

Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Peletakan Kabel Tanah 20 kV

Olivie T.L Mogot, Lily S. Patras, Fielman Lisi

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

Email: olivmogot@gmail.com, lilyspatras@unsrat.ac.id, fielmanlisi@unsrat.ac.id

Abstract — *The purpose of this research is to make it easier to determine the correct laying arrangement with the appropriate cables and soil contours so that the calculation of ground wire laying is done so that it can help the selection of the right cable type. The type N2XSY 1x50cm/ 16 is better placed in a horizontal, with a ground resistance of 1 Km / W according to the standard laying of ground cables. The temperature value generated in the trefoil formation is 79 ° C lower than the trefoil formation which is 87 ° C.*

Keywords — *Field Strength; Increase in Temperature; Laying Models; Underground Cable.*

Abstrak — Tujuan penelitian ini untuk mempermudah dalam menentukan susunan peletakan yang benar dengan jenis kabel dan kontur tanah yang sesuai maka perhitungan peletakan kabel tanah dilakukan agar dapat membantu pemilihan jenis kabel yang tepat, dengan kontur tanah dan model peletakan kabel yang tepat. Berdasarkan analisa data yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa kabel jenis N2XSY 1x50cm/16 lebih baik diletakan dengan formasi mendatar, dengan resistansi tanah 1 K.m/W sesuai standar peletakan kabel tanah. Karena berdasarkan analisa yang dilakukan nilai temperature yang dihasilkan pada formasi trefoil adalah 79°C lebih rendah dibandingkan dengan nilai temperatur yang dihasilkan pada formasi trefoil yaitu 87°C.

Kata kunci — Kabel Bawah Tanah; Kenaikan Temperatur; Kuat Medan; Model-Model Peletakan.

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi dibagi menjadi tiga macam, yaitu saluran udara (*overhead line*), saluran bawah tanah (*underground cable*), dan penyaluran listrik melalui kabel laut (*submarine cable*). Ketiga sistem ini mempunyai kekurangan dan kelebihan masing-masing.

Biaya pemasangan, untuk penyaluran listrik melalui kabel bawah tanah jauh lebih mahal daripada kabel pada saluran udara. Walaupun mahal, kabel bawah tanah masih diminati oleh pengguna di daerah perkotaan karena memberikan keuntungan yaitu, memberikan keindahan untuk daerah sekitar karena tidak nampak di permukaan tanah, dan memberikan keamanan untuk orang-orang sekitar.

Dalam teknik elektro kabel dapat digambarkan dalam suatu rangkaian listrik, dan arus listrik sebanding dengan

panas, dan panas itu akan mengakibatkan gangguan pada kabel. Untuk itu dalam menganalisa suatu kabel tanah dapat lebih mudah dengan mengubah menjadi suatu rangkaian. Sehingga kami mencoba untuk membahas mengenai rugi-rugi kabel bawah tanah yang meliputi rugi-rugi karena arus maupun rugi-rugi karena tegangan, dan resistansi thermal pada kabel bawah tanah, dan formasi peletakan.

II. METODE PENELITIAN

A. Kabel Tanah

Kabel tanah merupakan konduktor yang diberi isolasi yang berfungsi sebagai penghantar dan mencegah terjadinya hubung singkat antar konduktor satu dengan konduktor yang lainnya dan konduktor dengan tanah.

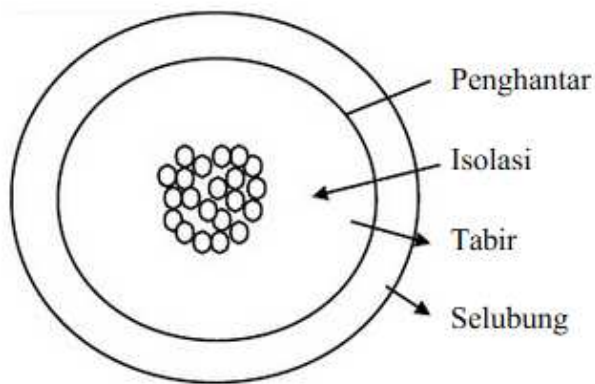
B. Konstruksi Kabel

Pada umumnya konstruksi kabel tanah yang digunakan untuk distribusi tenaga listrik tegangan rendah dan tegangan menengah, dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian utama dan bagian pelengkap. Bagian utama, terdiri dari penghantar, isolasi, tabir dan selubung. Bagian pelengkap, terdiri dari bantalan, perisai, bahan pengisi, sarung kabel dan lapisan penahan kebocoran air. Bagian pelengkap ini berguna untuk memperbaiki sifat-sifat kabel tanah sebagai tenaga listrik. Konduktor merupakan bagian terdalam pada kabel yang berfungsi sebagai penghantar, isolasi merupakan lapisan selanjutnya setelah konduktor yang berfungsi untuk mencegah terjadinya hubung singkat antar konduktor satu dengan konduktor lainnya maupun konduktor dengan tanah. Lapisan terluar kabel disebut selubung luar [1].

