



PENGARUH JARAK ANTAR SUB KONDUKTOR BERKAS REAKTANSI INDUKTIF SALURAN TERHADAP TRANSMISI 150 KV DARI GARDU INDUK KERAMASAN KE GARDU INDUK MARIANA

Alimin Nurdin¹, Abdul Azis^{2*}

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang

e-mail: azis@univpgri-palembang.ac.id

Abstrak— Listrik adalah sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dan listrik merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting untuk menunjang kehidupan manusia saat ini dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik dalam rumah tangga maupun dalam bisnis. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, maka pemerintah membangun pusat-pusat pembangkit tenaga listrik. Dalam penyaluran daya listrik akan terjadi rugi-rugi daya penyaluran yang besarnya sebanding dengan panjang saluran. Penggunaan tingkat tegangan yang lebih tinggi merupakan solusi dari permasalahan tersebut, tetapi jika tegangan ditingkatkan terus menerus akan terjadi korona dan untuk mengurangi dampak lingkungan dari korona tersebut dapat menggunakan konduktor berkas. Peningkatan jumlah kawat penghantar dalam suatu berkas mengurangi efek korona dan mengurangi reaktansi, pengurangan reaktansi disebabkan oleh kenaikan GMR dari konduktor. Peninggian tegangan pada saluran transmisi daya listrik dapat mengurangi rugi-rugi daya, tetapi peninggian tegangan transmisi dapat menimbulkan korona pada kawat transmisi. Korona ini menimbulkan rugi-rugi daya dan gangguan terhadap komunikasi radio. Salah satu cara untuk mengurangi efek korona yang dilakukan adalah dengan menggunakan konduktor berkas pada saluran transmisi. Di samping mengurangi efek korona, penghantar berkas dapat juga mengurangi reaktansi induktif saluran. Dari hasil penelitian diperoleh hasil bahwa jarak antar sub konduktor berkas mempengaruhi besarnya GMR konduktor berkas, dimana apabila jarak antar sub konduktor berkas semakin besar maka GMR konduktor berkas akan semakin besar. Dengan semakin besarnya GMR konduktor berkas maka reaktansi induktif pada saluran transmisi akan semakin besar. Dengan semakin besarnya reaktansi induktif konduktor berkas maka rugi-rugi daya reaktif pada saluran transmisi akan semakin besar.

Kata Kunci : Jarak konduktor, reaktansi, induktif

Abstract— Electricity is a source of energy that is very much needed by society and electricity is one of the most important needs to support human life today in meeting daily needs, both in the household and in business. The generated electricity is then channeled through the transmission line. In the distribution of electric power, there will be a channeling power losses which are proportional to the length of the channel. The use of a higher voltage level is the solution to these problems, but if the voltage is increased continuously there will be a corona and to reduce the environmental impact of the corona can use a file conductor. Increasing the amount of conductive wire in a beam reduces the corona effect and reduces reactance, reducing reactance due to an increase in GMR from the conductor. Elevation of the voltage on the electric power transmission line can reduce power losses, but the transmission voltage increase can cause corona in the transmission wire. This corona causes power losses and interference with radio communications. One way to reduce the corona effect is to use a condenser file on the transmission line. Besides reducing the corona effect, the beam conductor can also reduce the channel's inductive reactance. From the results of the study, the results show that the distance between the file sub conductors affects the size of the GMR of the file conductor, where the distance between the file sub conductors is greater, the GMR of the conductor will increase. With the increasing size of GMR conductor, the inductive reactance on the transmission line will be even greater. With the increasing conductivity of the beam conductor reactance, the reactive power losses on the transmission line will be even greater.

Keywords: conductor distance, reactance, inductive

PENDAHULUAN

Tenaga listrik yang dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit listrik (*power plant*) seperti PLTA, PLTU, PLTG, dan PLTD lalu disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator *step-up* yang ada di pusat listrik. Saluran transmisi tegangan tinggi mempunyai tegangan 70 kV, 150 kV, atau 500 kV. Saluran-saluran transmisi membawa tenaga listrik dari pusat-pusat pembangkitan ke pusat-pusat beban melalui saluran tegangan tinggi 150 kV atau melalui saluran transmisi tegangan ekstra tinggi 500 kV. Transformator penurunan akan merendahkan tegangan ini menjadi tegangan subtransmisi 70 kV yang kemudian di gardu induk diturunkan lagi menjadi tegangan distribusi primer 20 kV. Pada gardu induk distribusi yang tersebar di pusat-pusat beban tegangan diubah oleh transformator distribusi menjadi tegangan rendah 220/380 V [5]. Jadi, transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga *substation distribution* sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik melalui suatu bahan konduktor [1].

