

Analisis Grounding Pada Tower Transmisi 150 kV Untuk Mencegahnya Terjadinya Back Flashover di Jalur Lopana – GIS Teling



William P. Rarun, Lily S. Patras, Hans Tumaliang.

Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado

95115 Email: rarunwill06@gmail.com, lilys_patras@yahoo.com,

hans.tumaliang@gmail.com,

Abstract - The importance of grounding in power systems is a major focus in maintaining system safety and performance. Grounding serves as a measure to dissipate excess current into the ground, protecting people and equipment. The effectiveness of a grounding system is measured by the value of ground resistance which should be as minimal as possible, allowing excess current to drain into the ground. Factors such as the resistance of the grounding electrode, the resistance of the electrode to ground contact, and the resistance of the soil type affect the grounding resistance. Grounding installation is key in preventing transmission faults in the Power System. Several installation methods, such as single grounding, parallel grounding, and maximum grounding, are crucial steps in protecting the system. However, the phenomenon of back flashover in transmission grounding can cause serious disturbances. Back flashover, an arc flashover from the ground to the grounding conductor, needs to be avoided. This research focuses on analyzing the effect of grounding value on 150 kV transmission towers on back flashover events. The problem formulation includes research on how much voltage enters the grounding tower (overload) against the tower capacity. The limitations of this research include analyzing the effect of grounding on the minimum current that can cause back flashover on the tower and not discussing other influences or disturbances other than the influence of overload. The purpose of this research is to analyze

Keywords – Back Flashover, Ground wire, Grounding resistance

Abstrak Pentingnya grounding (pentanahan) dalam sistem tenaga listrik menjadi fokus utama dalam menjaga keamanan dan kinerja sistem. Grounding berfungsi sebagai langkah untuk membuang arus berlebih ke dalam tanah, melindungi manusia dan peralatan. Efektivitas sistem pentanahan diukur dari nilai tahanan tanah yang seharusnya seminimal mungkin, memungkinkan arus berlebih untuk dialirkan ke tanah. Faktor-faktor seperti resistansi elektroda pentanahan, resistansi elektroda dengan kontak tanah, dan resistansi jenis tanah memengaruhi tahanan pentanahan. Pemasangan grounding menjadi kunci dalam mencegah gangguan transmisi dalam Sistem Tenaga Listrik. Beberapa metode pemasangan, seperti single grounding, parallel grounding, dan maximum grounding, menjadi langkah krusial

dalam melindungi sistem. Namun, fenomena back flashover pada grounding transmisi dapat menyebabkan gangguan serius. Back flashover, lontaran busur api dari tanah ke konduktor grounding, perlu dihindari. Penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh nilai pentanahan pada tower transmisi 150 kV terhadap kejadian back flashover. Rumusan masalah mencakup penelitian terhadap seberapa besar tegangan yang masuk ke grounding tower (overload) terhadap kapasitas tower. Batasan penelitian ini mencakup analisis pengaruh pentanahan terhadap arus minimum yang dapat menyebabkan back flashover pada tower dan tidak membahas pengaruh atau gangguan lain selain pengaruh dari beban lebih (overload). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh nilai pentanahan pada tower transmisi 150 kV dalam mencegah terjadinya back flashover. Dengan demikian, diharapkan dapat mengetahui efektivitas sistem grounding yang ada dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan. Manfaat penelitian ini adalah untuk menambah wawasan dan pemahaman tentang pengaruh pentanahan terhadap efektivitas dari tower transmisi 150 kV. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan sistem grounding yang lebih efisien dalam menjaga keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik.

terjadi Back Flashover, karena Nilai resistansi pengukuran pentanahan adalah sebesar 7,1 Ω memiliki perbedaan melebihi nilai standar resistansi pentanahan sebesar $\leq 5 \Omega$ dari nilai standar yang di tetapkan.

Kata kunci – Back Flashover, Kawat tanah, Tahanan pentanahan.

I. PENDAHULUAN

Grounding (Pentanahan) merupakan langkah penting dalam menjaga keamanan sistem tenaga listrik dengan membuang arus berlebih ke dalam tanah, sehingga melindungi manusia dan peralatan dalam sistem tersebut. Efektivitas sistem pentanahan diukur dari nilai tahanan tanah yang seharusnya seminimal mungkin, karena hambatan yang rendah memungkinkan arus berlebih untuk langsung dialirkan ke tanah. Beberapa faktor yang memengaruhi tahanan pentanahan di suatu lokasi

melibatkan resistansi elektroda pentanahan, resistansi elektroda tersebut dengan kontak tanah di sekitarnya, dan resistansi jenis tanah. Meskipun resistansi elektroda cenderung diabaikan dalam praktiknya, resistansi kawat penghantar yang menghubungkan peralatan memiliki impedansi yang tinggi terhadap impuls frekuensi tinggi, seperti yang dapat terjadi pada saat terjadi kilat. Oleh karena itu, hubungan ini dirancang sesingkat mungkin untuk menghindari masalah tersebut.

