

ANALISIS TEMPERATUR SAMBUNGAN KABEL XLPE TEGANGAN MENENGAH 20 KV UNTUK BERBAGAI TORSI

Analysis Connector Temperature of 20 kV Middle Voltage XLPE Cable for Variable Torque

Daru Tri Nugroho, S

Program Studi Teknik Elektro Unsoed Purwokerto
 Jl. Mayjen Sungkono KM 5 Blater Purbalingga 53371 Telepon (0281) 6596801
 Email : darutrinugroho@yahoo.com

ABSTRACT

For insulated cable, heat factor is something that has to concern. Current capacity of a cable was influenced by characteristics of cable component. Losses at the cable will cause heat that would overcome through cable component with high resistance before it takes by environmental enclosed. The heating process will cause insulation material. Over heating process will fail insulation material and decrease lifetime of cable.

Experiment on connector temperature of 20 kV middle voltage XLPE cable was doing by injecting constant alternating current from current injector to N2XEBY underground cable type that had cable connector. The test was by giving the different current level, using connector with different material, also with different torque for tightened connector bolt. In this test, we measure temperature on the cable junction every 5 minutes until the temperature equilibrium reaches.

From the experiment we find that electrical current injection causes temperature to increase on cable parts until equilibrium. From relationship between current increasing and temperature increasing on cable parts we can see that maximum temperature increasing happened when it reaches equilibrium and time constant. We also see connector material and relationship torque for tightened cable connector bolt influence temperature and contact area increase.

Key word : Termal characteristic, Cable connector, XLPE cable, Tourque, Equilibrium temperature

PENDAHULUAN

Untuk jaringan kabel bawah tanah, faktor panas merupakan hal penting yang harus diperhatikan. Jika pada jaringan udara, panas yang timbul dapat langsung dibuang ke udara, sedangkan pada kabel bawah tanah, panas yang timbul disalurkan melalui bahan-bahan penyusun kabel sebelum diserap oleh tanah di sekitarnya. Peristiwa perpindahan panas yang terjadi dapat berupa konduksi, konveksi atau radiasi. Dalam proses ini berlaku hukum termodinamika pertama dan kedua, menurut [9].

Sumber panas utama yang terjadi pada suatu kabel tenaga adalah rugi-rugi yang terjadi pada konduktor karena adanya resistansi. Dimana I adalah arus yang mengalir dan R_{ac} adalah resistansi AC.

Temperatur setimbangnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta T_m = qR_t \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\Delta T = \Delta T_m \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_t}} \right) \dots\dots\dots(2.27)$$

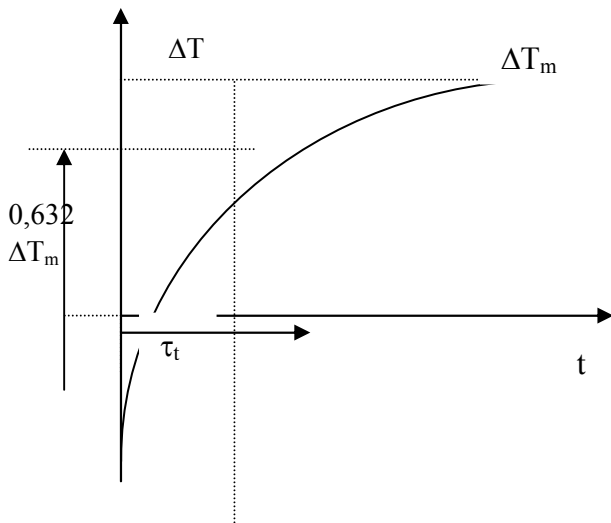
ΔT : kenaikan temperatur ($^{\circ}C$)
 ΔT_m : temperatur setimbang

q : aliran panas rata-rata (W)
 R_t : tahanan termal ($^{\circ}C/W$)
 t : waktu (s)
 τ_t : konstanta waktu termal

Menurut [15], konstanta waktu termal (τ_t) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 63,2

$$P_c = I^2 R_{ac} \dots\dots\dots(2.4)$$

% dari keadaan setimbang. Persamaan ini dapat digambarkan dalam bentuk grafik di bawah ini :