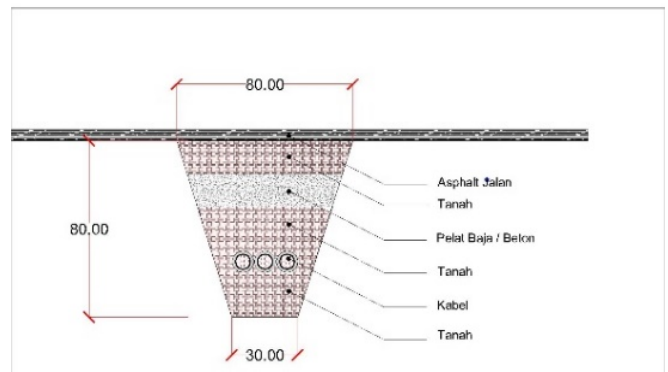
C. Pemasangan Kabel Bawah Tanah

Ada beberapa cara untuk memasang kabel bawah tanah, misalnya [3]:

- 1) Kabel tanah ditanam langsung di tanah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Kabel diletakkan di parit yang biasanya digali oleh mesin



Gambar 1. Bagian utama kabel tanah [2]



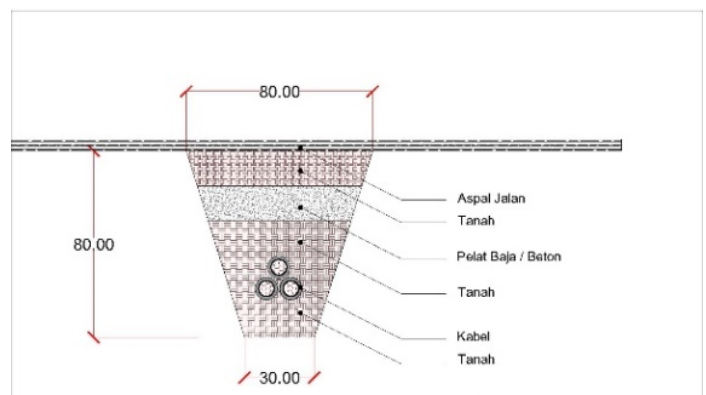
Gambar 2. Formasi mendatar (*flat*)

- 2) Kemungkinan dibangun terowongan untuk keperluan lain, misalnya saluran pembuangan, saluran air, pipa gas, dan saluran-saluran untuk telepon dan kabel telegraf.

Pemasangan kabel dalam tanah dapat dilakukan dengan penanaman langsung atau melalui saluran pelindung (*duck*). Pemasangan kabel tanah meliputi kedalaman penanaman kabel dan nilai resistivitas thermal. Resistivitas thermal untuk penanaman langsung diasumsikan pada tanah yang ideal dengan nilai resistivitas thermal 1 K.m/W dengan temperatur lingkungan dalam tanah 30°C. Letak kabel tanah harus ditandai dengan patok tanah kabel yang kuat, jelas dan tidak mudah hilang. Perlindungan terhadap kerusakan mekanis pada umumnya dianggap mencukupi jika kabel tanah di tanam [4] :

- Minimum 0,8 m di bawah permukaan tanah pada jalan yang dilewati kendaraan,
- Minimum 0,6 m di bawah permukaan tanah yang tidak dilewati kendaraan.

Kabel tanah yang ditanam harus ditutupi dengan tanah atau pasir yang bebas dari batu-batuan , tebal lapisan tanah atau pasir tidak < dari 5 cm disekeliling kabel tanah. Diatas lapisan tanah atau pasir dapat dipasang beton, atau bata pelindung, dan dipasang tutup pelindung yang terbuat dari lempengan atau dari bahan tahan api.



