

STUDI SISTEM PENTANAHAN GI JULI 150 KV PT. PLN (PERSERO) WILAYAH ACEH

Imam Wahyudi¹, Fauzan², Mahalla³

^{1,2,3}Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: wahyudii817@gmail.com, ozan.pnl@gmail.com, mahalla@pnl.ac.id

Abstrak —Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan, dan instalasi dengan tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik dan mengamankan komponen - komponen instalasi dari bahaya tegangan atau arus abnormal. Sistem pentanahan yang paling sering digunakan saat ini pada gardu induk adalah kombinasi antara *grid* dan *rod*. Pada Penelitian ini dianalisa sistem pentanahan pada Gardu Induk Juli dengan menganalisis bagaimana sistem pentanahan pada GI Juli 150 kV dan berapa nilai tegangan sentuh, tegangan langkah, dan tegangan pindah di GI Juli 150 kV. Didapat hasil sistem pentanahan Gardu Induk Juli kombinasi antara konduktor *grid* dan *rod* - nya memenuhi persyaratan berdasarkan SPLN T5.012:2020 dan dikategorikan sebagai sistem pentanahan yang aman. Dari hasil yang didapat tegangan *mesh*/sentuh sebenarnya (551,40 Volt) memenuhi standar dan lebih rendah dari ambang batas tegangan sentuh yang diizinkan adalah 827,19 Volt. Dan tegangan langkah sebenarnya (449,21 Volt) memenuhi standar dan lebih rendah dari ambang batas tegangan langkah yang diizinkan adalah 2960,74 Volt.

Kata-kata kunci: *Gardu Induk, Sistem Pentanahan Grid, Tegangan Langkah, Tegangan Sentuh.*

I. PENDAHULUAN

Listrik adalah sumber tenaga paling utama yang dibutuhkan manusia untuk mencukupi kebutuhan kehidupannya. Pada zaman yang semakin maju maka kebutuhan akan sumber energi listrik otomatis akan terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga pihak penyedia tenaga listrik dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan manusia akan tenaga listrik.

Gardu Induk merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang berpotensi mengalami gangguan yang disebabkan oleh sambaran petir, yaitu : tegangan impuls petir, tegangan impuls hubung buka, dan tegangan impuls petir terpotong dan arus gangguan. Tegangan impuls dan arus gangguan yang ditimbulkan dapat merusak fungsi peralatan sistem tenaga listrik, sehingga tegangan impuls dan arus bocor yang ditimbulkan harus dialirkan ke bumi untuk mendapatkan batas keamanan peralatan sistem tenaga listrik dan tubuh manusia di sekitar area gardu induk.

Sistem pentanahan (*grounding system*) menjadi bagian dari sistem tenaga listrik yang memiliki fungsi menyetanahkan apabila terjadi muatan tegangan atau arus lebih sehingga dapat meminimalisir gangguan yang ditimbulkan. Untuk nilai pentanahan yang ideal harus

memenuhi syarat dengan nilai resistansi mendekati nilai 0 atau ≤ 1 Ohm. Tegangan dan arus gangguan di atas tidak mengalir ke dalam tanah diakibatkan karena kegagalan isolasi peralatan dan nilai tahanan pentanahan yang cukup besar. Sistem pentanahan merupakan sistem hubungan penghantar yang menggabungkan perangkat -

Perangkat kelistrikan, peralatan, dan instalasi dengan tanah sehingga dapat melindungi bahaya arus yang dapat merusak peralatan - peralatan instalasi dan membahayakan keselamatan manusia, jadi sistem pentanahan merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Pentanahan

