SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), Vol. 10 No. 2, Juni 2026, pp. 63 – 70

ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445 online

Analisa Nilai Pentanahan SUTT 150 KV Perawang – Siak

Khalvi Nofrijon Saputra[1], Abrar Tanjung[2], Masnur Putra Halilintar[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Koresponden Author : abrar@unilak.ac.id,

Abstrak

Sistem pentanahan pada menara transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV memiliki fungsi penting dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik terhadap gangguan petir dan gangguan hubung singkat ke tanah. Nilai tahanan pentanahan yang memenuhi standar akan mempercepat pelepasan arus gangguan ke bumi sehingga dapat meminimalkan kerusakan peralatan dan meningkatkan kinerja sistem proteksi. Menara T51 pada jalur SUTT 150 kV Perawang–Siak merupakan salah satu menara transmisi yang memerlukan evaluasi kondisi pentanahan karena dipengaruhi oleh karakteristik tanah dan kondisi lingkungan di sekitarnya yang dapat menyebabkan perubahan nilai tahanan pentanahan dari waktu ke waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis nilai tahanan pentanahan pada Menara T51 SUTT 150 kV Perawang–Siak, mengevaluasi kesesuaiannya terhadap standar yang berlaku, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi besarnya nilai tahanan pentanahan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan pengambilan data melalui pengukuran langsung nilai tahanan pentanahan pada Menara T51 menggunakan alat ukur Earth Resistance Tester. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan standar tahanan pentanahan yang diterapkan pada sistem transmisi 150 kV. Selain itu, dilakukan analisis terhadap kondisi tanah, konfigurasi elektroda pentanahan, dan faktor lingkungan yang memengaruhi hasil pengukuran.Berdasarkan hasil penelitian diperoleh karakteristik sambaran petir 160 kA mengakibatkan Back Flashover, karena nilai tegangan pada isolator sebesar 1968,1 kV sedangkan batasan tegangan lompatan yaitu sebesar 1677,2 kV dengan kondisi pentanahan 11,9 ohm. Dengan penambahan panjang kawat tanah sebesar 5 meter hasil nilai pentanahan sebesar 4,559 ohm dan masih baik dibawah nilai standar SPLN yaitu di bawah < 5 ohm.

Kata Kunci: Tahanan Pentanahan, Menara T51, SUTT 150 kV Perawang–Siak, Sistem Proteksi

Abstract

The grounding system on the 150 kV High-Voltage Overhead Transmission Line (HVOTL) transmission towers plays a critical role in maintaining the reliability of the power system against lightning strikes and ground faults. Tower T51 on the 150 kV Perawang–Siak HVOTL route is one of the transmission towers requiring an evaluation of its grounding condition due to the influence of soil characteristics and surrounding environmental conditions, which can cause changes in grounding resistance values over time. This study aims to determine and analyze the grounding resistance values at Tower T51 of the 150 kV Perawang–Siak SUTT, evaluate their compliance with applicable standards, and identify the factors influencing the magnitude of the grounding resistance values. The research method employed is a quantitative descriptive approach, with data collection conducted through direct measurement of the earth resistance value at Tower T51 using an Earth Resistance Tester. The obtained data were then analyzed and compared with the earth resistance standards applied to the 150 kV transmission system. The research method used was a quantitative descriptive method, with data collected through direct measurement of the grounding resistance at Tower T51 using an Earth Resistance Tester. The obtained data was then analyzed and compared with the grounding resistance standards applied to the 150 kV transmission system. Additionally, an analysis was conducted on soil conditions, grounding electrode configurations, and environmental factors affecting the measurement results. Based on the research results, a 160 kA lightning strike caused a back flashover, as the voltage on the insulator was 1968.1 kV, while the flashover voltage limit was 1677.2 kV under grounding conditions of 11.9 ohms. By increasing the length of the grounding wire by 5 meters, the grounding resistance value was 4.559 ohms, which is still well below the SPLN standard of < 5 ohms.