Gambar 2.4 Hubungan temperatur dengan waktu untuk fungsi step [15]

Didalam mekanisme fisik tahanan kontak tidak ada permukaan yang benar-benar halus, dan diperkirakan kekasaran permukaan itulah yang mempengaruhi besarnya tahanan kontak. Ada dua unsur yang menentukan perpindahan kalor pada sambungan yaitu :

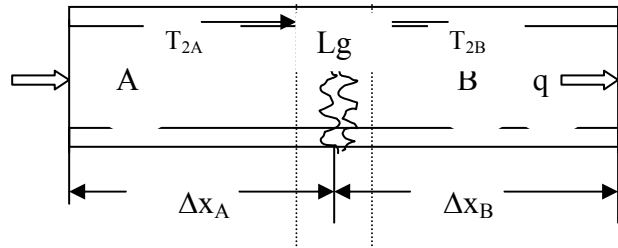
1. Konduksi antara zat padat dengan zat padat pada titik singgung
2. Konduksi melalui gas yang terkurung memenuhi ruang-ruang yang terbentuk karena persinggungan itu.

Faktor kedua ini yang diperkirakan memberikan tahanan utama terhadap aliran kalor, karena konduktivitas gas itu sangat kecil dibandingkan dengan zat padat.

Apabila L_g adalah tebal ruang lowong dan k_f adalah konduktivitas termal fluida yang mengisi ruang lowong serta A adalah luas penampang total batang tersebut. Maka besarnya koefisien kontak h_c adalah :

Fluida yang mengisi ruang lowong biasanya udara sehingga k_f menjadi lebih kecil

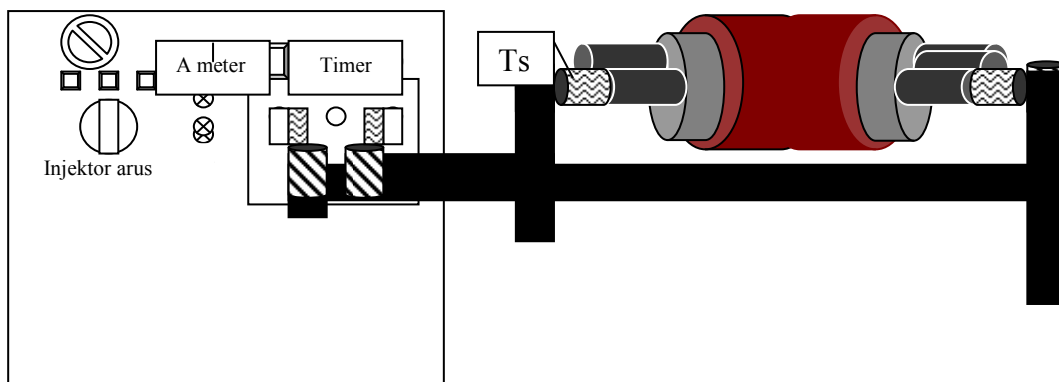
dibandingkan dengan k_A dan k_B . Jika bidang kontak kecil maka tahanan termal utamanya ialah yang disebabkan oleh ruang lowong. Tetapi tahanan kontak dapat diturunkan dengan menggunakan *thermal grease* bahkan sampai 75 %.



Gambar 2.6 Situasi fisis bidang kontak

RANGKAIAN PENGUJIAN

Pengujian temperatur sambungan kabel XLPE tegangan menengah 20 kV yang telah dipasang sambungan kabel, untuk mengetahui hubungan antara pemasangan sambungan kabel terhadap karakteristik termal kabel. Pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan arus AC pada salah satu inti dari kabel XLPE dengan menggunakan injektor arus. Pada pengujian ini selubung logam kabel (*screen*) ditanahkan. Variabel yang digunakan yaitu arus, bahan sambungan kabel dan kekencangan bautnya. Arus yang digunakan sebesar 250 A, 300 A, 350 A dan 400 A. Sambungan kabel dari bahan aluminium, tembaga dan campuran aluminium-tembaga. Torsi kekencangan baut diatur pada posisi terkecil kunci momen yaitu sebesar 10 ft.lbn setara dengan 13,56 N.m dan 20 ft.lbn setara dengan 27,12 N.m.



