

ANALISIS KUAT HANTAR ARUS KABEL XLPE 150 KV YANG MELEWATI SUNGAI PADA GI MUARA KARANG

ANALYSIS OF THE CURRENT CARRYING CAPACITY OF 150 KV XLPE CABLE WHICH CROSSES THE RIVER AT MUARA KARANG SUBSTATION

SEKARARUM ADIANITA PUTRI^{1*}, SYAMSIR ABDUH¹, ISHAK KASIM¹

¹ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Email : sekararum062001700011@std.trisakti.ac.id

ABSTRACT

The city's rapid growth is in line with the increasing demand for electricity consumption. The use of underground cable channels is one that is commonly used as a transmission medium from one substation to another, especially in big cities where there are many skyscrapers. In Jakarta, the 150 kV electric power transmission between GI uses Underground Cable (SKTT). Based on this, this research was conducted to determine the conductivity of the current contained in the 150 kV SKTT power cable GI Muara Karang Lama - GI Muara Karang Baru which crosses the river. To be able to perform these calculations, there are several data that must be obtained in order to calculate the results of the overall current conductivity. After obtaining the data, analysis and calculation, it then carried out with the two methods, namely the conventional method or Horizontal Directional Drilling (HDD) and the cable bridges method. The cable bridge method with a current carrying capacity of 1577.07 A can conduct electricity better and is the right method for use at the Muara Karang Lama - Muara Karang Baru SKTT that passes through the river compared to the conventional method (HDD) with the current carrying capacity is relatively small, namely 1,309.10 A. This is because the value of a larger current carrying capacity for a power cable can be better used for High Voltage Cable Line (SKTT) compared to the relatively smaller current conductive strength.

Keywords: Transmission Line, Current Carrying Capacity

ABSTRAK

Pertumbuhan kota yang pesat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan konsumsi energi listrik. Penggunaan saluran kabel bawah tanah merupakan salah satu cara yang umum digunakan sebagai media transmisi dari satu Gardu Induk (GI) ke GI lainnya, terutama pada kota-kota besar yang terdapat banyak gedung pencakar langit. Pada kota besar seperti Jakarta, transmisi tenaga listrik 150 kV antar Gardu Induk (GI) umum menggunakan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitas kuat hantar arus yang terdapat pada kabel tenaga SKTT 150 kV GI Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru yang melintasi sungai. Untuk dapat melakukan perhitungan tersebut, terdapat beberapa variabel yang harus didapatkan guna mendapatkan hasil perhitungan kuat hantar arus secara keseluruhan. Setelah didapatkan variabel tersebut, dilakukan analisa serta perhitungan kuat hantar arus pada dua metode yang digunakan yaitu metode konvensional atau *Horizontal Directional Drilling* (HDD) dan metode pembuatan jembatan atau *cable bridge*. Metode pembuatan jembatan atau *cable bridge* dengan nilai kapasitas kuat hantar arus sebesar 1577,07 A dapat lebih baik menghantarkan arus listrik dan merupakan metode yang tepat untuk digunakan pada lokasi SKTT GI Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru yang melewati sungai dibandingkan dengan metode konvensional (HDD) dengan nilai kapasitas kuat hantar arus yang relatif kecil, yaitu sebesar 1309,10 A. Hal ini dikarenakan nilai kapasitas kuat hantar arus yang lebih besar untuk suatu kabel tenaga dapat lebih baik digunakan untuk Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) dibandingkan dengan nilai kapasitas kuat hantar arus yang nilainya relatif kecil.

Kata kunci: Saluran Transmisi, Kuat Hantar Arus, Saluran Kabel

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam skema sistem penyaluran tenaga listrik, letak pembangkit umumnya jauh dari pusat beban sehingga diperlukan sebuah media transmisi untuk menyalurkan energi listrik⁽¹⁾. Transmisi merupakan proses penyaluran energi listrik dari pembangkit hingga sistem distribusi sehingga dapat disalurkan ke konsumen melalui sebuah penghantar⁽¹⁾. Media saluran transmisi dapat berupa Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT)⁽²⁾.

Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 195 Tahun 2010 tentang Petunjuk Penempatan Jaringan Utilitas berisi kebijakan yang bertujuan untuk menjaga estetika tata kota di Jakarta. Isi dari kebijakan tersebut membahas tentang penggunaan media transmisi, dimana penggunaan SUTT membutuhkan lahan yang luas dan dianggap mengganggu keindahan atau estetika tata kota, sehingga disarankan untuk menggunakan SKTT.

