

EVALUASI SISTEM PENANGKAL PETIR DI GEDUNG INSTALASI RADIOMETALURGI

Asep Fathudin, Saud Maruli Tua, Haris Gunawan
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

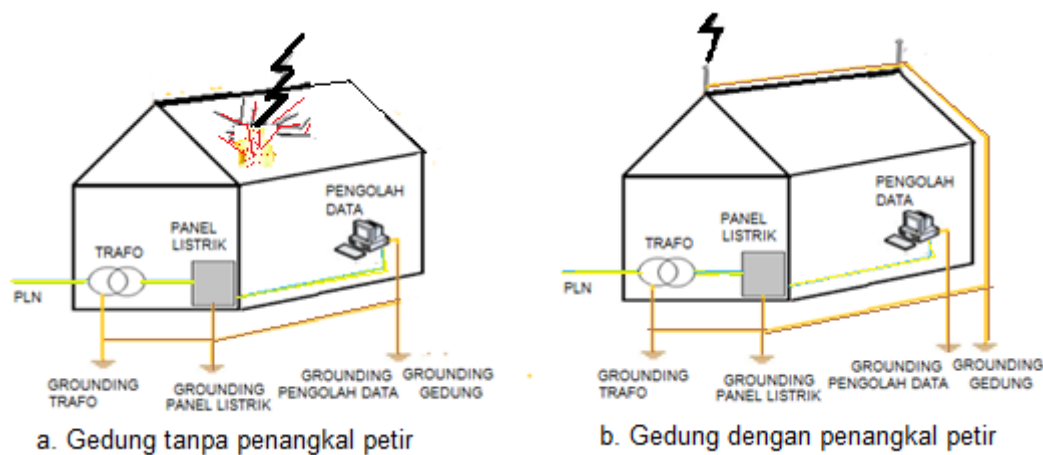
ABSTRAK

Gedung Instalasi Radiometalurgi merupakan laboratorium penelitian yang dibangun bertingkat sehingga perlu dilindungi dari bahaya sambaran petir yaitu dengan memasang penangkal petir. Jaringan penangkal petir yang baik memiliki peralatan dan perlengkapan yang baik dan resistansi pentanahan atau tahanan pentanahan kurang dari 5 Ohm. Untuk mengetahui jaringan tahanan pentanahan dan sistem penangkal petir di Gedung Instalasi Radiometalurgi (IRM) maka dilakukan evaluasi terhadap unjuk kerjanya dengan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan topik masalah petir dan pentanahan, mengumpulkan data terkait *layout* instalasi penangkal petir IRM, pemeriksaan peralatan proteksi eksternal yang terpasang dan pengukuran tahanan pentanahan dengan *Grounding Testermeter*. Data yang diperoleh ditata dan dilakukan perhitungan kemudian dianalisa dan hasilnya dibandingkan dengan standar yang berlaku. Tingkat perlindungan sistem proteksi sambaran petir di IRM, bangunan atau instalasi yang tidak menyebabkan bahaya ikutan yang tidak terkendali seperti pusat instalasi nuklir sehingga cukup instalasinya bersifat konvensional yang dilengkapi dengan 47 Finial, 19 penghantar turun dan 19 pentanahan. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan nilai tahanan pentanahan di IRM sebesar 1,7 sampai dengan 2,6 Ohm. Nilai tersebut memenuhi persyaratan standar instalasi penangkal petir yaitu lebih kecil dari 5 Ohm, sehingga instalasi penangkal petir di IRM masih dapat berfungsi dengan baik.