Saluran transmisi merupakan komponen yang sangat penting dalam sebuah sistem tenaga listrik, karena saluran transmisi merupakan penghubung antara pusat pembangkit dan beban. Sehingga saluran transmisi harus dapat menjamin ketersediaan energi listrik secara kontinu pada setiap beban yang terhubung dalam sebuah sistem. Karena permukaan tanah yang tidak selalu dalam kondisi datar dan terkadang saluran transmisi harus melewati bukit-bukit, maka saluran transmisi saluran udara lebih dipilih dibandingkan saluran bawah tanah [2]. Dalam penyaluran daya listrik akan terjadi reaktansi dalam sebuah saluran transmisi dan rugi-rugi daya penyaluran yang besarnya sebanding dengan panjang saluran.

Penggunaan tingkat tegangan yang lebih tinggi merupakan solusi dari permasalahan tersebut, tetapi jika tegangan ditingkatkan terus-menerus akan terjadi korona dan untuk mengurangi dampak lingkungan dari korona tersebut dapat menggunakan konduktor berkas (*bundled conductor*) yaitu penggunaan beberapa kawat konduktor pada setiap fasa yang dipisahkan oleh *spacer* pada jarak tertentu [6]. Peningkatan jumlah kawat penghantar dalam suatu berkas mengurangi efek korona dan mengurangi reaktansi, pengurangan reaktansi disebabkan oleh kenaikan GMR dari berkas.

Peninggian tegangan pada saluran transmisi daya listrik dapat mengurangi rugi-rugi daya, tetapi peninggian tegangan transmisi dapat menimbulkan korona pada kawat transmisi. Korona ini menimbulkan rugi-rugi daya dan gangguan terhadap komunikasi radio. Salah satu cara untuk mengurangi efek korona yang dilakukan adalah dengan menggunakan konduktor

berkas pada saluran transmisi. Di samping mengurangi efek korona, penghantar berkas dapat juga mengurangi reaktansi induktif saluran [4].

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka akan dilakukan penelitian mengenai Pengaruh Jarak Antar Sub Konduktor Berkas Terhadap Reaktansi Induktif Saluran Transmisi 150 kV Dari Gardu Induk Keramasan ke Gardu Induk Mariana. Saluran transmisi 150 kV dari Gardu Induk Keramasan Palembang ke Gardu Induk Mariana merupakan saluran transmisi jarak pendek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya reaktansi induktif saluran transmisi dan rugi-rugi daya saluran transmisi yang disebabkan oleh reaktansi induktif, serta menganalisis pengaruh jarak antara konduktor berkas terhadap besarnya reaktansi induktif.

TINJAUAN PUSTAKA

Saluran Transmisi

Sistem tenaga listrik merupakan sekumpulan pusat listrik dan pusat beban yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi. Ada dua kategori saluran transmisi yaitu saluran udara (*overhead line*) dan saluran bawah tanah (*underground*) [5].

1. Saluran udara (*overhead line*) menyalurkan tenaga listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada tiang-tiang transmisi dengan perantaraan isolator-isolator. Sistem ini lebih murah, cara penyambungan mudah, mudah untuk mencari gangguan, memerlukan tempat yang luas, faktor keamanan lebih tinggi, lebih mudah terkena gangguan.
2. Saluran bawah tanah (*underground*) menyalurkan listrik melalui kabel-kabel bawah tanah. Dibandingkan dengan saluran udara, saluran bawah tanah tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, taufan, hujan angin, bahaya petir dan sebagainya. Lagi pula, saluran bawah tanah lebih estetik (indah), karena tidak tampak. Karena alasan terakhir ini, saluran-saluran bawah-tanah lebih disukai di Indonesia, terutama untuk kota-kota besar. Namun biaya pembangunannya jauh lebih mahal daripada saluran udara dan perbaikannya lebih sukar bila terjadi gangguan hubung singkat.