Untuk mengatasi masalah tersebut perlu untuk memahami tentang Grounding (pentanahan) dan cara pemasangan grounding. Beberapa cara memasang Grounding yaitu, memakai single Grounding, Paralel Grounding, dan Maksimum Grounding. Dari ketiga cara diatas dapat disimpulkan bahwa betapa pentingnya pemasangan grounding dalam Sistem Tenaga Listrik untuk mencegah gangguan Transmisi

Back flashover pada grounding transmisi dapat terjadi dalam situasi tertentu dan merupakan fenomena yang perlu dihindari karena dapat menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Back flashover adalah loncatan busur api dari tanah ke konduktor grounding, melibatkan tanah dan struktur tanah yang terlibat dalam grounding. Beberapa penyebab umum back flashover melibatkan kondisi-kondisi tertentu yang dapat memicu kejadian tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Pentanahan (*Grounding*)

Pentanahan atau grounding adalah suatu sistem yang dirancang untuk menyediakan jalur konduktif untuk mengalirkan arus listrik berlebih ke tanah dengan tujuan melindungi manusia, peralatan, dan properti dari bahaya listrik. Fungsi utama pentanahan melibatkan pembuangan arus berlebih ke tanah untuk mencegah terjadinya tegangan berbahaya yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahkan membahayakan nyawa. Berikut adalah beberapa aspek penting terkait dengan konsep pentanahan:

Pentanahan merupakan salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan (perlindungan) instalasi listrik. Agar sistem pentanahan dapat bekerja dengan efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkaian yang efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge current*).
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk

menyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.

4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

Sistem pentanahan yang baik akan memberikan keandalan pada sistem tenaga listrik, disamping keamanan yang terjaga pada sistem tenaga listrik juga peralatan lain yang mendukungnya.

B. Pentanahan sistem (*System Grounding*)

Pentanahan sistem (*System Grounding*) didefinisikan sebagai hubungan ke tanah dari salah satu penghantar dari sistem distribusi atau sistem perkawatan di dalam mesin. Pentanahan sistem biasa dilakukan pada sekunder transformator yang mempunyai hubungan bintang atau dilakukan pada netral pembangkit. Apabila sistem yang digunakan adalah sistem delta, pentanahan dapat dilakukan dengan jalan menggunakan transformator pentanahan.

Tujuan dari sistem Pentanahan adalah sebagai berikut :

- 1) Pada sistem yang besar yang tidak ditanahkan, arus gangguan relatif besar sehingga busur listrik yang timbul tidak dapat padam dengan sendirinya, hal ini akan menimbulkan busur tanah, pada sistem yang ditanahkan gejala tersebut hampir tidak ada. Tegangan lebih surja hubung (*switching over voltage*) baik akibat operasi penutupan maupun operasi pembukaan saklar.
- 2) Untuk membatasi tegangan – tegangan pada fase – fase yang tidak terganggu (sehat)

B. Pentanahan Perlengkapan.

Pentanahan perlengkapan merupakan hubungan ke tanah dari bagian-bagian metal yang dalam keadaan normal tidak membawa arus pada semua perlengkapan yang berhubungan dengan system tenaga listrik, seperti: pipa-pipa metal, *raceway*, pelindung kabel, *mof kabel*, kabinet, kotak saklar, kerangka motor, tangki transformator, lemari kontrol, dan sebagainya.

Secara singkat tujuan pentanahan peralatan dapat diformulasikan sebagai berikut :

1. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya bagi orang yang ada dalam daerah tersebut.
2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.

3. Untuk memperbaiki unjuk kerja (*performance*) dari sistem.

Batas tahanan pentanahan perlengkapan adalah :

1. Untuk stasiun-stasiun besar, tahanan bus pentanah 1 Ohm.
2. Untuk stasiun yang lebih kecil, tahanan bus pentanah 5 Ohm.
3. Untuk perumahan dan kota-kota yang belum mempunyai sistem air ledeng, tahanan bus pentanah 25 Ohm.
4. Untuk peralatan-peralatan elektronis yang sangat peka, tahanan pentanahan harus kurang dari 1 Ohm, yaitu sekitar 0.5 Ohm.
5. Untuk menara transmisi 150 KV tahanan pentanahan kaki menara tidak lebih dari 5 Ohm.