Gambar 3. Formasi *trefoil*

D. Perhitungan Pada Kabel Bawah Tanah

Untuk mendapatkan nilai kenaikan temperatur pada kabel bawah tanah maka yang harus diperhatikan adalah :

1) Resistansi Thermal

Resistansi *thermal* adalah kemampuan material untuk menghalangi aliran panas. Resistansi thermal terdiri dari beberapa bagian, dimana T_2 dianggap 0. Berikut beberapa jenis resistansi *thermal* :

- a. Resistansi *Thermal* Lapisan diantara Konduktor dan Selubung Logam (T_1) merupakan resistansi isolasi. Untuk menghitung resistansi *thermal* mengacu pada (1) :

$$T_1 = \frac{\rho_{isolasi}}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{2t_i}{dc} \right) \tag{1}$$

Dimana:

ρ = Resitivitas thermal bahan isolasi [K.m/W]

t_i = Tebal lapisan isolasi [m]

dc = Diameter luar konduktor, termasuk lapisan pelindung konduktor [m]

b. Perhitungan Resistansi *Thermal* Lapisan Selubung luar (T_3), untuk menghitung resistansi *thermal* lapisan selubung luar mengacu pada (2) :

$$T_3 = \frac{\rho_{selubung\ luar\ untuk\ PVC}}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{2t_3}{D'a}\right) \quad (2)$$

Dimana:

ρ = Resistivitas *thermal* bahan selubung luar [K.m/W]

t_3 = Tebal lapisan selubung luar [m]

D'a = Diameter luar armor; Untuk kabel tanpa armor D'a adalah diameter luar lapisan di bawah selubung luar seperti selubung dalam, selubung logam atau *bedding* [m]

c. Resistansi *Thermal* Permukaan Kabel / Sekeliling Kabel (T_4)

Untuk menghitung nilai *thermal* permukaan kabel pada formasi mendatar dapat mengacu pada (3) :

$$T_4 = \rho_{tanah} [0,475 \ln(2u) - 0,346] \quad (3)$$

Dan untuk formasi *trefoil* mengacu pada (4) :

$$T_4 = \frac{\rho_{tanah}}{2\pi} [\ln(2u) + 2 \ln(u)] \quad (4)$$

Dimana:

ρ_s = Resistivitas *thermal* tanah

$u = 2L/De$

L = Kedalaman penanaman kabel [m]

De = Diameter luar kabel [m]

2) Kuat Hantar Arus

Nilai kuat hantar arus berfungsi untuk mengetahui maksimum arus yang dapat dihantar oleh kabel [5], dan mengacu pada (5)

$$I = \left[\frac{(\theta - \theta_{amb}) - W_c [0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)} \right]^{0,5} \quad (5)$$

Dimana:

T_1 = Nilai resistansi *thermal* isolasi [K.m/W]

T_2 = Nilai resistansi *thermal* lapisan diantara selubung logam dan perisai [K.m/W]

T_3 = Nilai resistansi *thermal* lapisan selubung luar [K.m/W]

T_4 = Nilai resistansi *thermal* permukaan/sekeliling kabel [K.m/W]

R = Resistansi AC konduktor saat pengoperasian pada temperatur maksimum [Ω/m]

θ = Temperatur aktual konduktor maksimum untuk batas kerja isolasi [$^{\circ}C$]

θ_{amb} = Temperatur lingkungan dalam tanah [$^{\circ}C$]

3) Kenaikan Temperature

Kenaikan temperature terjadi pada beberapa bagian, untuk membedakan perpindahan panas didalam dan diluar kabel digunakan persamaan berikut ini :

Untuk Resistansi Thermal Kabel, mengacu pada (6) :

$$T = \frac{T_4}{n} + (1 + \lambda_1)T_2 + (1 + \lambda_1 + \lambda_2) T_3 \quad (6)$$

Untuk Resistansi *thermal* dielektrik, mengacu pada (7) :

$$T_d = \frac{T_4}{2n} + T_2 + T_3 \quad (7)$$

Untuk Rugi Total, mengacu pada (8) :

$$W_T = W_1 + W_d = W_c (1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d \quad (8)$$

Dimana:

W_c = Rugi joule pada konduktor [W/m]

W_d = Rugi dielektrik [W/m]

T_1 = Resistansi *thermal* isolasi [K.m/W]

T_2 = Resistansi *thermal* lapisan antara selubung logam dan perisai [K.m/W]

T_3 = Resistansi *thermal* selubung luar [K.m/W]

T_4 = Resistansi *thermal* permukaan kabel [K.m/W]