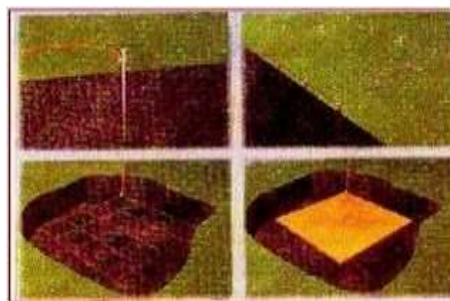
Sistem pentanahan mulai dikenal pada tahun 1900. Sebelumnya sistem- sistem tenaga listrik tidak diketanahkan karena ukurannya masih kecil dan tidak membahayakan. Namun setelah sistem-sistem tenaga listrik berkembang semakin besar dengan tegangan yang semakin tinggi dan jarak jangkauan semakin jauh, baru diperlukan sistem pentanahan. Jika tidak, hal ini bisa menimbulkan potensi bahaya listrik yang sangat tinggi, baik bagi manusia, peralatan dan sistem pelayanannya sendiri[1].

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya gangguan listrik. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian pengamanan dari sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah:

1. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
2. Menjamin kerja peralatan-peralatan listrik.
3. Mencegah kerusakan peralatan-peralatan listrik.
4. Menyalurkan energi serangan petir ke tanah.
5. Menstabilkan tegangan saat terjadi gangguan.

B. Peralatan-peralatan Yang Perlu Diketanahkan

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan atau sering juga disebut dibumikan. Empat bagian dari instalasi listrik ini adalah (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah. Dalam praktik, diinginkan agar tahanan pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut di atas tidak melebihi 4 ohm. Secara teoretis, tahanan dari tanah atau bumi adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapi kenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pentanahan nilainya tidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pentanahan dengan tanah di mana alat tersebut dipasang (dalam tanah)[2].

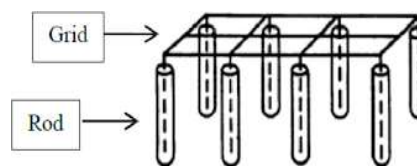


Gbr 1. Macam Macam Langkah Hisap

C. Pentanahan Netral Sistem Tenaga

Pentanahan netral dari sistem tenaga merupakan suatu keharusan pada saat ini, karena sistem sudah demikian besar dengan jangkauan yang luas dan tegangan yang tinggi. Pentanahan netral sistem tenaga ini dilakukan pada pembangkit listrik dan transformator daya pada gardu-gardu induk dan gardu-gardu distribusi. Oleh karena itu pada saat mana sistem-sistem tenaga relatif mulai besar, sistem-sistem itu diketanahkan melalui tahanan reaktansi. Pengetanahan itu umumnya dilakukan dengan menghubungkan netral transformator daya ke tanah. Sistem pentanahan pada peralatan pada umumnya menggunakan dua macam sistem pentanahan yaitu sistem grid (horizontal) dan sistem rod (vertikal)[3]. Sistem pentanahan grid ialah menanamkan batang-batang elektroda sejajar dengan permukaan tanah, hal ini merupakan usaha untuk meratakan tegangan yang timbul. Sedangkan sistem rod ialah menanamkan batang-batang elektroda tegak lurus kedalam tanah, hal ini fungsinya hanya mengurangi (memperkecil) tahanan pentanahan. Jadi yang membedakan sistem ini adalah pentanahan ini hanya dengan cara penanaman elektrodanya.

Pada sistem ini untuk memperkecil tahanan pentanahan, maka batang konduktor dapat diperbanyak penanamannya. Apabila terjadi arus gangguan ketanah, maka arus gangguan ini akan mengakibatkan naiknya gradient tegangan permukaan tanah. Besarnya tegangan maksimum yang timbul tersebut sebanding dengan tahanan pentanahan.