Kata kunci : Gedung bertingkat, sambaran petir, penangkal petir, pentanahan

PENDAHULUAN

Ketentuan tentang proteksi petir diantaranya diatur pada Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Gedung Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan laboratorium penelitian yang dibangun bertingkat sehingga berpotensi terkena sambaran petir. Agar terlindungi dari bahaya sambaran petir maka dipasang instalasi proteksi petir yang selanjutnya disebut dengan penangkal petir. Sambaran petir pada gedung IRM dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan termis berupa kebakaran maupun kerusakan mekanik seperti struktur bangunan retak, rusaknya peralatan elektronik bahkan dapat menyebabkan kematian personil yang ada di dalamnya. Dampak dari sambaran petir terhadap bangunan yang menggunakan penangkal petir dengan yang tidak menggunakan penangkal petir dapat diilustrasikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Ilustrasi sambaran petir terhadap bangunan

Penangkal petir yang baik mempunyai tahanan pentanahan yang dibuat sekecil mungkin agar bila terjadi petir arus dapat mengalir ke dalam tanah secara cepat dan netral sehingga tidak merusak benda-benda yang dilewatinya. Untuk memberikan tingkat perlindungan yang lebih baik, besarnya tahanan pentanahan ditentukan berdasarkan pada fungsi dari gedung tersebut. Sebagai contoh untuk keamanan melindungi fisik gedung tahanan pentanahan $< 5 \Omega$, sedangkan untuk barang-barang elektronik yang berada di dalam gedung, tahanan pentanahan diupayakan $< 2 \Omega$. Agar suatu sistem *grounding* atau pentanahan (pembumian) baik, maka kabel penghantar yang ditanamkan harus terhubung ke bumi. Untuk mengetahui apakah sistem *grounding* atau pentanahan sudah benar terhubung ke bumi, maka kita harus melakukan pengukuran terhadap sistem *grounding* menggunakan alat ukur *grounding* atau *Grounding Tester*

Evaluasi terhadap sistem penangkal petir di IRM dilakukan dengan memantau kondisi jaringan dan mengukur nilai tahanan pentanahan yang dikombinasikan dengan studi terhadap literatur yang terkait. Penilaian terhadap unjuk kerja dilakukan dengan studi literatur, dokumen *layout* instalasi penangkal petir IRM, pemeriksaan kondisi peralatan proteksi eksternal yang terpasang, pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan *Grounding Tester* atau *Earth Testermeter* merek Kyoritsu dengan model 4102A. Data yang diperoleh dianalisa kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar yang berlaku.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem penangkal petir meliputi penangkal petir eksternal dan penangkal petir internal. Penangkal petir dibuat dan mempunyai tahanan pentanahan/pembumian yang

sekecil mungkin. Tujuannya adalah agar bila terjadi petir, arus dapat mengalir ke dalam tanah secara cepat dan netral. Jika nilai resistansi pembumian terlalu besar akan berdampak negatif yaitu dapat merusak benda-benda yang dilewatinya. Jadi instalasi penangkal petir harus berfungsi sempurna dan harus mempunyai nilai hambatan sekecil mungkin.

Tahanan sebaran pembumian maksimal $<5 \Omega$. Namun untuk memberikan tingkat perlindungan yang lebih baik, besarnya tahanan pentanahan juga ditentukan berdasarkan pada fungsi dari gedung tersebut, misalnya untuk keamanan melindungi barang-barang elektronik yang berada di dalam gedung, tahanan pentanahan $<2 \Omega$ dan bila di lebih kecil lebih baik. Besar nilai tahanan suatu elektroda dari sistem pembumian dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah dan kandungan air. Untuk mengurangi penurunan tahanan pentanahan akibat pengaruh musim, khususnya di negara kita yang beriklim tropis maka pemasangan elektroda pembumian dilakukan hingga mencapai kedalaman dimana terdapat sumber air tanah. Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah dan akan mempengaruhi nilai tahanan pembumian. Apabila kandungan air cukup besar maka tahanan jenis tanah akan kecil. Sistem *grounding*, pentanahan (pembumian) yang baik antara lain kabel penghantar yang ditanam harus benar terhubung ke bumi/tanah. Untuk mengetahui apakah sistem *grounding* atau pentanahan yang terpasang sudah benar terhubung ke bumi/tanah dengan baik, maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan *Grounding Tester* atau *Earth Testermeter*.