Klasifikasi Saluran Transmisi

1. Klasifikasi Saluran Transmisi Untuk Keperluan Diagram Pengganti

Dalam saluran transmisi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun perancangan harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik beban karena besar perubahan tegangan yang diperbolehkan antara -10 % sampai + 5 %. Untuk

keperluan analisa dan perhitungan maka digunakan diagram pengganti saluran transmisi. Diagram pengganti dibagi dalam tiga kelas, yaitu [4]:

a. Saluran transmisi pendek

Saluran transmisi pendek didefinisikan sebagai saluran transmisi yang panjangnya kurang dari 80 km. Pada saluran model ini besar kapasitansi ke tanah sangat kecil, dengan demikian besar arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan.

b. Saluran transmisi menengah

Saluran transmisi menengah didefinisikan sebagai saluran transmisi yang mempunyai panjang dari 80 km sampai 250 km. Pada saluran model ini besar kapasitansi ke tanah cukup besar sehingga tidak dapat diabaikan. Sehingga seluruh admitansi shunt saluran terpusat pada cabang shunt, dimana pada saluran transmisi menengah dibedakan menjadi dua model, yaitu:

- 1) Saluran transmisi menengah nominal T yaitu saluran transmisi dengan kapasitansi dipusatkan pada satu titik dan impedansi serinya terbagi dua pada kedua cabang serinya.
- 2) Saluran transmisi menengah nominal π yaitu saluran transmisi dengan kapasitansi dipusatkan pada dua titik dan impedansi serinya dipusatkan satu titik pada cabang serinya

c. Saluran transmisi panjang

Saluran transmisi yang panjangnya lebih besar dari 250 km digolong pada transmisi panjang, besarnya reaktansi kapasitif paralel dan konduktansi semakin kecil sehingga arus bocor semakin besar. Jadi pada saluran panjang ini semua parameter R, L, C, dan G diperhitungkan secara terdistribusi sepanjang saluran.

2. Klasifikasi Menurut Level Tegangan

Tenaga listrik disalurkan melalui pada saluran udara dan saluran bawah tanah. Saluran udara untuk menyalurkan tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi, sedangkan dan saluran bawah tanah untuk menyalurkan tegangan tinggi. Klasifikasi saluran transmisi berdasarkan kelompok level tegangan adalah sebagai berikut [3]:

- a. Tegangan tinggi, adalah tegangan sistem di atas 35 kV sampai dengan 245 kV.
- b. Tegangan ekstra tinggi adalah tegangan sistem di atas 245 kV.

Induktansi

Induktansi pada saluran transmisi merupakan akibat dari adanya medan magnet yang muncul di sekitar penghantar yang dialiri arus. Jika arus pada rangkaian berubah-ubah maka medan magnet yang ditimbulkan juga akan berubah-ubah dan apabila medan magnet yang ditimbulkan memiliki permeabilitas yang konstan maka banyaknya fluks gandeng berbanding lurus dengan arus sehingga tegangan imbasnya sebanding dengan kecepatan perubahan arus. [7]:

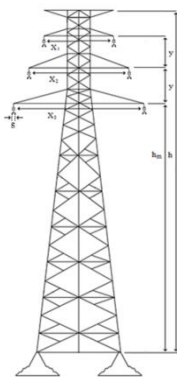
Induktansi saluran yang terdiri dari penghantar-penghantar terpadu, pada keadaan yang sama semua serat adalah identik yang membagi arus rata yang mengatur di dalamnya. Metode ini dapat diperluas, sehingga berlaku untuk jenis penghantar yang berisi serat-serat dengan ukuran yang berbeda-beda.

