding* BTS X – Ciampea Dramaga Bogor adalah sebagai berikut :

1. Grounding bus bar feeder : 0,28 Ohm.
2. Grounding kaki tower : 0,24 – 0,52 – 0,91 – 1,13 Ohm
3. Grounding bak kontrol : 0,38 Ohm.



Gambar 4.10 – Pengukuran Pentanahan Pada Kaki Tower A



Gambar 4.11 – Pengukuran Pentanahan Pada Kaki Tower B



Gambar 4.12 – Pengukuran Pentanahan Pada Kaki Tower C



Gambar 4.13 – Pengukuran Pentanahan Pada Kaki Tower D



Gambar 4.14 – Pengukuran Pentanahan Pada *Busbar Feeder*

Menara BTS X yang terletak di Ciampea, Dramaga Bogor ini memiliki tanah jenis rawa yang memiliki tahanan tanah sebesar 30 ohm-meter. Sistem pembumian pada menara ini dengan menggunakan satu batang elektroda yang ditanam tegak lurus dengan permukaan tanah.

Perhitungan tahanan pembumian:

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \times \ln \left(\frac{4l^2}{dh} - Q \right)$$

$$R = \frac{30}{4 \times 3,14 \times (15+7)} \times \ln \left(\frac{4 \times (15+7)^2}{0,020 \times 15} - 1 \right)$$

$$R = \frac{30}{276,32} \times \ln \left(\frac{1936}{0,3} - 1 \right)$$

$$R = 0,10 \times \ln (6452,3)$$

$$R = 0,87 \text{ ohm}$$

Tabel 4.10 – Perhitungan Tahanan Tanah

Indeks	ρ	Π	L	D	h	Q
	30	3.14	15+7=22	0.020	15	1
R	0,87 ohm					

Jika ditinjau dari data pengukuran ternyata hasilnya tidak jauh berbeda dengan perhitungan, dimana tahanan pentanahan menara BTS X – Ciampea Dramaga Bogor ini memiliki nilai dibawah standar yang telah ditetapkan tidak lebih dari 2 ohm. Dalam hal ini, kedalaman elektroda mempengaruhi besarnya tahanan pbumian. Kemudian ketepatan alat ukur dan sifat tanah juga ikut andil saat dilakukannya pengukuran.