Sistem Proteksi Petir Konvensional

Sistem proteksi petir konvensional memiliki tiga bagian utama yaitu batang penangkal petir, kabel konduktor, serta tempat pembumian. Batang penangkal petir atau yang lebih sering disebut *Air Termination* atau *Finial* adalah perangkat utama yang akan melakukan kontak langsung terhadap sambaran petir di udara. Oleh sebab itu ujung *finial* sebagai ujung tombak penangkap muatan dan di tempatkan paling tertinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



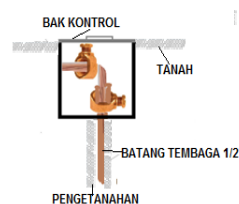
Gambar 2. Air termination

Down Conductors/penghantar turun yaitu penghubung antara ujung penangkal dengan pengetanahan. Secara umum penghantar turun ini dipakai kawat konduktor jenis *Bare Copper* (kabel telanjang) BC-50 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kawat BC-50 mm²

Sistem pembumian (*grounding*) merupakan bagian ke tiga dari sistem proteksi petir eksternal yang tujuannya adalah untuk membuang arus petir ke tanah tanpa membahayakan orang atau kerusakan instalasi di dalam struktur yang harus dilindungi. Besar tahanan pembumian tergantung oleh jenis tanah dan kedalaman elektroda pembumian di tanam. Semakin dalam elektroda ditanam maka tahanan pembumian semakin kecil.



Gambar 4. Pentanahan

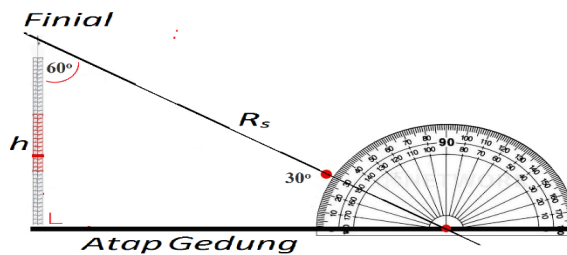
Aksesoris Instalasi Penangkal Petir

Aksesoris yang digunakan pada instalasi penangkal petir konvensional diantaranya konektor. Konektor sebagai alat penyambung penghantar antara jaringan final, *down conductors* dan jalur turun dengan batang pentanahan. Gambar konektor ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah.



Gambar 5. Konektor

Suatu instalasi penangkal petir yang telah terpasang harus dapat melindungi semua bagian dari struktur bangunan dan arealnya, termasuk manusia serta peralatan yang ada di dalamnya terhadap ancaman bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Areal perlindungan sambaran petir dari struktur bangunan dapat diketahui dengan menggunakan metode sudut proteksi 60° seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Dimana : h = tinggi finial
 r_s = bidang yang di proteksi

Gambar 6. Daerah Perlindungan Penangkal Petir

Perhitungan Tahanan Pentanahan

Data yang telah diperoleh dari hasil pengukuran disusun dan dilakukan perhitungan tahanan pentanahannya menggunakan rumus 1.

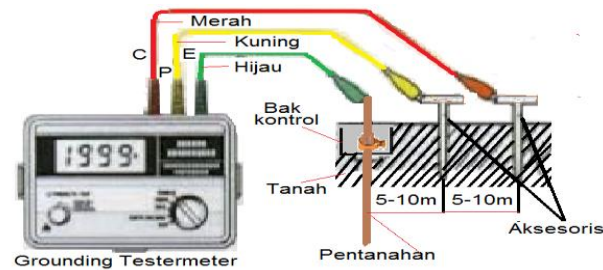
$$R_{rerata} = \frac{R1+R2+R3}{Rn} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk menghitung nilai total tahanan pentanahannya menggunakan rumus 2.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \dots\dots\dots (2)$$

METODOLOGI

Pengumpulan data yang diperlukan diperoleh data layout IRM, pemeriksaan peralatan yang terpasang, pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan alat *grounding tester* seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Cara pengukuran tahanan pentanahan

Data-data yang telah diperoleh disusun dan dilakukan perhitungan kemudian dianalisa dan hasilnya dibandingkan dengan standar yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan *layout* instalasi penangkal petir dan pemeriksaan di lapangan, penangkal petir di IRM merupakan instalasi penangkal petir konvensional karena penggunaan peralatannya sederhana tidak menggunakan perangkat elektronik dan cukup dilengkapi tiga bagian utama yaitu batang penangkal petir, kabel penghantar turun dan tempat pembedaan. Tingkat perlindungan sistem proteksi sambaran petir di IRM dikelompokkan dalam tingkat perlindungan untuk bangunan atau instalasi yang tidak menyebabkan bahaya ikutan yang tidak terkendali seperti akibat ledakan nuklir.