λ_1, λ_2 = Perbandingan faktor rugi pada selubung logam dan armor

n = Jumlah inti konduktor pada kabel

Sehingga persamaan kenaikan temperature mengacu pada (9) :

$$\Delta\theta = n(W_c T + W_T T_d + W_d T_d) \quad (9)$$

Dimana:

T = Resistansi *thermal* kabel [K.m/W]

T_d = Resistansi *thermal* dielektrik [K.m/W]

W_T = Rugi total [W/m]

Kenaikan *temperature* pada setiap komponen, dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

a. Kenaikan *temperature* pada selubung logam

Untuk perhitungan kenaikan *temperature* pada selubung logam mengacu pada (10) :

$$\Delta\theta_s = \theta_{amb} + n \{ [W_c (1+\lambda_1+\lambda_2) + W_d] (T_3+T_4) \} \quad (10)$$

b. Kenaikan *temperature* pada konduktor

Untuk perhitungan kenaikan *temperature* pada konduktor mengacu pada (11) :

$$\Delta\theta_c = \Delta\theta_s + (W_c + 0,5W_d) T_1 \quad (11)$$

c. Kenaikan *temperature* akibat rugi dielektrik

Untuk perhitungan kenaikan *temperature* akibat rugi dielektrik mengacu pada (12) :

$$\Delta\theta_d = W_d T_d \quad (12)$$

E. Data Teknis

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

- 1). Data konstruksi tabel, dapat dilihat pada lampiran.
- 2). Data resistivitas Thermal dan koefisien *temperature* Bahan Logam, dapat dilihat pada tabel I.

TABEL I. TABEL RESISTIVITAS *THERMAL* DAN KOEFISIEN TEMPERATUR BAHAN LOGAM [6]

Material	Resistivitas	Koefisien
	<i>Thermal</i> (ρ_{20}). 10^{-8} Ω .m	Temperatur (α_{20}). 10^{-3} per $^{\circ}$ C
Tembaga	1,7241	3,93

TABEL II. TABEL PERMITIVITAS DAN FAKTOR RUGI ISOLASI

Tipe Kabel	ϵ	Tan δ
XLPE	2.5	0.004

- 3). Data permitivitas bahan isolasi dan faktor rugi isolasi, dapat dilihat pada tabel II
- 4). Data resistansi konduktor kabel, dapat dilihat pada tabel III.
- 5). Data konduktivitas panas jenis tanah, dapat dilihat pada tabel IV.

TABEL III. TABEL RESISTANSI KONDUKTOR KABEL[7]

Luas Penampang	Resistansi DC	
	Maksimum 20 $^{\circ}$ C (R_{20})	
	Tembaga Polos	Aluminium
mm ²	Ohm/km	Ohm/km
35	0,524	0,868
50	0,387	0,641
70	0,268	0,443
95	0,193	0,320
120	0,153	0,253
150	0,124	0,206
185	0,0991	0,164
240	0,0754	0,125
300	0,0601	0,100
400	0,0470	0,0778
500	0,0366	0,0605
630	0,0283	0,0469
800	0,0221	0,0367

TABEL IV. TABEL KONDUKTIVITAS PANAS JENIS TANAH [8]

Konduktivitas Panas Tanah (K.m/W)	Kondisi Tanah	Kondisi suhu
0.7	Sangat lembab	Selalu lembab
1.0	Lembab	Curah hujan tinggi
2.0	Kering	Curah hujan rendah
3.0	Sangat Kering	Sedikit curah hujan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Peletakan Kabel Tanah 20 kV telah dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan parameter-parameter yang akan digunakan untuk penentuan formasi dan jenis tanah yang tepat sesuai dengan jenis kabel, perhitungan tersebut antara lain.

A. Resistansi Thermal

Untuk perhitungan resistansi *thermal* data yang digunakan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{isolasi}} = 3,5 \text{ K.m/W}$$

$$\rho_{\text{selubung luar untuk PVC}} = 5,0 \text{ K.m/W}$$

$$\rho_{\text{tanah sangat lembab}} = 0,7 \text{ K.m/W}$$

$$\rho_{\text{tanah lembab}} = 1 \text{ K.m/W}$$

$$\rho_{\text{tanah sangat kering}} = 2 \text{ K.m/W}$$

$$\rho_{\text{tanah kering}} = 3 \text{ K.m/W}$$

$$L = 0,8 \text{ [m]}$$

- Resistansi Thermal Lapisan diantara Konduktor dan Selubung Logam (T_1)