Keywords: Grounding Resistance, T51 Tower, 150 kV Perawang–Siak SUTT, Protection System

1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan merupakan salah satu komponen penting dalam sistem transmisi tenaga listrik yang berfungsi untuk menjaga keandalan, keamanan, dan kontinuitas penyaluran energi listrik. Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV, sistem pentanahan berperan sebagai jalur pelepasan

arus gangguan ke tanah, baik yang berasal dari sambaran petir maupun gangguan hubung singkat ke tanah [1]. Nilai tahanan pentanahan yang rendah sangat diperlukan agar arus gangguan dapat mengalir dengan cepat ke bumi sehingga dapat mengurangi tegangan sentuh, tegangan langkah, serta meminimalkan kerusakan peralatan dan gangguan pada sistem transmisi [2].

SUTT 150 kV Perawang–Siak merupakan salah satu infrastruktur penting dalam sistem kelistrikan Provinsi Riau yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari Gardu Induk Perawang menuju Gardu Induk Siak. Jalur transmisi ini melintasi berbagai kondisi geografis dan jenis tanah yang berbeda, sehingga nilai tahanan pentanahan pada setiap tower dapat bervariasi [3]. Variasi karakteristik tanah tersebut dapat memengaruhi kemampuan sistem pentanahan dalam menyalurkan arus gangguan ke tanah. Apabila nilai tahanan pentanahan terlalu tinggi, maka efektivitas sistem proteksi akan menurun dan berpotensi menyebabkan gangguan yang lebih luas pada jaringan transmisi [4].

Selain faktor jenis tanah, kondisi lingkungan, tingkat kelembaban, korosi elektroda pentanahan, serta umur instalasi juga dapat memengaruhi nilai tahanan pentanahan tower transmisi. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan analisis secara berkala terhadap nilai tahanan pentanahan pada SUTT 150 kV Perawang–Siak untuk memastikan bahwa sistem pentanahan masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh PLN maupun standar ketenagalistrikan yang berlaku. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat menjadi dasar dalam menentukan langkah perbaikan dan optimalisasi sistem pentanahan guna meningkatkan keandalan operasi saluran transmisi [5].

Pada kondisi eksisting nilai resistansi pentanahan pada menara T.51 tidak sesuai standar yang ada dimana nilai pentanahannya > 10 ohm sebesar 35 ohm. Jika nilai resistansi pentanahan menara besar atau tidak sesuai standar yang ada, dapat mengakibatkan back flashover pada isolator. Ketika terjadi sambaran petir, karena nilai resistansinya besar atau tidak sesuai standar maka, tegangan petir menjadi lebih besar dari tegangan critical isolator, maka terjadilah backflashover. Untuk itu diperlukan nilai resistansi pentanahan yang baik agar tidak terjadi backflashover pada isolator menara T. 51

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian mengenai analisis nilai pentanahan pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Perawang–Siak menjadi penting untuk dilakukan guna mengetahui kondisi aktual sistem pentanahan serta pengaruhnya terhadap keandalan dan keamanan sistem transmisi tenaga listrik.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui nilai tahanan pentanahan pada tower-tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Perawang–Siak, Menganalisis kesesuaian nilai tahanan pentanahan terhadap standar yang berlaku pada sistem transmisi tenaga listrik dan Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi besarnya nilai tahanan pentanahan pada jalur transmisi 150 kV Perawang–Siak.

Penelitian ini membahas analisis nilai tahanan pentanahan pada tower-tower Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Perawang–Siak berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan data teknis yang diperoleh dari pihak pengelola sistem transmisi. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran tahanan pentanahan terhadap standar yang berlaku pada sistem transmisi tenaga listrik.

Pembahasan meliputi identifikasi kondisi eksisting sistem pentanahan, evaluasi nilai tahanan pentanahan pada setiap tower, pengaruh karakteristik tanah terhadap nilai tahanan pentanahan, serta hubungan antara nilai tahanan pentanahan dengan tingkat keandalan sistem proteksi transmisi. Selain itu, penelitian ini juga membahas alternatif perbaikan yang dapat dilakukan, seperti penambahan elektroda pentanahan, pemasangan counterpoise, penggunaan bahan peningkat konduktivitas tanah (ground enhancement material), dan modifikasi konfigurasi sistem pentanahan untuk memperoleh nilai tahanan yang lebih rendah [6].

2. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis kondisi aktual nilai tahanan pentanahan pada Menara T51 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Perawang-Siak berdasarkan hasil pengukuran lapangan. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap standar sistem

pentanahan yang berlaku pada jaringan transmisi tenaga listrik.