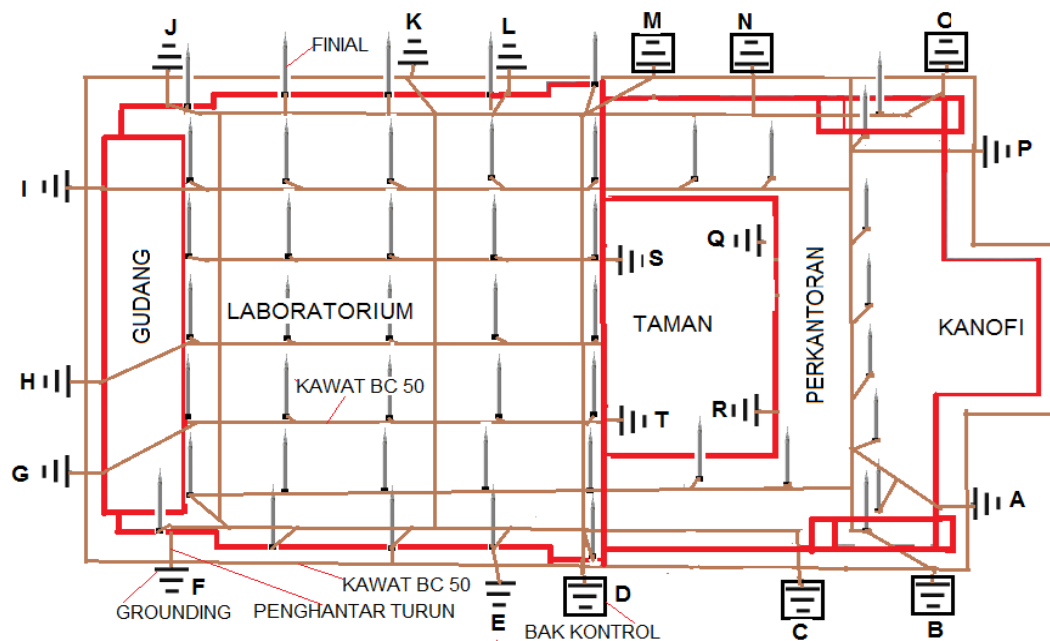
Pada Gambar 8 menunjukkan perangkat dari instalasi penangkal petir di IRM (sejak diresmikan akhir tahun 1990). Sudah tentu pada peralatan tersebut terjadi penuaan dan perubahan diantaranya korosi, karena sebagian besar peralatan penangkal petir terbuat dari logam. Berdasarkan evaluasi dapat diketahui beberapa perangkat penangkal petir yang perlu perawatan rutin dan penggantian seperti ditunjukkan pada Gambar 8, sebagai berikut:

1. Gambar A dan B, penangkal petir di perkantoran lantai-1 yang dilengkapi dengan 12 finial.
2. Gambar C gambaran finial yang korosi memerlukan perawatan rutin.
3. Gambar D menunjukkan finial yang rubuh akibat korosi.
4. Gambar E menunjukkan finial di gedung laboratorium lantai 2 yang dilengkapi dengan 35 finial.
5. Gambar F,G dan H menunjukkan konektor yang harus diganti karena korosi. Pada Gambar G, lubang tiang finial tempat hantaran konduktor tertutup rapat oleh aspal sehingga tidak masuk air dan bertahan terhadap korosi sedangkan pada lubang tiang finial pada Gambar H hantaran konduktor terbuka yang memungkinkan air

dapat masuk sehingga terjadi korosi. Konektor yang korosif mengurangi daya hantar konduktor sehingga perlu dilakukan penggantian.