Perhitungan resistansi *thermal* sebagai berikut :

$$T_1 = \frac{\rho_{\text{isolasi}}}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{2t_1}{d_c}\right) = \frac{3,5}{2 \cdot 3,14} \ln\left(1 + \frac{1,0,055}{0,00899}\right) = 0,446 \text{ K.m/W}$$

- Perhitungan Resistansi Thermal Lapisan Selubung luar (T_3)

Perhitungan resistansi *thermal* lapisan selubung luar sebagai berikut :

$$T_3 = \frac{\rho_{\text{selubung luar untuk PVC}}}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{2t_3}{D_{VL}}\right) = \frac{5}{2 \cdot 3,14} \ln\left(1 + \frac{1,0,002}{0,02356}\right) = 0,180 \text{ [K.m/W]}$$

- Perhitungan Resistansi Thermal Permukaan Kabel / Sekeliling Kabel (T_4)

untuk formasi mendatar kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_4 = \rho_{\text{tanah}} [0,475 \ln (2u) - 0,346]$$

Perhitungan resistansi *thermal* permukaan kabel / sekeliling kabel sebagai berikut :

$$\rho_{\text{tanah lembab}} = 1 \text{ [K.m/W]}$$

$$T_4 = 1 [0,475 \ln (2 \cdot 54,09 - 0,346)$$

$$= 1,879 \text{ [K.m/W]}$$

untuk formasi trefoil kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_4 = \frac{\rho_{\text{tanah}}}{2\pi} [\ln (2u) + 2 \ln (u)]$$

Perhitungan resistansi thermal permukaan kabel / sekeliling kabel sebagai berikut :

$$\rho_{\text{tanah lembab}} = 1 \text{ [K.m/W]}$$

$$T_4 = \frac{1}{2 \cdot 3,14} [\ln (2 \cdot 54,09) + 2 \ln (54,09)]$$

$$= 8,727 \text{ [K.m/W]}$$

B. Kuat Hantar Arus

Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui nilai arus yang dapat melewati kabel, pada isolasi yang memiliki batas kerja temperature. Perhitungan kuat hantar arus sebagai berikut :

$$I = \left[\frac{(9 - \rho_{\text{tanah}}) - W_d [0,5T_1 + 3(T_2 + T_3 + T_4)]}{R T_1 + n R (1 + \lambda_1) T_2 + n R (1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + T_4)} \right]^{0,5}$$

Berikut perhitungan untuk arus pada formasi mendatar :

$$I = \left[\frac{(9 - 1) - 0,001 [0,5(0,446) + 3(0,180 + 0,315)]}{4,928 \cdot 10^{-4} + 1,432 \cdot 10^{-3} (1 + 0,2354 \cdot 10^{-7}) + 1,432 \cdot 10^{-3} ((1 + 0,2354 \cdot 10^{-7}) + 0) (0,000 + 0,315) } \right]^{0,5} = \left[\frac{89,946}{4,590 \cdot 10^{-4}} \right]^{0,5} = 250,05 \text{ [A]}$$

Untuk arus pada formasi trefoil, maka perhitungan arus sebagai berikut :

$$I = \left[\frac{(9 - 1) - 0,001 [0,5(0,446) + 3(0,180 + 0,302)]}{4,928 \cdot 10^{-4} + 1,432 \cdot 10^{-3} (1 + 0,2354 \cdot 10^{-7}) + 1,432 \cdot 10^{-3} ((1 + 0,2354 \cdot 10^{-7}) + 0) (0,000 + 0,302) } \right]^{0,5} = \left[\frac{89,720}{4,510 \cdot 10^{-4}} \right]^{0,5} = 115,11 \text{ [A]}$$