Penelitian pada Menara T51 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Perawang–Siak yang berada dalam wilayah kerja sistem transmisi PLN. Pengambilan data dilakukan melalui pengukuran langsung di lokasi menara serta pengumpulan data teknis yang berkaitan dengan sistem pentanahan menara tersebut.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan yang meliputi Nilai tahanan pentanahan Menara T51, Kondisi fisik elektroda pentanahan dan Jarak dan konfigurasi sistem pentanahan.

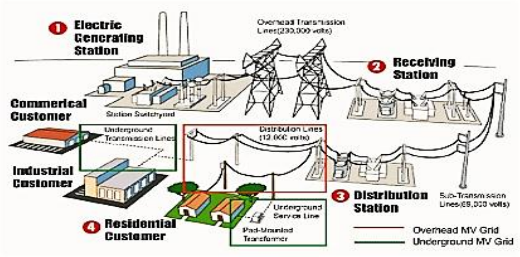
2. Data Sekunder

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Earth Resistance Tester sebagai alat pengukuran, Elektroda bantu (current spike dan potential spike), Kabel pengukuran,

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut Tahap Persiapan, Tahap Pengukuran Lapangan dan Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Sistem Tenaga Listrik

Secara umum, definisi sistem tenaga listrik meliputi sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi, yang secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 1.Siklus aliran energi listrik pada sistem tenaga listrik dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada pusat pembangkit, sumber daya energi primer seperti bahan bakar fosil (minyak, gas alam, dan batubara), hidro, panas bumi, dan nuklir diubah menjadi energi listrik. Generator sinkron mengubah energi mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadi energi listrik tiga phasa. Melalui transformator step-up, energi listrik ini kemudian dikirimkan melalui saluran transmisi bertegangan tinggi menuju pusat-pusat beban. [7]



Gambar 1. Komponen Utama Sistem Tenaga Listrik

Transmisi

Kemampuan transmisi dari saluran yang sama panjangnya berubah-ubah kira-kira sebanding dengan kuadrat dari tegangan, kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat ditetapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan (limit) termal dari penghantar, jatuh tegangan (voltage drop) yang diperbolehkan, keandalan dan persyaratan-persyaratan kestabilan sistem, yaitu penjagaan bahwa mesin-mesin pada sistem tersebut tetap berjalan serempak satu terhadap yang lain, kebanyakan faktor-faktor ini masih tergantung juga terhadap panjangnya saluran [8][9].

Grounding

Sistem pentanahan atau biasa disebut sebagai grounding system adalah sistem pengamanan terhadap perangkat - perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi. Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang low impedance (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan transient voltage. [10][11]

Nilai pentanahan tiang harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tiang yang tinggi yang pada akhirnya dapat mengganggu sistem penyaluran. Batasan nilai pentanahan tiang sebagai berikut:

- Sistem 70 kV : maksimal 5 Ohm
- Sistem 150kV : maksimal 10 Ohm
- Sistem 275 kV / 500kV : maksimal 15 Ohm

Pengaruh Besaran Listrik

Dari penyelidikan diketahui bahwa tubuh manusia bersifat penghantar, yang mempunyai impendansi berkisar antara 500-100.000 ohm, oleh sebab itu bila terjadi kontak langsung salah satu bagian tubuh dengan bodi peralatan yang menjadi bertegangan karena kegagalan isolasi, maka akan ada arus yang mengalir pada tubuh [12].

Perhitungan Arus Fibrilasi

Arus Fibrilasi adalah arus yang melewati tubuh manusia dan dapat membahayakan manusia bila arus tersebut mempengaruhi otot manusia karena dapat mengakibatkan manusia menjadi pingsan bahkan meninggal. Hal ini disebabkan arus listrik tersebut mempengaruhi

jantung yang disebut Ventricular Fibrilation, yang menyebabkan jantung berhenti dan peredaran darah tidak berjalan dan akibatnya manusia itu akan meninggal [13][14]

$$I_k = \frac{k}{\sqrt{t}} \quad (1)$$

Ik = Besar arus yang melewati tubuh manusia (A)
K = 0,116 A untuk berat badan 50 kg dan 0,157 untuk berat badan 70 kg
T = Lama ganguan tanah (detik)