Merujuk dari kebijakan Peraturan Gubernur DKI Jakarta tersebut, SKTT seringkali melewati medan atau lokasi yang dapat menurunkan efisiensi kerja dari sebuah kabel tenaga yang ada pada SKTT. Salah satu lokasi yang kurang menguntungkan tersebut adalah sungai. Ketika SKTT melewati lokasi seperti sungai, masalah yang akan dihadapi adalah semakin dalam kabel tersebut ditanam maka semakin kecil pula kapasitas kuat hantar arus dari kabel tersebut. Sehingga dibutuhkan suatu solusi yang dapat diterapkan pada lokasi yang sudah ditentukan untuk mengatasi masalah tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas kuat hantar arus kabel XLPE 150 kV yang melewati sungai pada GI Muara Karang dengan dua metode yang digunakan, yaitu metode konvensional (HDD) pada kedalaman 20 meter dibawah sungai dan metode pembuatan jembatan (*cable bridge*).

Hasil dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode pemasangan yang tepat sesuai dengan analisis serta perhitungan kapasitas kuat hantar arus secara keseluruhan.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Objek penelitian yang digunakan adalah kabel tenaga jenis XLPE 150 kV yang diperoleh dari data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait.

2.2 Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif, dimana merupakan salah satu prosedur penelitian yang menghasilkan data berupa angka yang dapat dianalisa sehingga menghasilkan suatu kesimpulan berdasarkan data-data dan perhitungan yang sudah didapatkan.

Tahapan pertama untuk penelitian ini adalah melakukan studi literatur yang meliputi pembekalan teori berupa buku, jurnal dan artikel akademis yang berkaitan dengan topik penelitian. Tahap kedua adalah pengumpulan data yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) UPP JJBB 2. Data yang didapatkan antara lain peta pemasangan SKTT GI Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru, data *calculation of continous current ratings* pada kabel XLPE, data spesifikasi kabel XLPE dan juga data skematik pembuatan jembatan. Setelah tahap pengumpulan data, selanjutnya dilakukan perhitungan dan analisa kuat hantar arus dari kabel XLPE 150 kV dari kedua metode yang ada, yaitu pada metode konvensional (HDD) dan metode pembuatan jembatan (*cable bridge*).

Analisa yang dilakukan dari kedua metode tersebut adalah dengan membandingkan nilai kapasitas kuat hantar arus pada masing-masing metode. Jika perbandingan tersebut menghasilkan lebih besar nilai kapasitas hantar arus pada metode konvensional (HDD), maka metode yang tepat untuk SKTT 150 kV GI Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru adalah metode konvensional (HDD). Namun sebaliknya, jika nilai kapasitas hantar arus pada metode pembuatan jembatan atau *cable bridge* lebih besar, maka metode tersebut lah yang tepat untuk digunakan pada instalasi SKTT 150 kV GI Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru.

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas kuat hantar arus adalah persamaan 1 sampai dengan 13 di bawah ini^(3,4).

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d \cdot [0,5T_1 + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4)]}{R \cdot T_1 + n \cdot R(1 + \lambda_1)T_2 + n \cdot R(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_{amb} \dots\dots\dots (2)$$

$$W_d = \omega \cdot C \cdot U_o^2 \cdot \tan \delta \dots\dots\dots (3)$$

$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln \left(\frac{D_i}{d_c}\right)} \times 10^{-9} \dots\dots\dots (4)$$

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{2t_1}{d_c}\right) \dots\dots\dots (5)$$

$$T_3 = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{2t_3}{D'_a} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$T_4 = \frac{1}{2\pi} \rho_T \ln \left(2 \times \frac{2L}{D_e} \right) \dots \dots \dots (7)$$

$$R = R'(1 + Y_s + Y_p) \dots \dots \dots (8)$$

$$R' = R_o(1 + \alpha_{20}(\theta - 20)) \dots \dots \dots (9)$$

$$Y_s = \frac{X_s^4}{192 + 0,8 X_s^4} \dots \dots \dots (10)$$

$$X_s^2 = \frac{8\pi f}{R'} \times 10^{-7} K_s \dots \dots \dots (11)$$

$$Y_p = \frac{X_p^4}{192 + 0,8 X_p^4} \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 \times 2,9 \dots \dots \dots (12)$$

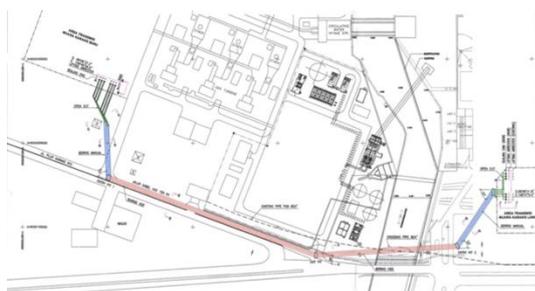
$$X_p^2 = \frac{8\pi f}{R'} \times 10^{-7} K_p \dots \dots \dots (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Umum