C. Menentukan Rugi Konduktor

Setelah mendapatkan nilai arus maka selanjutnya kita dapat menentukan nilai rugi konduktor pada kabel dengan formasi trefoil maupun mendatar, rugi konduktor dapat kita hitung dengan perhitungan :

untuk formasi mendatar :

$$W_c = I^2 R = (250,1)^2 \cdot 4,936 \times 10^{-4} = 30,958 \text{ [W/m]}$$

untuk formasi trefoil :

$$W_c = I^2 R = (115,1)^2 \cdot 4,936 \times 10^{-4} = 6,561 \text{ [W/m]}$$

D. Kenaikan Temperatur berdasarkan Formasi dan Jenis Tanah

Temperature pada kabel dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$T = \frac{T_1}{n} + (1 + \lambda_1) T_2 + (1 + \lambda_1 + \lambda_2) T_3$$

$$T_{flat} = \frac{0,446}{1} + (1 + 3,254 \cdot 10^{-7}) 0 + (1 + 3,254 \cdot 10^{-7} + 0) 0,180$$

$$= 0,626 \text{ [K.m/W]}$$

$$T_{trefoil} = \frac{0,446}{1} + (1 + 2,791 \cdot 10^{-7}) 0 + (1 + 2,791 \cdot 10^{-7} + 0) 0,180$$

$$= 0,626 \text{ [K.m/W]}$$

$$T_d = \frac{T_1}{2n} + T_2 + T_3 = \frac{0,446}{2 \cdot 1} + 0 + 0,180 = 0,403 \text{ [K.m/W]}$$

$$W_T = W_1 + W_d = W_c (1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d$$

- Tanah lembab ($\rho = 1 \text{ K.m/W}$)

$$W_{T \text{ mendatar}} = 23,985 (1 + 3,254 \cdot 10^{-7} + 0) + 0,031$$

$$= 24,016 \text{ [W/m]}$$

$$W_{T \text{ trefoil}} = 6,403 (1 + 2,791 \cdot 10^{-7} + 0) + 0,031$$

$$= 6,435 \text{ [W/m]}$$

Maka, kenaikan temperature dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

- Tanah lembab ($\rho = 1 \text{ K.m/W}$)

$$\Delta\theta_{mendatar} = n(W_c T + W_T T_4 + W_d T_d)$$

$$= 1(23,985 \cdot 0,626 + 24,016 \cdot 1,879 + 0,031 \cdot 0,403) = 60^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_{trefoil} = n(W_c T + W_T T_4 + W_d T_d)$$

$$= 1(6,403 \cdot 0,626 + 6,435 \cdot 8,727 + 0,031 \cdot 0,403) = 60^\circ\text{C}$$

Kenaikan temperature dapat terjadi pada setiap komponen/ lapisan kabel, berikut perhitungannya :

1. Kenaikan temperature pada selubung logam

- Tanah sangat lembab ($\rho = 1 \text{ K.m/W}$)

$$\Delta\theta_{s \text{ mendatar}} = \theta_{amb} + n \{ [W_c (1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d] (T_3 + T_4) \}$$

$$= 30 + 1 \cdot \{ [23,985 (1 + 3,254 \times 10^{-7} + 0) + 0,031] (0,180 + 1,879) \}$$

$$= 79,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_{s \text{ trefoil}} = \theta_{amb} + n \{ [W_c (1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d] (T_3 + T_4) \}$$

$$= 30 + 1 \cdot \{ [6,403 (1 + 2,791 \times 10^{-7} + 0) + 0,031] (0,180 + 8,727) \}$$

$$= 87,3^\circ\text{C}$$

2. Kenaikan temperature pada konduktor

- Tanah lembab ($\rho = 1 \text{ K.m/W}$)

$$\Delta\theta_{c \text{ mendatar}} = \Delta\theta_s + (W_c + 0,5W_d) T_1$$

$$= 79,5 + (23,985 + 0,5 \cdot 0,031) 0,446 = 90^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_{c \text{ trefoil}} = \Delta\theta_s + (W_c + 0,5W_d) T_1$$

$$= 87,3 + (6,403 + 0,5 \cdot 0,031) 0,446 = 94^\circ\text{C}$$

$$= 87,5 + (5,928 + 0,5 \cdot 0,031) 0,446 = 94^\circ\text{C}$$

3. Kenaikan temperature akibat rugi dielektrik

$$\Delta\theta_d = W_d T_d = 0,031 \cdot 0,403 = 0,013 \text{ [W/m]}$$

E. Kuat Medan

Kuat medan listrik pada tiap lapisan kabel harus diperhatikan. Kuat medan listrik maximum akan terjadi pada sisi paling dalam. Kuat medan pada setiap lapisan berbeda-beda [9,10].