Gambar 8. Gambar beberapa peralatan penangkal petir IRM

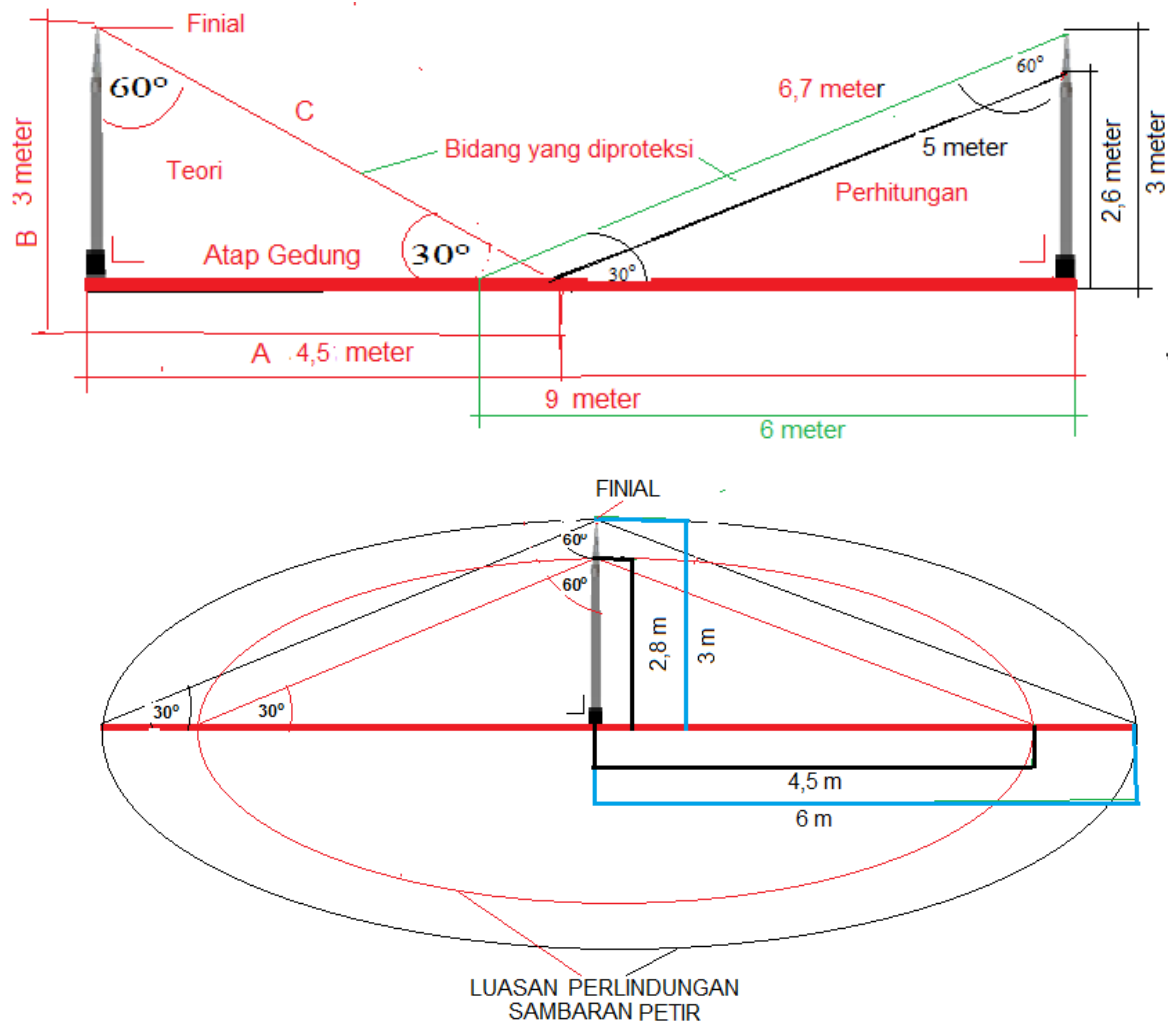


Gambar 9. Layout instalasi penangkal petir IRM

Tabel 1. Data Layout peralatan penangkal petir IRM

No	Nama Peralatan	Jumlah	Keterangan
1	<i>Air Termination</i> atau <i>Finial</i>	47 Buah	Tinggi 3 m
2	<i>Dow Conductors</i> / BC	19 Line	BC 50 mm ²
3	Pentanahan/ <i>grounding</i>	19 Buah	6 Bak kontrol dan 13 pentanahan langsung
4	Konektor	107 buah	Tembaga dan besi