Penting untuk memilih jenis pentanahan yang sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan sistem listrik tertentu. Konsultasikan dengan ahli listrik atau insinyur yang berpengalaman untuk memastikan desain dan implementasi grounding yang efektif dan sesuai standar keamanan.

C Pengukuran jenis tanah

Metoda pengukuran tahanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda tiga titik (*three-point method*), seperti ditunjukkan pada Gambar.1 Misalkan tiga buah batang pembumian di mana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pembumian pembantu.



Gambar 1 Earth Tester

1. Tampilan hasil pengukuran
2. Tombol test untuk mulai mengukur

3. Selektor untuk memilih besaran skala nilai pengukuran
4. Terminal

Dari pengukuran menggunakan *earth tester* yang dapat dilihat pada gambar 1.. Pengukuran di lakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Pertama tama kita Periksa kondisi kabel *grounding* BC yang akan diukur. Bila kotor bersihkan dahulu permukaan kabel tersebut dengan lap bersih / kertas amplas, agar jepitan kabel probe dapat menyentuh langsung bagian permukaan tembaga yang sudah bersih dan untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan pada alat ukur.
2. Periksa kondisi dan perlengkapan penunjang alat ukur *digital earth resistance*.
3. *Earth Tester* mempunyai tiga kabel diantaranya adalah kebel merah, kuning dan hijau.
4. Silahkan hubungkan kabel ke *Earth Tester* dengan warna yang sudah di tentukan pada alat ukur.
5. Hubungkan kabel merah setra kuning ke tanah dengan masing-masing jarak kurag lebih 5-10 meter dari pentanahan atau *grounding*.
6. Hubungkan juga kabel hijau ke *grounding* yang sudah terpasang.
7. Lakukan pengukuran *grounding* (tahanan pentanahan) dengan memutar knob alat ukur pada poisisi 200 ohm atau 2000 ohm tergantung dari kondisi tanah pada area setempat yang akan diukur.
8. Kemudian tekan tombol tester untuk mengetahui resistansi *grounding* biasanya berwarna kuning/merah dan pada displai alat ukur akan muncul nilai tahanan pentanahan.
9. Dan finish nilai resistansi *grounding* sudah di ketahui. lihat angka yang di ditampilkan.

C. Pengukuran Daerah Lindung dari tower Transmisi

Sistem proteksi eksternal yang lebih dikenal orang awam dengan sebutan “penangkal petir” adalah instalasi yang dipasang untuk mencegah, menghindari atau mengurangi dampak dari sambaran petir langsung pada objek yang dilindunginya. Secara umum komponen sistem proteksi ini adalah : (1) air terminal/finial, (2) down conductor dan (3) system grounding.

Ketiga komponen ini ditemukan pada gardu induk dan menara transmisi, sebagai salah satu peralatan proteksi terhadap tegangan lebih petir. Sambaran langsung pada peralatan gardu atau menara transmisi dapat menyebabkan kerusakan atau penuaan isolasi peralatan yang dapat

berdampak pada terhentinya pelayanan daya dalam waktu lama. Untuk itu pada gardu atau menara transmisi dilengkapi oleh kawat tanah / finial dan sistem pentanahan yang baik. Bentuk air terminal adalah batang tegak yang dikenal dengan franklin rod atau batang mendatar/kawat tanah. Keduanya dipasang sedemikian rupa agar sambaran petir “mengenainya dan bukan peralatan yang harus dilindunginya” untuk kemudian disalurkan ke tanah melalui down conductor.

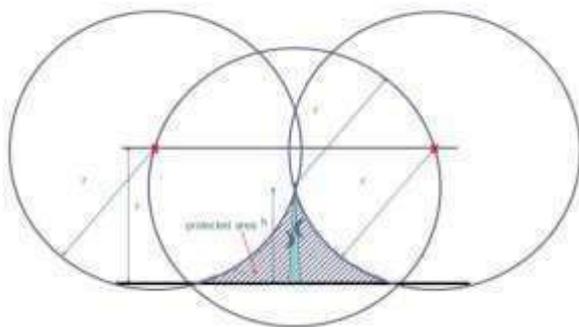
Down conductor adalah saluran arus petir ke tanah. Biasanya penghantar turun ini mengikuti konstruksi menara atau busbar yang ada pada gardu yang. Ada juga yang menggunakan konduktor lain baik bare conductor atau kabel untuk keamanan dan mengurangi tegangan jatuh pada konduktor tersebut.