Perhitungan Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh (contact voltage) adalah tegangan yang timbul ketika seseorang memegang sebuah benda atau konduktor yang sedang dialiri arus dimana orang tersebut juga terhubung langsung ke tanah [3]. Untuk mencari besar nilai tegangan sentuh dapat menggunakan persamaan seperti berikut:

$$Es = (Rb + 1{,}5\rho)I_k \quad (2)$$

ES = Tegangan sentuh (Volt)
Rb = Tahanan badan manusia (Rb = 1000 ohm)
Ik = Harga rms arus
ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)
ts = Lamanya arus mengalir dalam tubuh (detik)

Perhitungan Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah perbedaan tegangan permukaan tanah yang terjadi pada saat mengalirnya arus tanah, antara dua kaki manusia berjarak 1 m satu dengan yang lain (panjang langkah = ± 1 m) tanpa orang tersebut menyentuh benda apapun yang diketanahkan [13][14]. Untuk mencari besar nilai tegangan langkah dapat menggunakan persamaan seperti berikut:

$$E_t = (R_b + 6\rho)I_k \quad (3)$$

Et = Tegangan langkah (Volt)
Rb = Tahanan badan manusia (Rb = 1000 ohm)
Ik = Harga rms arus
ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)
ts = Lamanya arus mengalir dalam tubuh (detik)

Perhitungan Impedansi Surja Kawat dan Faktor Gandengan

Seperti yang dikatakan di sebelumnya bahwa amplop korona mengubah kapasitansi kawat tetapi tidak merubah nilai induktansi. Radius efektif dari kawat tunggal adalah harga rata-rata geometris dari radius kawat tanpa korona dan dengan korona. Impedansi surja dari kawat tunggal dengan memperhitungkan pengaruh korona.

$$Z_\phi = \sqrt[60]{\ln\frac{2h}{r_{eki}} \text{ x } \ln\frac{2h}{R_C}} \quad (4)$$

$$K = \frac{Z_{a1} + Z_{a2}}{Z_{11} + Z_{12}} \quad (5)$$

Perhitungan Impedansi Surja Menara

$$Z_t = 30 \ln\left[\frac{2(h^2 + r^2)}{r^2}\right] \quad (6)$$

$$a = \frac{2\,Z_g}{Z_g + 2\,Z_t} \quad (7)$$

Perhitungan Koefisien a Pantulan pada Puncak Menara Untuk Gelombang yang datang dari Dasar Menara

Untuk menghitung koefisien a pantulan pada puncak menara dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$b = a - 1 \quad (8)$$

Perhitungan Tegangan pada Puncak Menara

Untuk menghitung tegangan pada puncak menara berdsarakan nilai dari impedansi kawat tanah dan impedansi surja menara dengan persamaan sebagai berikut :

$$e = \frac{Z_g Z_t}{Z_g + 2Z_t} I_s \quad (9)$$

Perhitungan Koefisien Pantulan b pada Dasar Menara

Untuk menghitung Koefisien pantulan b menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$d = \frac{R - Z_t}{R + Z_t} \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Besar tegangan yang timbul pada isolasi transmisi tergantung pada kedua parameter kilat, yaitu puncak dan kecuraman muka gelombang kilat. Tidak semua sambaran kilat dapat mengakibatkan lompatan api (flashover) pada isolasi saluran.

Demikian juga tidak semua lompatan api yang timbul dapat beralih menjadi busur api yang mengakibatkan gangguan saluran (line outage).

Hasil-hasil pengamatan di lapangan dan hasil-hasil perhitungan akhir-akhir ini membenarkan metode AIEE diatas, bahwa phasa paling bawah yang pertama-tama mengalami lompatan api. Jadi disini juga penulis mengasumsikan bahwa phasa yang paling bawah yang akan mengalami lompatan api paling dahulu akibat sambaran kilat pada menara.