Areal dan luasan perlindungan sambaran petir setiap finial di IRM, dapat diketahui dengan menghitung menggunakan metode sudut proteksi. Pada metode ini, daerah yang akan diproteksi adalah daerah yang berada dalam sudut 60° . Berdasarkan data *layout* dan pemeriksaan di lapangan diperoleh data tinggi finial 3 meter dan jarak antara finial 9 meter.



Gambar.10 Deskripsi luasan perlindungan sambaran petir

Berdasarkan data pada Gambar 9, panjang jarak antara finial adalah 9 meter maka perlindungan sambaran petir setiap finial dibagi dua. Jadi dengan diketahui jarak antara finial dapat menghitung tinggi finial yang dibutuhkan. Untuk menghitung tinggi finial yang dapat memenuhi perlindungan sambaran petir dengan metode sudut 60° dapat menggunakan persamaan di bawah.

$$\tan 30 = B : A$$

$$\tan 30 = B : 4,5 \text{ meter}$$

$$\tan 30 \times 4,5 = B$$

$$\tan 30 \text{ adalah } 0,577$$

$$\text{Jadi } 0,577 \times 4,5 \text{ meter} = \mathbf{2,6 \text{ meter}}$$

Hasil perhitungan tersebut dengan mengasumsikan metode sudut proteksi 60° . Jadi tinggi finial berdasarkan hitungan ini finial yang terpasang cukup 2,6 meter, sudah dapat melindungi luasan perlindungan sambaran petir radius 4,5 meter. Sedangkan berdasarkan *layout* dan pengukuran di lapangan diperoleh data tinggi finial 3 meter. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung luasan perlindungan sambaran petir pada instalasi penangkal petir yang terpasang di IRM.

$$60^\circ/30^\circ = \text{Bidang datar/bidang tegak}$$

$$\text{Bidang datar} = (60 \times 3) : 30$$

$$= \mathbf{6 \text{ meter.}}$$

Jadi dengan tinggi finial 3 meter perlindungan sambaran petirnya menjadi 6 meter. Semakin tinggi finial semakin jauh radius perlindungan sambaran petirnya. Hasil perhitungan tinggi finial tersebut menunjukkan sistem perlindungan petir di IRM memenuhi persyaratan atau standar.

Instalasi penangkal petir konvensional terdiri 3 alat utama yaitu Finial, penghantar turun dan pembumian. Teknis pemasangan finial dan penghantar turun dipasang secara seri dan paralel sedangkan untuk pentanahan dipasang secara paralel antara pentanahan satu dengan yang lainnya dan dijadikan rangkaian tertutup.

Untuk mengetahui adanya pengaruh tahanan pentanahan akibat musim maka dilakukan dua kali pengukuran yaitu pengukuran di bulan Maret 2017 kondisi curah hujan seminggu rerata dua kali sedangkan bulan Oktober 2017 sebulan hanya 3 kali. Data pengukuran tahanan pentanahan diperoleh dengan metode pengukuran tiga titik menggunakan alat Mega Ohm Meter Kyoritsu model 4102A seperti ditunjukkan Gambar 7. Cara pengukuran tahanan pentanahan. Data yang telah diperoleh disusun dan dilakukan perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 sampai dengan 5 di bawah. Pada tabel 2 ditunjukkan 3 kali hasil pengukuran tiap titik pentanahan kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai sesungguhnya besaran pentanahan dari titik yang diukur untuk mendapatkan hasil yang kemudian dianalisa kemudian hasilnya dibandingkan dengan setandar yang berlaku.