Sedangkan bentuk sistem pentanahan adalah pentanahan vertikal/rod, pentanahan horizontal yang ditanam 50 cm dibawah permukaan tanah atau kombinasi keduanya. Dalam standar ini juga disebutkan bahwa bentuk dan dimensi sistem grounding lebih penting dari pada nilai pentanahannya, namun nilai pentanahan yang kecil sangat direkomendasikan. Sistem pentanahan ini dibuat sedemikian rupa dengan tujuan keamanan personal, proteksi arus gangguan, proteksi petir dan untuk kesesuaian elektromagnetik peralatan elektronik.

Daerah lindung menyatakan sudut yang dilindungi akibat tower yang terkena sambaran langsung petir. Dalam menghitung daerah lindung suatu tower transmisi maka diperlukan beberapa data atau parameter-parameter yang digunakan untuk menghitungnya. Untuk menghitung daerah lindung dapat menggunakan rumus pada persamaan 3.1 :

$$\phi = \arcsin \left(1 - \frac{h}{hb} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: Tinggi struktur (h) dalam meter
jarak sambar (hb) dalam meter



Gambar 2. Metoda bola gelinding

D. Metode Sistem Pentanahan

Ada beberapa metode sistem pentanahan yaitu dijelaskan sebagai berikut :

1) Pentanahan dengan driven ground

Pentanahan dengan *driven ground* adalah pentanahan yang dilakukan dengan cara menancapkan batang elektroda ke tanah.

2) Pentanahan dengan counterpoise

Pentanahan dengan *counterpoise* adalah pentanahan yang dilakukan dengan cara menanam kawat elektroda sejajar atau radial, beberapa cm dibawah tanah (30 cm – 90 cm).

Pentanahan *counterpoise* biasanya digunakan apabila resistansi tanah terlalu tinggi dan tidak dapat dikurangi dengan cara pentanahan *driven ground*, biasanya karena resistivitas tanah terlalu tinggi. Seperti pada gambar 4

3) Pentanahan dengan mesh atau grid

Pentanahan dengan *mesh* atau *grid* adalah cara pentanahan dengan jalan memasang kawat konduktor elektroda membujur dan melintang dibawah tanah, yang satu sama lain dihubungkan disetiap tempat sehingga membentuk jala (*mesh/grid*). Lihat gambar 5

Sistem pentanahan *mesh/grid* biasanya dipasang di gardu induk dengan tujuan mendapatkan nilai resistansi tanah yang sangat kecil (kurang dari 1 Ω)

E. Resistansi Kaki Tower

Untuk melindungi kawat fasa terhadap sambaran langsung dari petir digunakan satu atau dua kawat tanah yang terletak di atas kawat fasa dengan sudut perlindungan lebih kecil 18°. Dengan demikian kemungkinan terjadinya loncatan api karena sambaran petir secara langsung dapat diabaikan. Kemungkinan terjadinya locatan balik (*back flashover*) karena sambaran kilat secara langsung pada puncak tower atau kawat tanah tetap masih ada, dan untuk menguranginya resistansi kaki tower harus dibuat tidak melebihi 10 Ohm.

Resistansi kaki tower 10 ohm dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang pentanahan (*ground rod*) atau dengan sistem *counterpoise*. Pemilihan penggunaan batang pentanahan dan atau sistem *counterpoise* tergantung dari resistansi jenis tanah di mana Tower transmisi tersebut berada.

Dengan rumus resistansi sebagai berikut :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n} \dots\dots\dots (2)$$

F. Backflashover

Back flashover terjadi ketika ada aliran arus dari saluran listrik melalui isolator ke struktur tower dan kemudian ke tanah melalui sistem grounding tower. Ini biasanya disebabkan oleh over voltase yang diinduksi, sering kali akibat dari petir.

Untuk memberi perkiraan pertama dari tingkat *backflash*, yakni BFR, Lonjakan tegangan pada kabel ground menghasilkan lonjakan tegangan pada fasa konduktor setara dengan faktor sebanyak C kali tegangan pada kabel ground, atau CV_{TT} . Juga menjadi catatan bahwa V_{TA} terletak di menara yang berlawanan dengan fasa konduktor. Di mana h adalah tinggi tower (meter), S_g adalah jarak horizontal antara kabel ground (meter), dan N_g adalah densitas kilat tanah (berkedip / km² - tahun), dan karena itu N_L termasuk di unit yang berkedip per 100 km - tahun. Jadi dalam hal ini BFR adalah flashover per 100 km - tahun.