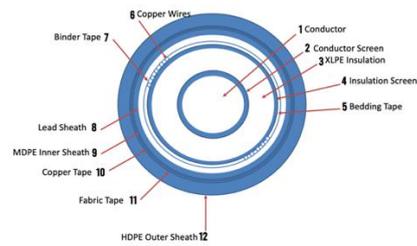
Lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah SKTT GI Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru yang melewati sungai. Pembangunan SKTT GI Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru dimaksudkan untuk menggantikan SUTT Muara Karang Baru – Muara Karang Lama yang dimana lahan tersebut digunakan untuk pembangunan PLTGU Muara Karang.

Kondisi aktual di lapangan antara GI Muara Karang Lama dan GI Muara Karang Baru terpisahkan oleh sungai, dimana lebar sungai berkisar antara 20 – 30 meter dengan kedalaman terdalam dari sungai tersebut hingga 50 meter. Sementara jalur SKTT yang melewati sungai memiliki panjang 60 meter.



Gambar 1. Peta jalur SKTT GI Muara Karang⁽⁵⁾

Kabel yang digunakan pada SKTT GI – Muara Karang Lama – GI Muara Karang Baru adalah kabel XLPE 150 kV dengan konstruksi dibawah ini.



Gambar 2. Konstruksi kabel XLPE⁽⁵⁾

Untuk melakukan perhitungan kapasitas kuat hantar arus, dibutuhkan beberapa spesifikasi kabel XLPE yang didapatkan dari data sekunder.

Tabel 1. Spesifikasi Kabel XLPE

Deskripsi	Unit	Proposed and Guarantee
Tegangan antar Fasa	kV	150
Jumlah Konduktor (n)	-	1
Jenis Konduktor	-	Tembaga
Luas Penampang Konduktor (A)	mm ²	2000
Diameter Isolasi XLPE (D_i)	mm	98,4
Diameter Konduktor (d_c)	mm	55
Ketebalan Isolasi XLPE (t₁)	mm	19
Ketebalan Pelindung Luar (t₃)	mm	4,5
Diameter MDPE Sheath (D'_a)	mm	119
Diameter terluar kabel (D_e)	mm	130
Tahanan Konduktor pada 20 °C	ohm/m	0,0090 × 10 ⁻³
Suhu Maksimum Operasi	°C	90
Jarak antar Konduktor	mm	200
Tahanan Termal Tanah (ρ_T)	K.m/W	1

3.2 Perhitungan Variabel yang Dibutuhkan pada Kapasitas Kuat Hantar Arus

Perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan variabel-variabel yang dibutuhkan pada perhitungan kapasitas kuat hantar arus secara keseluruhan.

Tabel 2. Hasil perhitungan variabel yang dibutuhkan

Deskripsi	Unit	Nilai
Kapasitansi (C)	F/m	150
Rugi Dielektrik (W_d)	W/m	0,565
Tahanan Termal Isolasi (T_1)	K.m/W	0,292
Tahanan Termal Selubung Luar (T_3)	K.m/W	0,040
Tahanan Termal dari Luar (T_4)	K.m/W	1,022
Tahanan Arus AC pada Temperatur Kerja Maksimum (R)	Ohm/m	$1,699 \times 10^{-5}$

3.3 Metode Konvensional (HDD)

Maksud dari metode konvensional adalah metode yang umum digunakan, dimana kabel tenaga ditanam atau digelar di dalam tanah. Metode instalasi yang digunakan adalah *Horizontal Directional Drilling* (HDD). Metode HDD merupakan salah satu metode instalasi SKTT dengan teknologi *trenchless*, dimana metode ini digunakan untuk daerah dengan tingkat kesulitan pengeboran yang tinggi seperti melewati sungai.



Gambar 3. Ilustrasi Metode Instalasi HDD

Perhitungan kapasitas kuat hantar arus pada metode ini kabel tenaga ditanam 20 meter dibawah sungai sepanjang 60 meter. Temperatur sekitar pada perhitungan ini diasumsikan sebesar 45°C . Asumsi ini didapatkan berdasarkan gradien geothermal atau panas bumi yang terdapat pada kajian pustaka. Hasil dari perhitungan nilai kapasitas kuat hantar arus sebesar 1309,10 A.