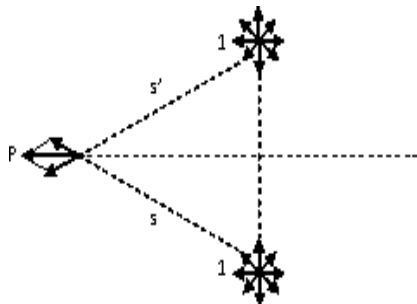
Gbr 2. Sistem ROD

Tahanan jenis tanah sangat menentukan tahanan pentanahan dari elektroda-elektroda pentanahan. Tahanan jenis tanah diberikan dalam satuan Ohm-meter. Dalam bahasan di sini menggunakan satuan Ohm-meter, yang merepresentasikan tahanan tanah yang diukur dari tanah. Yang menentukan tahanan jenis tanah ini tidak hanya tergantung pada jenis tanah saja melainkan dipengaruhi oleh kandungan moitur, kandungan mineral yang dimiliki dan suhu (suhu tidak berpengaruh bila di atas titik beku air). Oleh karena itu, tahanan jenis tanah bisa berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya. Sebagai pedoman dasar, tabel berikut ini berisikan tahanan jenis tanah yang ada di Indonesia.

TABEL I
Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis (Ohm-meter)
Tanah rawa	30
Tanah liat dan tanah ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil Kering	1000
Tanah berbatu	3000

Pentanahan pada Gardu Induk Dasar perhitungan tahanan pentanahan adalah perhitungan kapasitansi dari susunan batang-elektroda pentanahan dengan anggapan bahwa distribusi arus atau muatan uniform sepanjang batang elektroda. Penentuan besar kapasitansi suatu sistem pentanahan dapat dilakukan dengan prinsip bayangan dapat dilihat pada gambar 3.

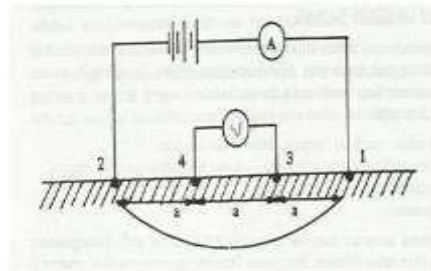


Gbr 3. Prinsip Bayangan

Misalkan dua elektroda dari titik 1 dan 1 bermuatan yang sama besar di dalam media tak terbatas, dan dimisalkan arus I mengalir pada kedua titik tersebut. Bidang bayangan terletak di tengah-tengah. Factor keseimbangan antara tahanan pentanahan dengan kapasitansi adalah tahanan jenis tanah. Harga tahanan jenis tanah pada kedalaman tertentu bergantung pada beberapa factor, yaitu:

1. Jenis tanah: tanah liat, berpasir, berbatu dan lain-lain
2. Lapisan tanah
3. Kelembaban tanah berlapis dengan tahanan jenis berlainan atau uniform
4. Temperature

Untuk memperoleh harga tahanan jenis tanah perlu dilakukan penelitian dalam jangka waktu tertentu misalnya satu tahun. Pengukuran tahanan jenis tanah dapat dilakukan dengan metode empat elektroda (*four electrode method*).



Gambar 4. Pengukuran tahanan dengan metode empat elektroda

D. Bahaya yang Timbul di Gardu Induk Akibat Gangguan Tanah Bergerak Ke Atas.

Arus gangguan tanah menyebabkan adanya beda tegangan beda tegangan di permukaan tanah. Hal ini sangat membahayakan manusia yang sedang berada disekitarnya. Arus gangguan dapat mengalir ke tubuh. Batas-batas arus tersebut di bagi menjadi Arus mulai terasa atau persepsi (*perception current*). Berdasarkan *Electrical Testing Laboratory NewYork 1933*, besar arus persepsi untuk laki-laki 1,1 mA dan perempuan 0,7 mA. Arus mempengaruhi otot (*let-go current*).

Berdasarkan penelitian di University of California Medical School, ditetapkan batas arus maksimal dimana orang masih dapat dengan segera melepaskan konduktor bila terkena arus listrik, untuk laki-laki sebesar 9 mA dan perempuan sebesar 6 mA. Arus mengakibatkan pingsan atau mati atau fibrilasi (*fibrillating*

current). Arus pada kasus ini nilainya lebih besar dari arus yang mempengaruhi otot. Namun, berdasarkan penelitian oleh Dalziel di University of California tahun 1968, 99,5% orang yang memiliki berat lebih kurang 50 kg masih dapat bertahan terhadap arus yang besarnya i_k . i_k adalah arus yang melewati tubuh manusia (A) dan t adalah waktu lewatnya arus tersebut (s).