Tabel 1. Spesisfikasi menara

Spesifikasi	Panjang (Meter)
Tinggi menara	50,3
Panjang lengan kawat tanah	2,13
Panjang lengan kawat phasa	3,25
Jarak antar lengan kawat tanah dan kawat phasa	2,9
Jarak antar lengan kawat phasa	5,4
Jarak antar menara	300
Lebar Menara	8,115
Jarak antar kawat tanah	5,51
Radius kaki menara	4,057

Tabel 2. Spesifikasi Kawat

Keterangan	Kawat Phasa	Kawat Tanah
Jenis Kawat	ACSR	GSW
Luas	450 mm^2	60 mm^2
R dc 20^OC	0,0642 ohm/km	0,492 ohm/km
Radius	0,0289 m	0,0063 m

Tabel 3. Spesifikasi Isolator

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah Isolator	12 Piring
Panjang	2,04 m
Rate Mechanical Failing Load	160 kN
Bahan	Porcelin

Tabel 4. Nilai Pentanahan

No	Leg	Besar Tahanan (ohm)
1	A	12,5
2	C	11,3
Rata-Rata		11,9

Perhitunngan Tegangan pada Puncak Menara

Untuk menghitung tegangan pada puncak menara berdsarakan nilai dari impedansi kawat tanah dan impedansi surja menara dengan persamaan (11) sebagai berikut :

$$e = \frac{Z_g Z_t}{Z_g + 2Z_t} I_s$$

$$e = \frac{308{,}907 \text{ x } 172{,}042}{308{,}907 + 2 \text{ x } 172{,}042} \text{ x } \frac{I_o}{T}$$

$$e = 81{,}387 \text{ x } 30$$

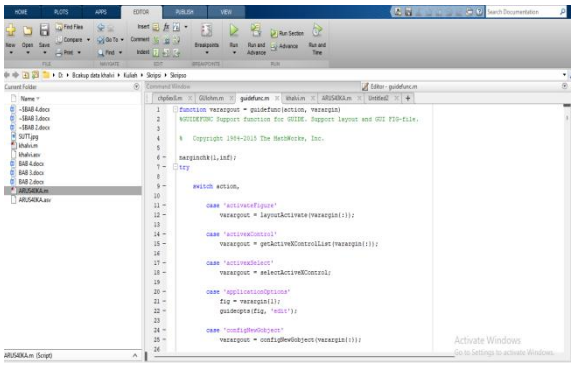
$$e = 2.441{,}61 \text{ kV}$$

Tegangan puncak menara terjadi karena adanya sambaran petir dan arus yang merambat menghadapi besaran impedansi. Di dapat tegangan puncak menara 4967,82 kV sesuai dengan persamaan di atas

Perhitungan *Back Flash* Over menggunakan Matlab

Perhitungan Back falsh over menggunakan matlab ini bertujuan untuk membantu di sisi perhitungan, sehingga nilai yang dihasilkan bisa terkoreksi melalui matlab script. Dalam membuat scriptnya, kita masukan parameter parameter yang sudah di ketahui, seperti tinggi menara, panjang isolator dan lainnya.Melakukan perhitungan back flash over isolator menggunakan software aplikasi matlab R 2016a

1. Membuka *software* R 2016a



Gambar 2 Tampilan software MatlabR 2016a

2. Input rumus ke dalam *script* matlab

```
a12=5.51
L=b12/a12
Zi2=60*log(L)
%Impedansi surja ekivalen kawat tanah%
Zg=(Zi1+Zi2)/2
%Faktor gandengan antara kawat tanah dengan kawat fasa paling bawah%
Za1=60*log(84.26/16.34)
Za2=60*log(84.974/17.633)
K=(Za1+Za2)/(Zi1+Zi2)
%Nilai Zt=172,042%
%Perhitungan Koefisien Terusan a%
Zt=172.042
a=(2*Zg)/(Zg+2*Zt)
%Perhitungan Koefisien Terusan b%
b=a-1
%Perhitungan Tegangan pada Puncak Menara%
ei=(Zg*Zt)/(Zg+2*Zt)
e=ei*(60/T)
%Menghitung Koefisien Pantulan pada Dasar Menara Untuk R=11,9%
O=4.559
d=(O-Zt)/(O+Zt)
%Menghitung Tegangan pada Isolator%
Xi=16.34
B=(1-K)*T
T=1
c=300
I=b-(K*a)
```