Tabel 2. Data pengukuran 26 Maret 2017

No Bak Kontrol/ Pentanahan	Rerata Nilai Pengukuran (Ω)	Keterangan
B	2.000	Bak kontrol
	2.300	
	1.800	

Untuk mendapat nilai rerata dari setiap pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 2 dapat menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$R_{rerata} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_n}$$

$$R_{\text{Rerata tiap pengukuran pentanahan}} = \frac{2.0+2.3+1.8}{3} = 2.033 \sim 2.000 \Omega$$

Berdasarkan hasil perhitungan rerata tersebut kemudian dengan cara perhitungan yang sama setiap kali hasil pengukuran, dikelompokan dan dituliskan pada Tabel seperti yang ditunjukkan Tabel 1 dan 2 di bawah.

Tabel 3. Data pengukuran Maret 2017

No Bak Kontrol/ Pentanahan	Rerata Nilai Pengukuran	Keterangan	No Bak Kontrol/ Pentanahan	Rerata Nilai Pengukuran	Keterangan
A	2.000	Terminal	K	1.800	Terminal
B	1.400	Bak kontrol	L	1.700	Terminal
C	1.900	Bak kontrol	M	1.900	Bak kontrol
D	2.600	Bak kontrol	N	2.600	Bak kontrol
E	1.700	Terminal	O	1.800	Bak kontrol
F	2.300	Terminal	P	2.100	Terminal
G	1.900	Terminal	Q	2.400	Terminal
H	2.300	Terminal	R	1.900	Terminal
I	1.700	Terminal	S	1.300	Terminal
J	1.700	Terminal	T	2.100	Terminal

Tabel 4. Data pengukuran Oktober 2017

No Bak Kontrol/ Pentanahan	Rerata Nilai Pengukuran	Keterangan	No Bak Kontrol/ Pentanahan	Rerata Nilai Pengukuran	Keterangan
A	3.200	Terminal	K	2.400	Terminal
B	2.300	Bak kontrol	L	2.100	Terminal
C	2.700	Bak kontrol	M	2.600	Bak kontrol
D	3.200	Bak kontrol	N	3.400	Bak kontrol
E	2.400	Terminal	O	2.700	Bak kontrol
F	2.400	Terminal	P	3.300	Bak kontrol
G	2.600	Terminal	Q	3.200	Terminal
H	3.230	Terminal	R	2.700	Terminal
I	2.600	Terminal	S	2.200	Terminal
J	2.100	Terminal	T	2.300	Terminal

Setelah diperoleh data hasil pengukuran dari masing-masing titik pentanahan maka untuk mengetahui besarnya pentanahan total, dapat dilakukan perhitungan data pada tabel 3 dan 4 menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

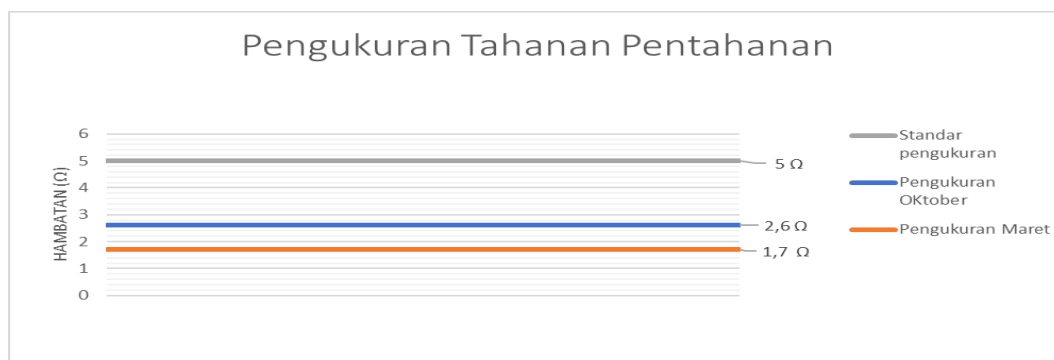
$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D} + \frac{1}{E} + \frac{1}{F} + \frac{1}{G} + \frac{1}{H} + \frac{1}{I} + \frac{1}{J} + \frac{1}{K} + \frac{1}{L} + \frac{1}{M} + \frac{1}{N} + \frac{1}{O} + \frac{1}{P} + \frac{1}{Q} + \frac{1}{S} + \frac{1}{T} + \frac{1}{O}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{2.0} + \frac{1}{1.4} + \frac{1}{1.9} + \frac{1}{2.6} + \frac{1}{1.7} + \frac{1}{2.3} + \frac{1}{1.9} + \frac{1}{1.7} + \frac{1}{1.7} + \frac{1}{2.3} + \frac{1}{1.8} + \frac{1}{1.7} + \frac{1}{1.9} + \frac{1}{2.6} + \frac{1}{1.8} + \frac{1}{2.1} + \frac{1}{2.4} + \frac{1}{1.9} + \frac{1}{1.3} + \frac{1}{2.1} = 1,7 \Omega$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk menentukan resistansi pentanahan hasil pengukuran bulan Oktober 2017 ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 5. Rerata hasil pengukuran dan perhitungan resistansi pentanahan