III. METODOLOGI

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa data sebagai berikut :

A. Objek Penelitian



Gbr 5 Sistem Pentanahan Gardu induk

B. Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data lapangan dilakukan di Gardu Induk Juli 150 kV. Adapun data lapangan yang diperlukan adalah :

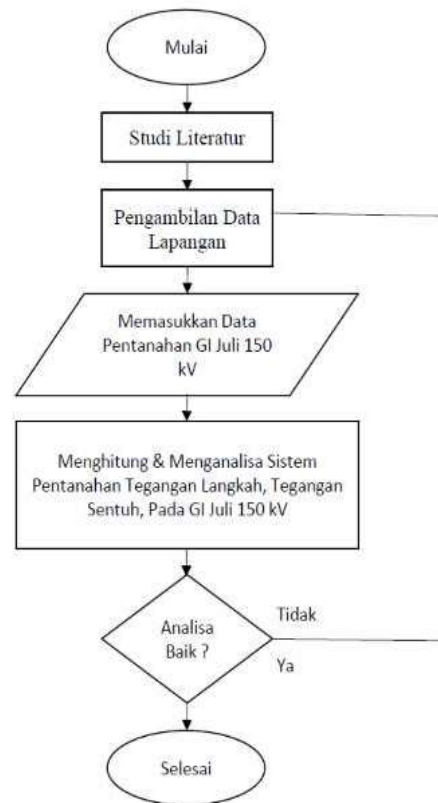
1. Kedalaman penanaman konduktor 0.5 Meter
2. Ukuran konduktor 150 mm²
3. Ukuran konduktor 150 mm²
4. Ukuran konduktor 150 mm²
5. Ukuran jarak grid sumbu Y 5 Meter
6. Ukuran jarak grid sumbu X 5 Meter
7. Diameter ground rod Ø16mm
8. Panjang ground rod 3.05 m
9. Arus gangguan maksimal (3 phasa) 50 kA
10. Arus gangguan (Phase-ground) 30 kA
11. Durasi arus gangguan 1 detik

12. Tahanan material di atas permukaan tanah 5000 Ω.m

Untuk menganalisa sistem pentanahan maka harus menghitung :

1. Tegangan langkah sebenarnya dan yang diizinkan
2. Tegangan langkah sebenarnya dan yang diizinkan

Diagram alur penelitian dapat dilihat dalam Flowchat pada gambar 8



Gbr 6. Flowchart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem *Grounding* Pada GI Juli 150 kV

Grounding berfungsi untuk memberikan perlindungan kepada manusia dan peralatan terhadap setiap efek arus bocor, hubung singkat dan lightning discharge. Pekerjaan *grounding* system pada GI Juli 150 kV mencakup outdoor dan indoor equipment/structure, dimana spesifikasi teknik yang disyaratkan seperti tercantum dan berpedoman dengan SPLN T5.012:2020. Nilai resistansi total pembumian

0,5 Ohm atau kurang yaitu sebesar 0,219 Ω . Tahanan tanah area Gardu Induk 150 kV Juli adalah 29,71 Ω (pengukuran grounding dilakukan pada kondisi kering).