Gambar 3 *Script* rumus pada matlab

3. Pastikan rumus pada *script* beserta parameter sudah benar, jika sudah pencet *Run*
4. Jika ada error, periksa lagi rumus dan parameter yang di input ke dalam matlab, perhatikan simbol yang di input ke dalam *scirpt*
5. Berdasarkan *running* dari program *script* matlab R2016a diperoleh tegangan pada isolator saat arus kilat 160 kA adalah 1968,1 kV

```
Vi2 =

   -0.0284

Vi3 =

   -0.0019

Vi =

   1.9681e+03
```

Gambar 4. Hasil perhitungan menggunakan *script* matlab

Perhitungan Tegangan Sentuh

Untuk menghitung tegangan sentuh berdsarkan Tabel 4 dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln\frac{4L}{\alpha} - 1}$$

$$\rho = \frac{2 \text{ x } 3{,}14 \text{ x } 2 \text{ x } 11{,}9}{\ln\frac{4 \text{ x } 2}{0{,}004185} - 1}$$

$\rho = 22{,}80$ ohm meter

Arus fibrilasi untuk berat badan 50 kg dengan t = 0,1 s ;I_k = 0,37 A

Arus fibrilasi untuk berat badan 70 kg dengan t = 0,1 s ;I_k = 0,50 A

Sehingga :

$$Es = (Rb + 1{,}5\rho)I_k$$

$$Es = (1000 + 1{,}5(22{,}80) \text{ x } 0{,}37$$

$$Es = 382{,}654 \text{ V (Untuk yang berat badan 50 kg)}$$

$$Es = 517{,}1 \text{ V (Untuk yang berat badan 70 kg)}$$

Dari persamaan di atas didapat tegangan Sentuh untuk berat badan 50 kg adalah 382,654 V dan tegangan sentuh untuk berat badan 70 kg adalah 517,1 V

Perhitungan Tegangan Langkah

Untuk menghitung tegangan langkah berdasarkan Tabel 4 dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut :

$$E_l = (R_B + 6\rho)I_k$$

$$E_l = [1000 + 6(22{,}80)]0{,}37$$

$$E_l = 420{,}616 \text{ Volt (Untuk berat badan 50 kg)}$$

$$E_l = 568{,}4 \text{ Volt (Untuk berat badan 70 kg)}$$

Dari persamaan di atas didapat tegangan langkah untuk berat badan 50 kg adalah 420,616 V dan tegangan langkah untuk berat badan 70 kg adalah 568,4 V

Perhitunngan Resistansi Menara Menggunakan Metode *Counterpoise*

Untuk menghitung nilai resistansi menara memenuhi SPLN yaitu dibawah 10 ohm dan menghindari terjadinya *back flashover* ketika arus sambaran kilat sebesar 160 kA menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = \sqrt{r.\rho}.\mathrm{Coth}\left(L\sqrt{\frac{r}{\rho}}\right)$$

$$R = \sqrt{0{,}000492 \text{ x } 22{,}80}\ \coth\left(20\sqrt{\frac{0{,}000492}{22{,}80}}\right)$$

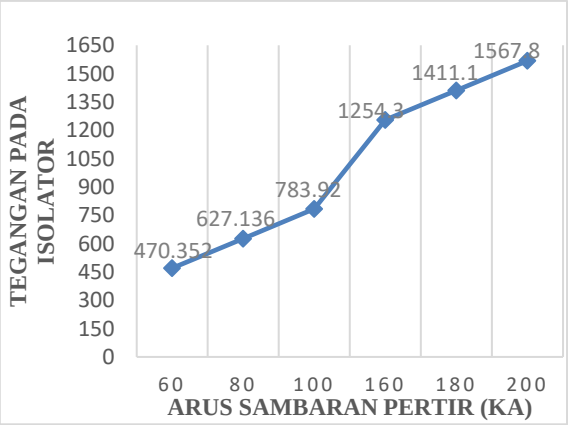
$$R = 1{,}136$$

Tabel 5. Hubungan Panjang Kawat Tanah dengan Nilai Resistansi

Panjang Elektroda (m)	Nilai Resistansi (ohm)
5	4,559
10	2,278
20	1,136

Tabel 6 Tegangan Pada Isolator Dengan Tahanan 4,559 ohm

Arus Sambaran (kA)	Tegangan Pada Isolator (kV)	Tegangan Lompatan Api (kV)
60	470,352	1677,2
80	627,136	
100	783,920	
160	1254,3	
180	1411,1	
200	1567,8	