- Kuat medan listrik maximum

$$E_{max}(\text{lapisan pelindung konduktor})$$

$$= \frac{V}{r_1 \ln \frac{r_2}{r_1}} = \frac{20}{0,449 \ln \frac{0,929}{0,449}} = 60 \text{ kV/cm}$$

$$E_{max}(\text{lapisan isolasi})$$

$$= \frac{V}{r_2 \ln \frac{r_3}{r_2}} = \frac{20}{0,949 \ln \frac{1,899}{0,949}} = 50 \text{ kV/cm}$$

$$E_{max}(\text{lapisan pelindung isolasi})$$

$$= \frac{V}{r_3 \ln \frac{r_4}{r_3}} = \frac{20}{1,449 \ln \frac{1,899}{1,449}} = 47 \text{ kV/cm}$$

$$E_{max}(\text{lapisan selubung logam})$$

$$= \frac{V}{r_4 \ln \frac{r_5}{r_4}} = \frac{20}{1,949 \ln \frac{1,899}{1,949}} = 45 \text{ kV/cm}$$

$$E_{max}(\text{lapisan selubung luar})$$

$$= \frac{V}{r_5 \ln \frac{r_6}{r_5}} = \frac{20}{2,449 \ln \frac{1,899}{2,449}} = 44 \text{ kV/cm}$$

- Kuat medan listrik minimum

$$E_{min}(\text{lapisan pelindung konduktor})$$

$$= \frac{V}{R_1 \ln \frac{R_2}{R_1}} = \frac{20}{1,179 \ln \frac{1,679}{1,179}} = 48 \text{ kV/cm}$$

$$E_{min}(\text{lapisan isolasi})$$

$$= \frac{V}{R_2 \ln \frac{R_3}{R_2}} = \frac{20}{1,679 \ln \frac{2,179}{1,679}} = 46 \text{ kV/cm}$$

$$E_{min}(\text{lapisan pelindung isolasi})$$

$$= \frac{V}{R_3 \ln \frac{R_4}{R_3}} = \frac{20}{2,179 \ln \frac{2,679}{2,179}} = 44 \text{ kV/cm}$$

$$E_{min}(\text{lapisan selubung logam})$$

$$= \frac{V}{R_4 \ln \frac{R_5}{R_4}} = \frac{20}{2,679 \ln \frac{3,179}{2,679}} = 44 \text{ kV/cm}$$

$$E_{min}(\text{lapisan selubung luar})$$

$$= \frac{V}{R_5 \ln \frac{R_6}{R_5}} = \frac{20}{3,179 \ln \frac{3,679}{3,179}} = 43 \text{ kV/cm}$$

TABEL V. DATA HASIL PERHITUNGAN RESISTANSI *THERMAL* LAPISAN DIANTARA KONDUKTOR DAN SELUBUNG LOGAM (T₁), LAPISAN LUAR (T₃), DAN PERMUKAAN KABEL/SEKELILING KABEL (T₄) N2XSY PADA FORMASI MENDATAR DAN TREFOIL

Luas Penampang (mm ²)		50
T ₁ [K.m/W]		0,446
T ₃ [K.m/W]		0,180
T ₄ (formasi mendatar) [K.m/W]	0,7 [K.m/W]	1,315
	1 [K.m/W]	1,879
	2 [K.m/W]	3,758
T ₄ (formasi trefoil) [K.m/W]	3 [K.m/W]	5,636
	0,7 [K.m/W]	8,,503
	1 [K.m/W]	8,727
[K.m/W]	2 [K.m/W]	9,473
	3 [K.m/W]	10,219

TABEL VI. TABEL HASIL HITUNG KENAIKAN TEMPERATUR PADA SELUBUNG LOGAM, DAN AKIBAT RUGI DIALEKTRIK KABEL N2XSY PADA FORMASI MENDATAR DAN FORMASI TREFOIL

Luas Penampang (mm ²)		50
$\Delta\theta_s$ (flat formation) °C	0,7 °C	76,350
	1 °C	79,457
	2 °C	84,042
$\Delta\theta_s$ (trefoil formation) °C	3 °C	85,876
	0,7 °C	87,246
	1 °C	87,317
[K.m/W]	2 °C	87,528
	3 °C	87,711
$\Delta\theta_d$ (W/m)		1,267x10 ⁻²

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan penelitian yang saya lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai temperature yang dihasilkan pada formasi trefoil adalah 79°C lebih rendah dibandingkan dengan nilai temperature yang dihasilkan pada formasi trefoil yaitu 87°C. Hasil perhitungan peletakan kabel tanah menunjukkan bahwa formasi mendatar lebih baik digunakan daripada formasi trefoil, dan tahanan tanah yang ideal sesuai dengan standar penanaman untuk digunakan adalah tanah yang memiliki resistivitas tanah 1 K.m/W.