Gambar 3.1 Rangkaian Pengujian

PENGARUH DIMENSI

Dalam pengujian, dengan arus yang digunakan sebesar 250A sampai 400A, tegangan konduktor yang terukur sebesar 130 mVpp sampai 230 mVpp, sedangkan tegangan sambungan yang terukur sebesar 3,4 mVpp sampai 7 mVpp. Apabila menggunakan perhitungan, tahanan konduktornya sebesar 514 $\mu\Omega$ sampai 583 $\mu\Omega$, sedangkan tahanan sambungan sebesar 13,3 $\mu\Omega$ - 17,7 $\mu\Omega$.

Sekarang kita lihat persamaan tahanan dari rangkaian listrik dimana :

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots\dots\dots(4.2)$$

Jika sambungan kabel mempunyai resistivitas ρ dengan panjang l yang tetap. Apabila baut dikencangkan dengan memperbesar torsi, tahananannya menjadi berkurang. Sehingga dari persamaan (4.2), penyebut A yang dinaikkan angkanya. Dengan kata lain luas penampangnya bertambah besar.

Pengukuran kabel XLPE yang digunakan pada pengujian didapatkan, konduktor kabel terbuat dari tembaga dengan luas penampang (A_c) sebesar 150 mm² atau 150.10⁻⁶ m², panjangnya 60 cm atau

0,6 m. Dikurangi yang tertutup sambungan tembaga di kedua ujungnya, panjang konduktor kabel (l_c) tinggal 0,49 m. Sedangkan pada sambungan tembaga, panjang sambungan (l_s) sebesar 107 mm atau 0,107 m. Resistivitas konduktor kabel dan sambungan, keduanya dari bahan tembaga sehingga sama yaitu ρ .

Dengan persamaan (4.2), kita hitung luas penampang permukaan sambungan tembaga (A_s) di bawah ini :

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata tahanan konduktor kabel (R_c) dan rata-rata tahanan sambungan tembaga (R_s) pada torsi yang sama berdasarkan Tabel 4.1, akan didapatkan luas pendekatan penampang sambungan tembaga (A_s) dengan menggunakan persamaan (4.3).

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$\frac{R_c}{R_s} = \frac{\rho \frac{l_c}{A_c}}{\rho \frac{l_s}{A_s}}$$

$$\frac{R_c}{R_s} = \frac{0,49}{0,107} \frac{A_s}{A_c}$$

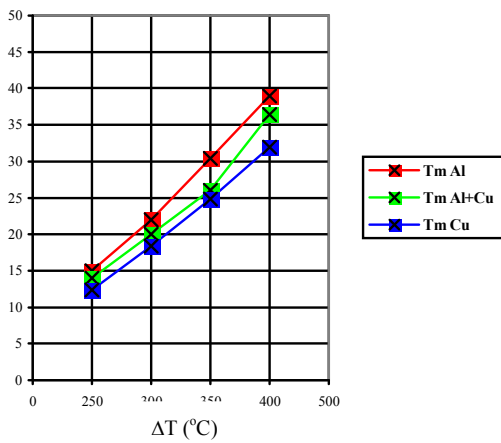
$$A_s = \frac{0,107 A_c R_c}{0,49 R_s}$$

$$A_s = \frac{10,7 \times 150 \cdot 10^{-6} R_c}{49 R_s} \dots\dots\dots(4.3)$$

Tabel 4.2 Hasil perhitungan luas penampang sambungan tembaga

Bahan Sambungan	Torsi (N.m)	Rc ($\mu\Omega$)	Rs ($\mu\Omega$)	As (mm ²)
Cu	13,56	550,75	15	1203
	27,12	523	13,5	1269