Rugi-Rugi Daya Reaktif

Rugi-rugi daya pada saluran transmisi merupakan besarnya daya yang hilang pada suatu penghantar yang disebabkan karena saluran transmisi mempunyai reaktansi (X). Rugi-rugi daya pada saluran transmisi dipengaruhi oleh kuadrat arus saluran (I^2), reaktansi saluran (X) dan panjang saluran (l). Rugi-rugi daya pada saluran transmisi secara umum berbanding lurus dengan arus saluran dan reaktansi saluran yang besarnya dipengaruhi panjang saluran. Rugi-rugi daya reaktif pada saluran transmisi pendek, hanya memperhitungkan rugi-rugi daya reaktif induktif (X_L) yang disebabkan oleh induktansi (L) karena nilai kapasitansi (C) ke tanah sangat kecil, dengan demikian besar arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan. [4]

METODE PENELITIAN

Reaktansi Induktif Untuk Saluran Ganda Dengan Konduktor Berkas



Keterangan gambar 1:

x_1 = Panjang *upper cross arm* (m)

x_2 = Panjang *middle cross arm* (m)

x_{13} = Panjang *bottom cross arm* (m)

y = Jarak antar *cross arm* (m)

h = Tinggi menara (m)

h_m = Tinggi *bottom cross arm* dari permukaan tanah (m)

s = Jarak antar konduktor berkas (m)

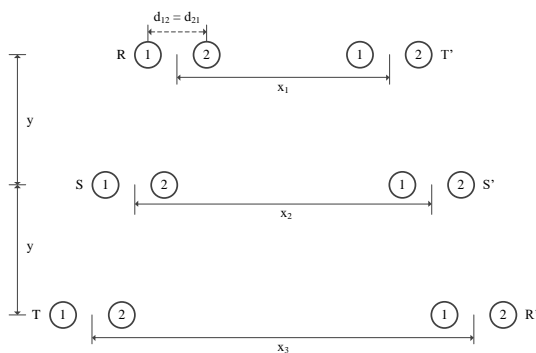
r = Jari-jari konduktor berkas (m)

Gambar 1. Menara Transmisi Sirkuit Ganda Dengan Konduktor Berkas

Untuk menentukan reaktansi induktif transmisi saluran ganda yang menggunakan penghantar berkas, dan agar reaktansi induktif tiap fasa sama maka fasa harus ditransposisi biasanya dilakukan di tower transposisi atau gardu hubung. Untuk menentukan reaktansi induktif pada saluran ganda dengan konduktor berkas, terlebih dahulu harus ditentukan *GMR* (*Geometric Mean Radius*) dan *GMD* (*Geometric Mean Distance*) dari konduktor berkas [5].

Menentukan GMR Konduktor Berkas

GMR (*Geometric Mean Radius*) merupakan jari-jari rata-rata geometris penghantar atau konduktor berkas. Dalam menentukan *GMR* dari suatu saluran transmisi yang ditinjau adalah satu fasa, karena dalam sistem tiga fasa *GMR* tiap fasa dianggap sama jika fasa ditransposisi agar reaktansi induktif tiap fasa seimbang. Untuk mendapatkan nilai *GMR* konduktor berkas per fasa, maka terlebih dahulu harus ditentukan *GMR* dalam tiga kedudukan (*R - R'*, *S - S'*, *T - T'*).



Gambar 2. Saluran Ganda Konduktor Berkas Dengan Dua Sub Konduktor

Berdasarkan gambar 2, maka nilai *GMR* dari konduktor sub-konduktor berkas dapat ditentukan, yaitu [8]:

$$r' = r \epsilon^{-1/4} \tag{3}$$

Kemudian dapat ditentukan *GM R* dari konduktor berkas, Jika $d_{12} = d_{21}$, maka

$$D_{sb} = \sqrt[4]{r' \cdot d_{12} \cdot r' \cdot d_{12}} = \sqrt[4]{(r')^2 \cdot (d_{12})^2} = \sqrt{r' \cdot d_{12}} \tag{4}$$

Berdasarkan gambar 2, maka nilai *GMR* dari konduktor sub-konduktor berkas dapat ditentukan berdasarkan tiga kedudukan yaitu: *R - R'*, *S - S'*, *T - T'*.