Sebuah sambaran yang begitu besar aliran tenaga mengalir ke bawah tower dan keluar pada kabel tanah. Sehingga tegangan muncul di saluran isolasi. Jika tegangan ini sama atau melebihi saluran CFO maka, flashover akan muncul. Peristiwa ini disebut backflash. Untuk backflash, tegangan tertinggi adalah di tower bukan pada konduktor dan flashover biasanya terjadi dari tower atau tanah ke konduktor. Apabila keadaan *grounding* melebihi batas nilai standar yang di tetapkan yaitu kurang dari 10 Ω maka *flashover* akan muncul, peristiwa ini disebut *back flashover*. Jika peristiwa ini terjadi akan mengakibatkan gangguan pada sistem transmisi antara lain sebagai berikut :

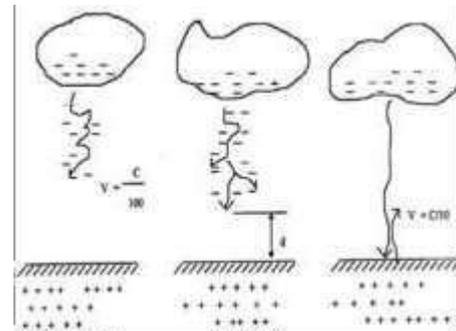
- 1) Gangguan Beban Lebih
- 2) Gangguan Hubung Singkat (Short Circuit)
- 3) Gangguan Tegangan Lebih
- 4) Gangguan kurangnya daya
- 5) Gangguan ketidakstabilan (instability)

Untuk pencegahan Back Flashover dapat dilakukan dengan cara perawatan rutin. Kerusakan yang terjadi akibat sambungan pada baut-baut yang kendur dan bagian elektroda yang sudah korosi. Untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja system grounding, tahanan grounding menara diukur dengan metode yang telah dijelaskan sebelumnya, apabila tahanan tower bernilai tinggi akan masuk dalam daftar perbaikan. Solusi untuk pentanahan grounding yang masih tinggi dapat di perkecil dengan cara memperdalam batang pentanahan atau menambah jumlah batang pentanahan agar memenuhi standar resistansi pentanahan sebesar $\leq 5 \Omega$.

G. Petir

Analisis back flashover sering didasarkan pada model petir. Model ini mempertimbangkan intensitas arus petir, bentuk gelombang, serta durasi. Jika muatan bertambah,

beda potensial antara awan dan tanah akan naik, maka kuat medan udara pun akan naik jika kuat medan ini melebihi kuat medan di antara awan-awan tersebut maka akan terjadi pelepasan muatan

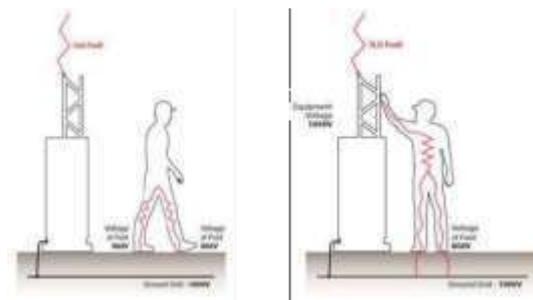


Gambar 2. Pemuatan Listrik

Kuat medan yang diperlukan untuk memulai aliran (streamer) adalah $EB = 10-40 \text{ kV/m}$, pada awan yang mempunyai ketinggian 1 - 2 km di atas tanah dapat Menghasilkan tegangan 100 MV.

G. Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah

Dalam kondisi fault, arus beralir melalui tanah dari sistem pentanahan. Hal ini menghasilkan potensi bahaya bagi manusia yang berada di dekatnya, yaitu dalam bentuk step voltage (tegangan langkah) dan touch voltage (tegangan sentuh). Kedua parameter ini harus dianalisis untuk memastikan keselamatan manusia.



Gambar 2. Tegangan Langkah dan Tegangan Sentuh

Sebuah sambaran yang begitu besar aliran tenaga mengalir ke bawah tower dan keluar pada kabel tanah. Sehingga tegangan muncul di saluran isolasi. Jika tegangan ini sama atau melebihi saluran CFO maka, flashover akan muncul. Peristiwa ini disebut backflash. Untuk backflash, tegangan tertinggi adalah di tower bukan pada konduktor dan flashover biasanya terjadi dari tower atau tanah ke konduktor.