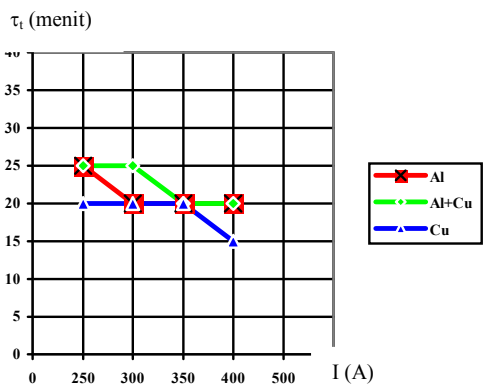
KESETIMBANGAN TEMPERATUR



Gambar 4.3 Grafik temperatur setimbang dengan arus, untuk torsi 27,12 N.m

Semakin besar arus yang mengalir pada kabel XLPE tegangan menengah 20 kV maka temperatur kesetimbangan sambungan kabel akan semakin tinggi. Untuk torsi sebesar 27,12 N.m, temperatur setimbang terendah pada sambungan tembaga dari 12,4°C saat arus 250 A, naik sampai 32°C saat arus 400 A. Temperatur setimbang tertinggi pada sambungan aluminium dari 17,2°C saat arus 250 A naik sampai 44°C saat arus 400 A dengan torsi sebesar 13,56 N.m.

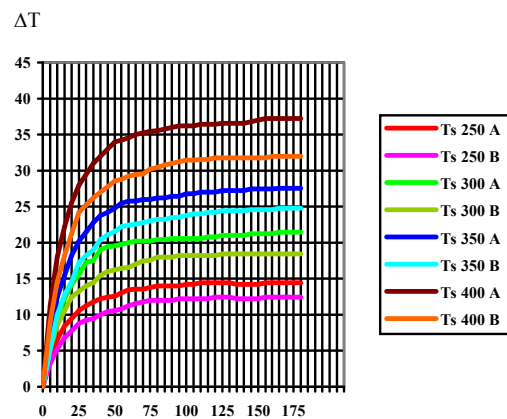
Semakin besar konstanta waktunya maka selisih kenaikan temperaturnya semakin kecil, grafiknya terlihat semakin landai dan sebaliknya. Konstanta waktu tercepat pada sambungan tembaga saat dilalui arus 400 A yaitu selama 15 menit. Konstanta waktu terlama pada sambungan aluminium dan aluminium-tembaga saat dilalui arus 250 A yaitu selama 25 menit. Untuk arus yang lain, konstanta waktunya sama selama 20 menit.



Gambar 4.4 Grafik konstanta waktu dengan arus untuk torsi 13,56 N.m

Berdasarkan bahan sambungan, semakin rendah resistivitas bahan, temperatur kesetimbangannya semakin rendah dan sebaliknya. Temperatur setimbang terendah pada sambungan tembaga sebesar 12,4°C, dengan torsi 27,12 N.m dan arus 250 A. Temperatur setimbang tertinggi pada sambungan aluminium sebesar 44°C, dengan torsi 13,56 N.m dan arus 400 A.

Semakin besar torsi kekencangan baut sambungan, tahanannya semakin kecil sehingga rugi-rugi panas yang timbul juga kecil. Akibatnya temperatur setimbangannya semakin rendah dan sebaliknya. Temperatur setimbang terendah sebesar 14,4°C pada sambungan tembaga, arus 250 A dan torsi 13,56 N.m. Sedangkan saat torsi diperbesar menjadi 27,12 N.m temperatur setimbangannya lebih rendah menjadi 12,4°C. Temperatur setimbang tertinggi sebesar 44°C pada sambungan aluminium, arus 400 A dan torsi 13,56 N.m. Sedangkan saat torsi diperbesar menjadi 27,12 N.m temperatur setimbangannya lebih rendah menjadi 39°C.



Gambar 4.5 Grafik selisih temperatur dengan waktu, sambungan Cu, variasi torsi A (13,56 N.m) dan B (27,12 N.m)

KESIMPULAN

Semakin besar arus yang mengalir pada kabel XLPE tegangan menengah 20 kV maka temperatur kesetimbangan sambungan kabel akan semakin tinggi.