GMR dari konduktor berkas per fasa adalah:

$$GMR = \sqrt[3]{GMR_1 \cdot GMR_2 \cdot GMR_3} \tag{5}$$

Menentukan GMD Konduktor Berkas

GMD (*Geometric Mean Distance*) merupakan jarak rata-rata geometris dari ketiga jarak penghantar. Untuk mendapatkan nilai *GMD*, maka terlebih dahulu harus ditentukan *GMD* antara tiap kelompok fasa (*R-S*, *S-T*, *T-R*) untuk mendapatkan *GMD* dari konduktor berkas per fasa. [6]. *GMD* dari konduktor berkas per fasa adalah:

$$GMD = \sqrt[3]{GMD_{RS} \cdot GMD_{ST} \cdot GMD_{TR}} \tag{7}$$

Menentukan Reaktansi Induktif Konduktor Berkas

Jika suatu saluran transmisi 3 fasa, mempunyai konfigurasi saluran yang sama atau jarak antara ke tiga kawat yang sama, maka nilai induktansi per fasa pada suatu saluran distribusi 3 fasa tersebut adalah sama dengan nilai induktansi per kawat penghantar, dimana besar induktansi dipengaruhi oleh Radius Rata-rata Geometri (*GMR*) dan Jarak Rata-rata Geometris (*GMD*). Dengan demikian nilai induktansi (*L*) per fasa untuk saluran ganda konduktor berkas dengan dua sub konduktor dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

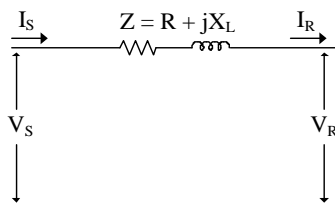
$$L_1 = 2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR} \quad H/m/konduktor \tag{8}$$

Kemudian nilai reaktansi induktif per fasa untuk saluran ganda konduktor berkas dengan dua sub konduktor dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L \quad \Omega/m/konduktor \tag{9}$$

Menentukan Rugi-Rugi Daya Reaktif Pada Konduktor Berkas

Rugi-rugi daya pada saluran transmisi merupakan besarnya daya yang hilang pada suatu penghantar yang disebabkan karena saluran transmisi mempunyai reaktansi induktif (*X_L*). Saluran transmisi pendek merupakan saluran transmisi yang panjangnya kurang dari 80 km. Pada saluran model ini besar kapasitansi ke tanah sangat kecil, dengan demikian besar arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan.



Gambar 3. Diagram Saluran Transmisi Pendek

Dari gambar diatas maka diperoleh persamaan:

$$V_S = V_R + I_R \cdot Z \tag{10}$$

$$I_S = I_R \tag{11}$$

Maka rugi-rugi daya yang disebabkan oleh reaktansi induktif (X_L)

$$\Delta Q_{1 \text{ fasa}} = I_R^2 \cdot X_L \cdot l \tag{12}$$

$$\Delta Q_{3 \text{ fasa}} = 3 \cdot I_R^2 \cdot X_L \cdot l \tag{13}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Saluran transmisi 150 kV merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari *Generator Station* atau Pembangkit Listrik sampai *distribution station* hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi 150 kV dengan konfigurasi saluran ganda. Untuk mengetahui pengaruh jarak antara konduktor berkas terhadap besarnya reaktansi induktif saluran transmisi 150 kV, maka dilakukan penelitian pada saluran transmisi Keramasan 150 kV di PT. PLN (Persero) UPT Palembang Tragi Keramasan Gardu Induk Keramasan ke Gardu Induk Mariana.

Pada saluran transmisi dari Gardu Induk Keramasan Palembang ke Gardu Induk Mariana memiliki tegangan operasi 150 kV. Saluran transmisi ini menggunakan jenis/type kawat ACSR/Hawk dan ditopang oleh menara yang menggunakan saluran ganda konduktor berkas dengan jumlah kawat per fasa adalah dua (*Twin Conductor*). Panjang saluran transmisi adalah 25,3 km, dengan 75 menara transmisi dan jarak antar menara transmisi adalah berkisar antara 350 meter sampai dengan 400 meter. Gambar konstruksi menara dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Menara Saluran Transmisi Sirkuit Ganda 150 kV Gardu Induk Keramasan Palembang ke Gardu Induk Mariana

Tabel 1. Data Menara saluran transmisi 150 kV dari GI Keramasan Palembang ke GI Mariana