TABEL VII. DATA HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN

Lapisan	E _{max} (kV/cm)	E _{min} (kV/cm)
Pelindung Konduktor	60	48
Isolasi	50	46
Pelindung Isolasi	47	44
Selubung Logam	45	44
Selubung Luar	44	43

Nilai kuat medan yang dihasilkan disetiap lapis berbeda-beda, nilai kuat maksimum terjadi pada bagian dalam kabel yaitu 60 kV/cm, dan nilai kuat medan maksimum terendah terjadi pada bagian terluar yaitu 44 kV/cm. Sama halnya dengan kuat medan minimum terbesar terjadi pada bagian terdalam kabel yaitu 48 kV/cm, dan kuat medan minimum terkecil terdapat pada bagian terluar dengan nilai yaitu 43 kV/cm.

B. Saran

Saran yang dapat saya berikan berdasarkan dengan analisa yang saya lakukan adalah Kabel N2XSY di gunakan pada tanah yang memiliki resistivitas tanah 1 K.m/W, di pasang dengan formasi mendatar untuk mencegah terjadinya panas berlebih. Penelitian ini dapat diteruskan pada kabel berinti tiga maupun banyak

BAB V KUTIPAN

- [1] Gönen, T. 1988. “ *Electric Power Transmission System Engineering : Analysis and Design.*” California State University Sacramento: A Wiley-Interscience Publication.
- [2] SPLN. “Kabel Tanah Inti Tunggal Berisolasi XLPE dan Berselubung PE/PVC Dengan atau Tanpa Perisai Tegangan Pengenal 3,6/6 (7,2) kV s/d 12/20 (24) kV, Departemen Pertambangan dan Energi” Jakarta, 1995.
- [3] Anders, G.J.. “*Rating of Electric Power Cable: Ampacity Computations or Transmissio, Distribution, and Industrial Applications.* New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc”. 1997
- [4] Abdul Kadir. Ir.. “Pengantar Teknik Tenaga Listrik” Penerbit LP3ES. Jakarta. 1984
- [5] Lutfi, A.M. Perhitungan Termis dan Kemampuan Hantar Arus Kabel Bawah Tanah 20 kV pada PT. PLN (PERSERO) AREA PONTIANAK
- [6] Gilbertson, Oswald I. “*Electrical cables for power and signal transmission*”. USA. 2000

- [7] SPLN. “Persyaratan Penghantar Tembaga dan Alumunium untuk Kabel Listrik Berisolasi, Departemen Pertambangan dan Energi” Jakarta. 1991.
- [8] Paramita, Indriyanti. “Analisis Pengaruh Jenis dan Kedalaman Tanah Terhadap Kuat Medan Listrik serta Kapasitas Hantar Arus pada Kabel XLPE 20 kV dengan Metode Elemen Hingga. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember”. 2009
- [9] Gupta, J.B. “ *Electrical Power* “; *Revised Edition. SSMB Publishing Division. New Delhi.* 1996
- [10] Nazar Hussain Malik, A.A. Al-Arainy, Mohammad Iqbal Qureshi. *Electrical Insulation in Power Sysem.* 1998



Penulis bernama lengkap Olivie Triana Laurenza Mogot, lahir sebagai anak terakhir dari tiga bersaudara, lahir di Timika pada tanggal 16 Oktober 1996 dari pasangan suami istri Jefry T. Mogot (ayah) dan Nelce Y. Suoth (ibu). Penulis menempuh Pendidikan secara berturut-turut di TK YPK Ebenhaezer Timika (2001-2002), SD YPK Ebenhaezer Timika (2002-2008), SMP YPPK St. Bernardus Timika (2008-2011), dan SMA Negeri 1 Timika (2011-2014). Pada tahun 2014, penulis melanjutkan studi di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dan mengambil jurusan Teknik Elektro. Pada Tahun 2016 memilih konsentrasi minat Tenaga Listrik. Penulis melaksanakan kerja praktek di PT.PLN (PERSERO) Area Penyaluran dan Pengatur Beban Sistem Minahasa selama 2 bulan yaitu pada tanggal 22 Januari 2018 sampai 22 Maret 2018 dan mengikuti Kuliah Kerja Terpadu angkatan 115 di desa Otam Barat, Kecamatan Passi Barat, Kabupaten Bolaang Mongondow.