No.	Waktu Pemeriksaan	Rerata Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan IRM (Ω)	Persyaratan Standart
1	Maret 2017	1.7	< 5 Ω
2	Oktober 2017	2.6	



Gambar 11. Pengukuran tahanan pentanahan IRM

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 10 rerata hasil pengukuran dan perhitungan besar nilai tahanan sistem pembumian bulan Maret dan bulan Oktober berbeda. Perbedaan data hasil pengukuran tersebut dipengaruhi oleh curah hujan yang mempengaruhi tahanan jenis tanah dan kandungan air. Bulan Maret curah hujan rerata seminggu dua kali sedangkan bulan Oktober hanya dua kali dalam sebulan. Curah hujan yang banyak mempengaruhi tanah menjadi lembab dan kandungan air cukup besar sehingga tahanan jenis tanah akan kecil dan tahanan pentanahan menjadi kecil

KESIMPULAN

Setelah melakukan evaluasi sistem penangkal petir di Gedung Instalasi Radiometalurgi dan menganalisa data-data yang ada, maka dapat disimpulkan:

Tingkat perlindungan sistem proteksi sambaran petir di IRM dikelompokkan dalam tingkat perlindungan untuk bangunan atau instalasi yang tidak menyebabkan bahaya ikutan yang tidak terkendali seperti pusat instalasi nuklir sehingga cukup instalasinya bersifat konvensional yang dilengkapi dengan 47 Finial, 19 penghantar turun dan 19 pentanahan.

Nilai tahanan pentanahan dipengaruhi curah hujan. Curah hujan yang banyak mempengaruhi tanah menjadi lembab dan kandungan air cukup besar sehingga tahanan jenis tanah akan kecil dan tahanan pentanahan menjadi kecil.

Nilai tahanan pentanahan di IRM antara 1,7 sampai dengan 2,6 Ohm, nilai tersebut memenuhi persyaratan standar instalasi penangkal petir yaitu di bawah 5 Ohm, sehingga instalasi penangkal petir di IRM berfungsi secara normal, namun belum dapat melindungi peralatan elektronik yang ada.

SARAN

Fungsi instalasi penangkal petir pada dasarnya adalah menghindarkan sebuah obyek bangunan dari kerusakan fatal akibat aliran arus petir yang besar, sedangkan untuk menghindari kerusakan peralatan elektronik yg diakibatkan oleh arus bias/induksi petir yang masuk jaringan kabel di IRM belum dilengkapi, sehingga harus dipasang peralatan *Arrester Petir*

DAFTAR PUSTAKA

1. Hutaeruk.TS, (1991) "Pentanahan Netral sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan", Erlangga
2. Kharisma D. (2007), "Pengaruh Kedalaman Penanaman dan Jarak Elektroda Terhadap Nilai Tahanan Pembumian, Jurnal ilmu-ilmu teknik VOL. 5.
3. Badri, Sepnurr, (2014) "Sistem Proteksi Petir Internal dan Ekternal" Jurnal teknik Elektro ITP, VOL.3.
4. MID Consultan (1987), "Grounding & Lighting Protection" BATAN.