Konstruksi menara	Tipe menara	: saluran ganda
	Tinggi menara (h)	: 34 m
	Traves Kawat Tanah	: 1,6 m
	Panjang <i>upper cross arm</i> (x_1)	: 7,8 m
	Panjang <i>middle cross arm</i> (x_2)	: 8,2 m
	Panjang <i>bootom cross arm</i> (x_3)	: 8,6 m
	Jarak antara <i>cross arm</i> (y)	: 4,7 m
	Ketinggian <i>bottom cross arm</i> dari tanah (h_m)	: 21,7 m
Rantai isolator	Jenis piringan	: standar (146 x 254 mm)
	Jumlah piringan isolator	: 10 buah
	Panjang isolator 10 buah	: 1,46 m
Jumlah menara	62	

Tabel 2. Data Spesifikasi Kawat Penghantar

Jumlah kawat per fasa	2 (<i>Twin Conductor</i>)
Jenis kawat/tipe	ACSR (Hawk)
Jumlah strand	21 Al + 7 st
Luas penampang terhitung	281,1 mm ²
Diameter kawat penghantar	21,8 mm = 0,0218 m
Jari-jari kawat penghantar (r):	10,9 mm = 0,0109 m
Jarak antar konduktor berkas (s)	40 cm = 0,4 m
Panjang saluran	25,3 km

Tabel 3. Data Beban Harian Rata-Rata Bulan Desember 2016

Jam	I _R (A)	kV (V)	Q _R (MVAR)
00:00	124	144	24
01:00	112	144	23
02:00	110	145	23
03:00	109	145	23
04:00	109	144	22
05:00	110	145	22
06:00	118	145	23
07:00	117	145	23
08:00	115	144	24
09:00	112	143	24
10:00	123	143	26
11:00	124	142	26
12:00	122	142	25
13:00	120	142	25
14:00	125	141	25
15:00	113	142	24
16:00	117	142	25
17:00	122	143	24
18:00	136	143	24
18:30	131	143	24
19:00	126	142	23
19:30	126	143	23
20:00	123	143	23
21:00	122	143	23
22:00	139	140	25

23:00	134	144	24
24:00	121	144	24
Jumlah Rata-rata	121	143	24

Sumber : Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, perhitungan mengenai pengaruh jarak antara konduktor berkas terhadap besarnya reaktansi induktif saluran transmisi 150 kV di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Keramasan, ditinjau berdasarkan:

1. Untuk menentukan besarnya reaktansi induktif, maka jarak antar konduktor berkas ($d_{12} = d_{21}$) ditinjau dari lima jarak, yaitu 0,30 m; 0,35 m; 0,40 m; 0,45 m; 0,50 m.
2. Untuk menentukan besarnya rugi-rugi daya reaktif pada saluran transmisi, hanya ditinjau dari beban puncak pada pukul 22.00.

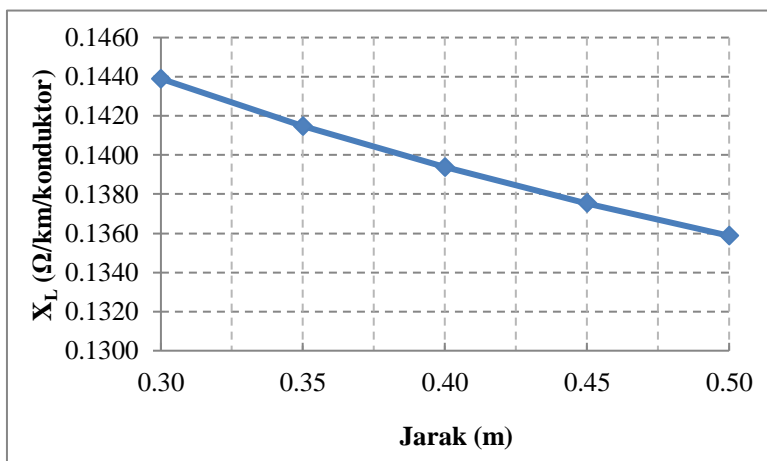
1. Reaktansi Induktif

Hasil perhitungan reaktansi induktif per fasa dan rugi-rugi daya reaktif ditinjau dari lima jarak antar konduktor berkas ($d_{12} = d_{21}$), yaitu 0,30 m; 0,35 m; 0,40 m; 0,45 m; 0,50 m, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Reaktansi Induktif Per Fasa Dan Rugi-Rugi Daya Reaktif