B. Konsep Dasar Perencanaan Pentanahan Grid

Analisis Konseptual Dari Sistem Grid Biasanya dimulai dengan pemeriksaan rencana tata letak gardu, menunjukkan semua peralatan utama dan struktur. Untuk menetapkan konsep dasar, hal-hal berikut dapat berfungsi sebagai pedoman untuk memulai desain:

1. Sebelum merencanakan sistem pentanahan grid, pengukuran tahanan jenis tanah harus dilakukan di area gardu induk. Karena tahanan jenis tanah memiliki peran penting dalam menentukan kinerja keseluruhan sistem pentanahan dan harus diketahui sebelum sistem pentanahan grid dirancang.
2. Konduktor grid yang membentuk kisi-kisi yang akan digunakan harus mengelilingi daerah yang akan diamankan. Hal ini untuk menghindari terjadinya perbedaan gradient yang tinggi yang disebabkan oleh arus gangguan.
1. Ukuran konduktor grid harus sesuai dengan besarnya arus gangguan tanah yang akan mengalir sehingga konduktor grid tidak melebur karena tidak mampu menahan besarnya arus gangguan.
2. Konduktor rod yang akan digunakan biasanya diletakkan di sudut-sudut kisi-kisi grid dan di titik-titik persilangan grid untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang kecil.
3. Tahanan pentanahan yang diharapkan adalah dibawah 1 ohm
4. Rasio dari kisi-kisi grid yang akan digunakan adalah 1:1 sampai 1:3.

C. Analisa Hasil Perhitungan

Persyaratan dari desain sistem pentanahan yang baik/dapat diterima adalah sebagai berikut :

1. Tahanan Grid (R_g) maksimal harus dibawah 0,5 Ω sesuai dengan SPLN T5.012:2020
2. Tegangan mesh / tegangan sentuh sebenarnya (E_m) harus lebih rendah dari nilai tegangan sentuh yang

diizinkan (Etouch50) sesuai SPLN T5.012:2020.

3. Tegangan langkah sebenarnya (E_s) harus lebih rendah dari nilai tegangan langkah yang diizinkan (Estep50) sesuai SPLN T5.012:2020.

TABEL II.
Hasil Perhitungan

Persyaratan	Hasil Perhitungan	Hasil
$R_g < 0.5 \Omega$	0,226 $\Omega < 0,5 \Omega$	Memenuhi
$E_m < E_{touch 50}$	551,40 V < 827,19 V	Memenuhi
$E_s < E_{step 50}$	449,21 V < 2960,74 V	Memenuhi

Setelah nilai parameter kinerja dari sistem pentanahan diketahui, selanjutnya dibandingkan dengan standarisasi persyaratan desain sistem pentanahan yang baik/dapat diterima seperti ditunjukkan pada tabel 2. Dari tabel tersebut dapat dianalisa bahwa perencanaan sistem pentanahan telah memenuhi syarat dan telah sesuai dengan standar-standar terkait, sehingga aman untuk diterapkan.

V. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada Gardu Induk Juli 150 kV sistem pentanahan dengan nilai resistansi total pembumian 0,5 Ohm, yaitu sebesar 0,219 Ω . Tahanan tanah area Gardu Induk 150 kV Juli adalah 29,71 Ω . Nilai tahanan pembumian tersebut memenuhi standar SPLN T5.012:2020.
2. Tegangan mesh/ sentuh sebenarnya 551,40 V, memenuhi standar dan lebih rendah dari ambang batas tegangan sentuh yang diizinkan yaitu sebesar 827,19 V.
3. Tegangan Langkah sebenarnya 449,21 V telah memenuhi standar dan lebih rendah dari batas ambang tegangan Langkah yang diizinkan yaitu sebesar 2960,74 V.

REFERENSI

- [1] Ariesta, Riza. 2015. **Studi Analisis Sistem Pentanahan Eksternal Pada gedung Unit Pelaksana Teknis Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Lampung.**
- [2] Nofrian, ricky. 2013. **Pengetanahan netral sistem tenaga dan pentanahan peralatan Manual book earth / ground tester.** Jakarta : Erlangga.
- [3] Yuniarti, Erliza. 2017. **Penggunaan Gypsum dan Magnesium Sulfat Sebagai Upaya Menurunkan Nilai Resistansi Pentanahan**