Gambar 6. Grafik Hubungan Sambaran Arus Petir dengan Tegangan Isolator dengan untuk R= 4,559 Ohm

Tabel 8. Perhitungan Tegangan Langkah dan Sentuh Untuk R = 4,559 Ohm

	Hasil Perhitungan (V)	Standar IEE.Std.80-1986 (V)
Tegangan Langkah		
- Untuk Berat 50 kg	435,352	7000
- Untuk Berat 70 kg	588,314	
Tegangan Sentuh		
- Untuk Berat 50 kg	386,338	1980
- Untuk Berat 70 kg	522,078	

4. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan hasil penelitian tugas akhir berdasarkan analisis nilai pentanahan SUTT 150 kV Perawang - Siak maka didapatkanlah beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dengan menggunakan perhitungan metode counterpoise, maka nilai tahanan pentanahan diperoleh sebesar 4,559 ohm, tegangan pada isolator 1254,3 kV dengan karakteristik arus sambaran petir sebesar 160 kA. Nilai pentanahan setelah dilakukan metode perthitungan menggunakan counterpoise sebesar 4,559 masih dibawah nilai standar yaitu 10 ohm untuk SUTT 150 kV
2. Pada saat nilai pentanahan 4,559 tegangan sentuh untuk berat badan 50 kg sebesar 386,338 V dan tegangan sentuh untuk berat badan 70 kg sebesar 522,078 V masih dibawah nilai standar IEE.Std.80-1986 yaitu sebesar 1980 V
3. .Pada saat nilai pentanahan 4,559 tegangan langkah untuk berat badan 50 kg sebesar 435,352 V dan tegangan sentuh untuk berat badan 70 kg sebesar 588,314 V masih dibawah nilai standar IEE.Std.80-1986 yaitu sebesar 7000 V

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Afandi, A.N. (2005). *Sistem Tenaga Listrik Operasi Sistem dan Pengendalian*. Malang:Universitas Negri Malang.

[2] Hajar, Ibnu. & Rahman, Eko. (2007). *Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung*, 9 (2), 101 - 179

[3] Heris Pontiawan, (2020). *Analisis Pentanahan Kaki Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV*

Pati-Jekulo. Jurnal NCIET Vol. 1, E-ISSN :2746-0975.

[4] Kurnia Putra, Yoppi.(2017). *Analisis Kemampuan Pentanahan Menara SUTT Terhadap Sambaran Petir Langsung yang Mengakibatkan Back flashover Pada Saluran Transmisi 150 kV Ponorogo - Manisrejo.Malang*: Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang

[5] Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL), (2011). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional

[6] PT. PLN (Persero) JMK., (2011). *Buku Pedoman Supervisi Konstruksi Jaringan (Transmisi, Gardu Induk & Scada-Tel)*. Jakarta: PT. PLN (Persero).

[7] PT. PLN (Persero), (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET*. Jakarta: PT. PLN (Persero).

[8] Randhika, G. Dr.M.Suryakalavathi. Subramanian, K.Bala.(2013). *Back Flashover Analysis and Protection of a 220 KV Sub Station*. Department of Electrical & Electronics Engineering, VNR VJIET. Hyderabad .

[9] Renaldi P.Luntungan, (2018). *Analisis Daerah Lindung dan Grounding Pada Tower Transmisi Akibat Terjadinya Back Flashover*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol. 7 No. 3, ISSN :2301-8402

[10] Standar IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), 80-2000

[11] T.SHutauruk. 2021. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja* Jakarta : Erlangga

[12] SPLN T.5012: 2020, Pembumian Pada Gardu Induk dan Jaringan Transmisi, PT. PLN (Persero)

[13] Tanjung, Abrar, (2015), *Analisis Sistem Pentanahan Transformator daya Di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru*, Jurnal SITEKIN UIN Susqa, Vol. 12 No. 2, Pekanbaru, ISSN 2407-0939 (On Line)

[14] Tanjung, Abrar, Elvira Zondra, 2015, *Analisis Sistem Pengaman Menara Seluler SmartfrenPada Perumahan Masyarakat Di Kelurahan Umban Sa*ri, Jurnal Elementer, Vol 1 No. 2, hal 10 – 19.