Jarak (m)	GMR	GMD	X_L (Ω /km/fasa)	$\Delta Q_{3 \text{ fasa}}$ (MVAR)
0,30	0,7398	7,3077	0,1439	0,1891
0,35	0,7689	7,3077	0,1415	0,1859
0,40	0,7950	7,3077	0,1394	0,1832
0,45	0,8188	7,3077	0,1375	0,1808
0,50	0,8406	7,3077	0,1359	0,1786

Sumber: Hasil Perhitungan

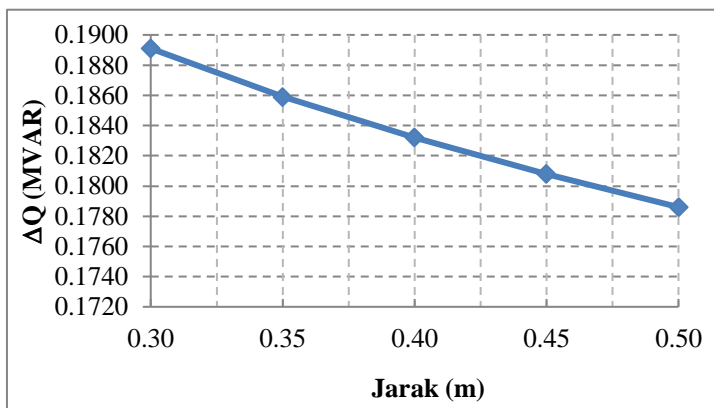


Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Jarak Dengan Besar Reaktansi

Besarnya jarak antar sub konduktor berkas mempengaruhi besarnya jari-jari rata-rata geometris (*Geometric Mean Radius/GMR*) konduktor berkas, dimana apabila jarak antar sub konduktor berkas semakin besar maka *GMR* konduktor berkas akan semakin besar. Dengan semakin besarnya *GMR* konduktor berkas maka reaktansi induktif pada saluran transmisi akan semakin besar. Jadi apabila jarak antar sub konduktor berkas semakin besar maka reaktansi induktif konduktor berkas pada saluran transmisi akan semakin besar.

2. Rugi-Rugi Daya Reaktif

Saluran transmisi dari Gardu Induk Keramasan Palembang ke Gardu Induk Mariana memiliki tegangan operasi 150 kV dengan panjang saluran transmisi adalah 25,3 km. Tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan rugi-rugi daya reaktif untuk beberapa jarak antar sub konduktor berkas. Dari hasil perhitungan tersebut dapat dianalisa bahwa:



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Jarak Dengan Rugi-Rugi Daya Reaktif

Besarnya jarak antar sub konduktor berkas mempengaruhi besarnya reaktansi induktif konduktor berkas, dimana apabila jarak antar sub konduktor berkas semakin besar maka reaktansi induktif konduktor berkas akan semakin besar. Dengan semakin besarnya reaktansi induktif konduktor berkas maka rugi-rugi daya reaktif pada saluran transmisi 3 fasa akan semakin besar. Jadi apabila jarak antar sub konduktor berkas semakin besar maka rugi daya reaktif pada saluran transmisi 3 fasa pada saluran transmisi akan semakin besar.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak antar sub konduktor berkas mempengaruhi reaktansi induktif dan rugi-rugi daya, karena apabila jarak antar sub konduktor berkas semakin

besar maka reaktansi induktif akan semakin besar sehingga rugi-rugi daya yang timbul akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Artono 2001. *Teknik Tegangan Tinggi*. Indonesia. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [2] Arismunandar, Artono dan Kuwanen, Susumu. 2004. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik: Saluran Transmisi*, Jilid II, Cetakan Ke 7. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. SNI 04-0227-2003. *Tegangan Standar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Gonen, Turan. 2014. *Electrical Power Transmission System Engineering*, Third Edition. California State University, Sacramento, USA: CRC Press.
- [5] Hutaeruk, T.S. 1985. *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Kadir, Abdul. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI Press).
- [7] Stevenson, William D. 2000. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Diterjemahkan Oleh: Kamal Idris. Jakarta: Erlangga.