III. DATA DAN PERHITUNGAN

Penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan tahapan-tahapan yang dikaji dengan melakukan pertimbangan studi literatur, pengambilan data, pengolahan data, proses eksekusi/penentuan keputusan, perbaikan atau modifikasi dan eksekusi akhir

Adapun tahapan-tahapan penelitian “Analisa Daerah Lindung dan *Grounding* Pada Tower Transmisi Akibat Terjadinya *Back Flashover*

Penelitian ini dilakukan di daerah jalur Lopana – Gis Teling dengan 3 Tower yang di teliti yaitu Tower no. 05/20/95

TABEL I DATA TYPE MENARA

No type	Type	Tinggi menara	Tower type
05	Aa+0	41.95 m	Suspension
20	Bb+3	41.95 m	Tension
95	Bb-3	41.95 m	Tension

Sumber : PT. PLN (Persero) Wilayah Suluttenggo, AP2B Sistem Minahasa

Penelitian ini juga menghasilkan pengukuran grounding dengan tabel dibawah :

TABEL II DATA HASIL GROUNDING

No	005	020	095
Kaki			
A	10.43	10.87	6.34
B	10.43	11.88	6.39
C	10.43	10.59	6.38
D	10.43	10.09	6.42
Paralel	10.43		

Sumber : Pengukuran pentanhan tower pada tower SUTT 150 kV Lopana – GIS Teling

TABEL III DATA HASIL DAERAH LINDUNG

Tinggi tower /h	Jarak sambar/hb
41.95 m	900 m
41.95 m	800 m
41.95 m	700 m
41.95 m	600 m
41.95 m	500 m

sumber : Hasil pengukuran daerah lindung di Lopana – GIS Teling

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah lindung dan *grounding* pada tower transmisi memiliki peran penting, sehingga dapat mencegah terjadinya *back flashover*. Dimana *back flashover* terjadi akibat sambaran petir yang menyambar kawat perisai yang berada dibagian atas tower transmisi, tegangan yang besar itu mengalir ke bawah menara melalui kawat tanah ke *grounding*. Apabila *grounding* melebihi batas nilai standar yang di tetapkan maka *flashover* akan muncul, peristiwa ini disebut *back flashover*.

. Untuk mengetahui hasil resistansi total disini memakai persamaan berikut

R_p = Resistansi total

R_1, R_2, R, \dots, R_n = adalah resistansi masing - masing elemen dalam parallel

- Dari data table 3.3 akan dihitung nilai dari total tahanan Tower 005,020,095 dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut Untuk Tower 05

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{10.43} + \frac{1}{10.43} + \frac{1}{10.43} + \frac{1}{10.43} + \frac{1}{10.43} = 2,08 \Omega$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai total pentahanan pada Tower 05 sebesar 2,08 Ohm. .

- Untuk Tower 020

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{10.87} + \frac{1}{13.88} + \frac{1}{10.95} + \frac{1}{10.09} = 2,82 \Omega$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai total pentahanan pada Tower 020 sebesar 2,82 Ohm.

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{6.34} + \frac{1}{6.39} + \frac{1}{6.38} + \frac{1}{6.42} = 1,59 \Omega$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai total pentahanan pada Tower 095 sebesar 1,59 Ohm.

A. Menghitung Daerah Lindung Dari Tower Transmisi.

Daerah lindung menyatakan sudut yang dilindungi akibat tower yang terkena sambaran langsung petir. Dalam menghitung daerah lindung suatu tower transmisi maka diperlukan beberapa data atau parameter-parameter yang digunakan untuk menghitungnya.