Semakin besar konstanta waktunya maka selisih kenaikan temperaturnya semakin kecil, grafiknya terlihat semakin landai dan sebaliknya.

Berdasarkan bahan sambungan, semakin rendah resistivitas bahan, temperatur kesetimbangannya semakin rendah dan sebaliknya.

Untuk kekencangan baut, semakin besar torsi kekencangan baut sambungan semakin lebar sehingga tahanannya menjadi lebih kecil dan sebaliknya.

Semakin besar torsi kekencangan baut sambungan, tahanannya semakin kecil sehingga rugi-rugi panas yang timbul juga kecil. Akibatnya temperatur setimbangannya semakin rendah dan sebaliknya.

Keseimbangan temperatur pada sambungan kabel bawah tanah XLPE tegangan menengah 20 kV, dipengaruhi oleh besarnya arus, bahan sambungan dan torsi kekencangan baut sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Artono, "*Teknik Tegangan Tinggi*", Jakarta, Pradnya Paramita, 2001.
- [2] Bayliss, Colin, "*Transmission and Distribution Electrical Engineering*", Oxford, Butherworth-Heinemann, 1996.
- [3] Burhani, Ahmad, "*Analisis Karakteristik Termal pada Kabel XLPE Tegangan Menengah 20 kV*", Skripsi S1 Departemen Elektro FTUI, Juni 2005.
- [4] Byron Bird, R., E. Stewart, Warren, N. Lightfoot, Edwin, "*Transport Phenomena*", USA, John Wiley & Sons, Inc., 1960.
- [5] Celina, M., George, G.A., "*Characterization and Degradation Studies of Peroxide and Silane Crosslinked Polyethylene*" *Journal of Polymer Degradation and Stability*, no. 48, pp. 297-312, Northern Ireland, Elsevier, February 1995.
- [6] Davies, E.J., "*Conduction and Induction Heating*", UK, Peter Peregrinus Ltd., London 1990.
- [7] Incropera, F.P., Dewitt, D., "*Fundamentals of Heat and Mass Transfer*", Singapore, John Wiley & Sons, 2002.
- [8] Kou, Sindo, "*Transport Phenomena and Material Processing*", USA, John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [9] Kreith, Frank, "*Principles of Heat Transfer*", Third Edition, USA, Harper & Row, Publishers, Inc. 1985.
- [10] Li, H.J., "*Estimation of Thermal Parameters and Prediction of Temperature Rise in Crane Power Cable*", IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution, vol. 151, pp. 355-360, IEE, May 2004.
- [11] Mahari, Sukandi, "*Gangguan Akibat Lepas Parsial dalam Sambungan Kabel Tegangan Menengah 20 kV Tipe Bebat*", Teknologi dan Energi, vol. 3, no. 2, pp. 117-129, Jakarta, STT-YPLN, April 2003.
- [12] Pabla, A.S., "*Electric Power Distribution Systems*", New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1984.
- [13] Pranyoto, "*Peralatan Tegangan Tinggi*", Diktat Kuliah Departemen Teknik Elektro FTUI.
- [14] Todd, J.P., Ellis, H.B., "*An Introduction to Thermodynamics for Engineering Technologist*", UK, John Willey & Sons, Inc., 1981
- [15] Weedy, B.M., "*Underground Transmission of Electric Power*", UK, John Willey & Sons Ltd., 1980.
- [16] Williams, G.M., Lewin, P.L., LeBlanc, M., "*Accurate Determination of Ambient Temperature at Burial Depth for High Voltage Cable Ratings*", Conference Record of the 2004 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Indianapolis, 2004.
- [17] Y. Mizuno, K, Naito, Y. Suzuki, S. Mori, Y. Nakashima, M. Akizuki, "*Voltage and Temperature Distribution along Semiconducting Glaze Insulator Strings*", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 6, no. 1, pp. 100-104, February 1999.
- [18] Yulianto, "*Studi Pemilihan Ukuran Kabel yang Optimal Untuk Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 kV*", Tesis, ISTN, Jakarta, 1986.