Tabel 3. Hasil perhitungan kapasitas kuat hantar arus pada metode konvensional (HDD)

Deskripsi	Unit	Nilai
Perbedaan Suhu ($\Delta\theta$)	$^\circ\text{C}$	45
Rugi Dielektrik (W_d)	W/m	0,565
Tahanan Termal Isolasi (T_1)	K.m/W	0,292
Tahanan Termal Selubung Luar (T_3)	K.m/W	0,040

Tahanan Termal dari Luar (T_4)	K.m/W	1,022
Tahanan Arus AC pada Temperatur Kerja Maksimum (R)	Ohm/m	$1,699 \times 10^{-5}$
Faktor Rugi Selubung (λ_1)	-	0,159
Nilai Kapasitas Kuat Hantar Arus	A	1309,10

3.4 Metode Pemasangan Jembatan (*cable bridge*)

Metode pemasangan jembatan atau *cable bridge* umumnya dipasang dalam saluran jembatan atau *duct frame*.



Gambar 4. Skematik *cable bridge*⁽⁵⁾

Perhitungan kapasitas kuat hantar arus pada metode ini menggunakan temperatur sekitar 25°C , mengikuti suhu rata-rata terendah yang ada di Jakarta pada bulan Januari. Hasil perhitungan menghasilkan nilai kapasitas kuat hantar arus pada metode *cable bridge* adalah sebesar 1577,07 A.

Tabel 4. Hasil perhitungan kapasitas kuat hantar arus pada metode pembuatan jembatan (*cable bridge*)

Deskripsi	Unit	Nilai
Perbedaan Suhu ($\Delta\theta$)	$^\circ\text{C}$	65
Rugi Dielektrik (W_d)	W/m	0,565
Tahanan Termal Isolasi (T_1)	K.m/W	0,292
Tahanan Termal Selubung Luar (T_3)	K.m/W	0,040
Tahanan Termal dari Luar (T_4)	K.m/W	1,022
Tahanan Arus AC pada Temperatur Kerja Maksimum (R)	Ohm/m	$1,699 \times 10^{-5}$
Faktor Rugi Selubung (λ_1)	-	0,159
Nilai Kapasitas Kuat Hantar Arus	A	1577,07

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perhitungan kapasitas kuat hantar arus pada masing-masing metode konvensional (HDD) dan metode pembuatan jembatan (*cable bridge*), hasilnya menunjukkan bahwa metode pembuatan jembatan atau *cable bridge* mampu menghantarkan arus listrik lebih baik dibandingkan dengan metode HDD, hal ini juga menunjukkan teori yang benar bahwa semakin dalam sebuah kabel tenaga ditanam akan semakin kecil pula kuat hantar arusnya.

Tabel 5. Hasil perhitungan kapasitas kuat hantar arus pada kedua metode

Metode Instalasi atau Pemasangan	Kapasitas Kuat Hantar Arus
Metode Konvensional (HDD) dengan kedalaman 20 meter	1309,10 A
Metode Pembuatan Jembatan atau <i>cable bridge</i>	1577,07 A

Dapat disimpulkan bahwa parameter suhu sangat berpengaruh pada nilai kapasitas kuat hantar arus seperti yang terlihat pada Tabel 4. Suhu sangat berpengaruh dalam kinerja kabel tenaga. Semakin dalam kabel tersebut ditanam maka semakin besar suhu atau temperaturnya dan akan menyebabkan perubahan suhu atau $\Delta\theta$ yang nilainya kecil, maka akan semakin kecil pula kemampuan sebuah kabel tenaga untuk menghantarkan kuat hantar arus. Sebaliknya, jika kabel tersebut ditanam tidak terlalu dalam atau dengan menggunakan metode pembuatan jembatan atau *cable bridge* dengan suhu yang kecil, akan menyebabkan perubahan suhu atau $\Delta\theta$ yang besar dan kapasitas kuat hantar arus pada suatu kabel tenaga tersebut akan semakin besar nilainya. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa metode *cable bridge* dengan nilai kapasitas kuat hantar arus yang lebih besar dapat lebih baik dalam menghantarkan arus listrik dibandingkan dengan metode konvensional (HDD).

DAFTAR PUSTAKA

1. Bimantara, K. M. (2019). Perhitungan Kuat Hantar Arus pada Saluran Kabel Tegangan Tinggi.
2. Handayani, O. (2015). Analisa Kuat Hantar Arus Kabel Tanah 150 kV yang Melintasi Jembatan.
3. IEC 60287-1-1 a (2006). Electric Cables – Calculation of The Current Ratings Part 1-1, Current Rating Equation (100% Load Factor) and Calculation of Losses.

4. IEC 60287-2-1 b (2006). Electric Cables – Calculation of The Current Ratings Part 2-1, Thermal Resistance – Calculation of Thermal Resistance.
5. PT. PLN (Persero) UIP JBB. Dokumen Design Enjiniring SKTT 150 kV Muara Karang Lama – Muara Karang Baru.