$$\varphi = \arcsin \left(1 - \frac{h}{hb} \right)$$

Untuk Tower 95

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{tinggi struktur } (h) &= 41.95 \text{ m} \\ \text{jarak sambar } (h_B) &= 900 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \varphi &= \arcsin \left(1 - \frac{h}{hb} \right) \\ &= \arcsin \left(1 - \frac{41,95}{900} \right) \\ &= \arcsin (0,95338) \\ &= 72,43^\circ \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} (h) &= 41.95 \text{ m} \\ (h_B) &= 800 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \varphi &= \arcsin \left(1 - \frac{h}{hb} \right) \\ &= \arcsin \left(1 - \frac{41,95}{800} \right) \\ &= \arcsin (0,9475625) \\ &= 71,36^\circ \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} (h) &= 41.95 \text{ m} \\ (h_B) &= 700 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \varphi &= \arcsin \left(1 - \frac{h}{hb} \right) \\ &= \arcsin \left(1 - \frac{41,95}{700} \right) \\ &= \arcsin (0,94007142) \\ &= 70.06^\circ \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} (h) &= 41.95 \text{ m} \\ (h_B) &= 600 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \varphi &= \arcsin \left(1 - \frac{h}{hb} \right) \\ &= \arcsin \left(1 - \frac{41,95}{600} \right) \\ &= \arcsin (0,930083) \\ &= 68,44^\circ \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} (h) &= 41.95 \text{ m} \\ (h_B) &= 500 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \varphi &= \arcsin \left(1 - \frac{h}{hb} \right) \\ &= \arcsin \left(1 - \frac{41,95}{500} \right) \\ &= \arcsin (0,9161) \\ &= 66.36^\circ \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan diatas sesuai dengan kondisi pentanahannya dapat dikatakan baik karena tidak melebihi standar spln yang ada.

TABEL IV DATA TYPE MENARA

No	005	020	095
Kaki			
A	10.43	10.87	6.34
B	10.43	11.88	6.39
C	10.43	10.59	6.38
D	10.43	10.09	6.42
Paralel	10.43		
Hasil Ω	2.02 Ω	2.82 Ω	1.59 Ω

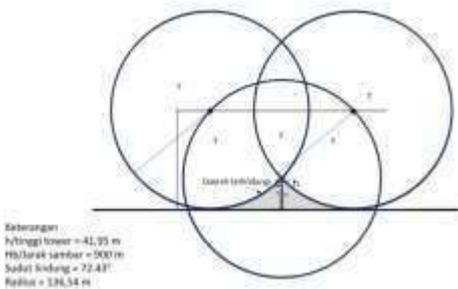
Bisa dilihat di tabel diatas untuk perbandingan hasil pengukuran grounding untuk

Untuk menghitung daerah lindungnya/sudut lindungnya disini diambil dengan tower 095 karena dengan hasil grounding yang baik

TABEL V DATA HASIL DAERAH LINDUNG

Tinggi tower /h	Jarak sambar/hb	Hasil perhitungan
41.95 m	900 m	72,43°
41.95 m	800 m	71,36°
41.95 m	700 m	70,06°
41.95 m	600 m	68,44°
41.95 m	500 m	66,36°

Sumber : Pengukuran pentanahan tower pada tower SUTT 150 kV Lopana – GIS Teling



Gambar 4. 1 Daerah Lindung pada Tower

D. Akibat dan Pencegahan *Back Flashover*

Apabila keadaan *grounding* melebihi batas nilai standar yang di tetapkan yaitu kurang dari 10 Ω maka *flashover* akan muncul, peristiwa ini disebut *back flashover*. Jika peristiwa ini terjadi akan mengakibatkan gangguan pada sistem transmisi antara lain sebagai berikut :

- 1) Gangguan Beban Lebih
- 2) Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit*)
- 3) Gangguan Tegangan Lebih
- 4) Gangguan kurangnya daya
- 5) Gangguan ketidakstabilan (*instability*)

Untuk pencegahan *Back Flashover* dapat dilakukan dengan cara perawatan rutin. Kerusakan yang terjadi akibat sambungan pada baut-baut yang kendur dan bagian elektroda yang sudah korosi. Untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja *system grounding*,

Tahanan *grounding* menara diukur dengan metode yang telah dijelaskan sebelumnya, apabila tahanan tower bernilai tinggi akan masuk dalam daftar perbaikan. Solusi untuk pentanahan *grounding* yang masih tinggi dapat di perkecil dengan cara memperdalam batang pentanahan atau menambah jumlah batang pentanahan agar memenuhi standar resistansi pentanahan sebesar $\leq 5 \Omega$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan inspeksi serta perhitungan dengan menggunakan metode analisa secara langsung dan melakukan perhitungan dengan berbagai rumus atau persamaan maka peneliti mengambil beberapa kesimpulan :

- 1) Hasil dari analisa atau Jalur lopana – GIS Teling khususnya T050,020,095 mengukur pentanahan dengan alat Earth Tester,dan melakukan perhitungan terhadap daerah lindung tower.
- 2) Perhitungan yang dipakai peneliti adalah perhitungan daerah lindung tower untuk mengukur sudut lindung dari petir yang akan mencegahnya *back flashover*.
- 3) Analisa yang didapatkan adalah semakin kecil sudut yang dipakai semakin aman dari petir sebaliknya jika sudut semakin besar maka kemungkinan sambaran petir dapat terjadi dan terjadinya *back flashover*.
- 4) Hasil dari pengamatan langsung di lokasi tower transmisi 150 kV jalur Lopana – Gis Teling terlihat bahwa semakin basah tanah semakin bagus *grouding* yang di ukur. Sesuai standar SPLN bahwa untuk pentanahan yang baik yaitu <10 ohm untuk tower transmisi .

B. Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran sebagai kebaikan dan acuan untuk pihak-pihak yang bersangkutan.

1. Bagi pihak yang mengelola atau melakukan pemeliharaan bahwa untuk menjaga kondisi pentanahan tahanan tower yang ada. Untuk secara garis besar pemeliharaan yang dilakukan sudah baik, tapi lebih memperhatikan lagi untuk kondisi tower terhadap tahanan pentanahan dalam hal pondasi.
2. Dalam saluran Transmisi pentingnya untuk memperhatikan bagian lingkungan sekitar jalur saluran transmisi. Sebagai salah satu saran untuk pihak yang mengelola saluran transmisi 150kV jalur Lopana-Gis Teling untuk memperhatikan jalan menuju tower untuk memberikan tanda bagi petugas pemelihara agar tidak tersesat saat menuju tower transmisi .

V. KUTIPAN

Atmam ,Usaha Situmeang "Perancangan Kinerja Penangkal Petir Menggunakan Metoda Bola Gelinding Pada Gedung Perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru (Received: 18 Nopember 2015; Revised: 1 Maret 2016; Accepted: 4 Februari 2016)

Budi Eko Prasetyo, Wijaya Kusuma ,Priya Surya Harijanto , Ahmad Hermawan, Alif fitrah "Analisis perbaikan sistem pentanahan pada tower transmisi 150 kv terhadap sambaran petir menggunakan simulasi alternative transient program (atp) Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi ISSN: 2460-5549 | E-ISSN: 2797-0272

Data Transmisi ULTG Lopana.

Hartoyo, "Persyaratan K3 Instalasi Penyalur Petir, PT AMNT Sumbawa, 22 Oktober 2019"

Heris Pontiawan, Ken Hasto, Margono "Analisa sistem pentanahan kaki menara saluran udara tegangan tinggi (sutt) 150 kv pati-jekulo Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) B227-B241 1 st National Conference of Industry, Engineering and Technology 2020, Semarang, Indonesia."

Ir.Ryan Mefiardhi, M.T., IPM, CEng MIET "Sudut Lindung Menara dan Gardu Induk 31Des 2015"

Liliana, Aini Z, Badri S, Ardi G.A "Perlindungan Kawat Fasa dengan Optimalisasi Sudut Lindung Kawat Tanah dan Penempatan Lightning Ir.Ryan Mefiardhi, M.T., IPM, CEng MIET "Sudut Lindung Menara dan Gardu Induk 31Des 2015

Liliana, Aini Z, Badri S, Ardi G.A "Perlindungan Kawat Fasa dengan Optimalisasi Sudut Lindung Kawat Tanah dan Penempatan Lightning Ir.Ryan Mefiardhi, M.T., IPM, CEng MIET "Sudut Lindung Menara dan Gardu Induk 31Des 2015

Nadia Noviarty Sriyanto, Agung Warsito, Abdul Syukur "SIMULASI PENENTUAN KEBUTUHAN BANGUNAN TERHADAP SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL PADA GEDUNG ICT CENTER"

Nurchahyo Hajar Saputro "analisis pentanahan kaki menara transmisi 150 kv reimbang-blora bertahanan tinggi dan usaha menurunkannya 08 juni 2016"

Serenaomi br sitorus "Studi dan pemodelan fenomena backflashover saluran transmisi 150 kv dengan sistem pentanahan terkonsentrasi Scrcnaonli BrSitorus.Oi0,111816211i0"



William Patrick Rarun lahir di Jakarta, 21 Mei 2000, memulai pendidikan Strata 1 pada tahun 2019. Di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro mengambil konsentrasi minat Tenaga Listrik. Penulis pernah mengambil kerja praktek di PT. Jago Elfah Anugerah pada Januari-Maret 2022

William P. Rarun – Analisa Daerah Lindung dan Grounding Pada
Tower Transmisi Akibat Terjadinya *Back Flashover*