

ANALISIS PERBANDINGAN UNJUK KERJA KABEL TANAH *SINGLE CORE* DENGAN KABEL LAUT *THREE CORE* 150 KV JAWA – MADURA

Nurlita Chandra Mukti¹, Mahfudz Shidiq, Ir., MT.², Soemarwanto, Ir., MT.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: chandramukti12@gmail.com

ABSTRAK - Transmisi daya listrik dari pembangkit ke beban atau ke konsumen menjadi hal yang sangat penting. Ini perlu menghitung rugi daya, jatuh tegangan, kuat hantar arus. Rugi daya dipengaruhi oleh panas yang terdapat pada kabel (konduktor, selubung, armour) dan pada isolasi kabel. Dalam kabel bawah tanah atau kabel bawah laut, arus sirkulasi pada selubung logam dapat terinduksi. Arus ini membuat rugi daya di selubung dan menurunkan kuat hantar arus dari kabel. Makalah ini membahas tentang perhitungan parameter-parameter yang terdapat pada saluran transmisi kabel (resistansi arus searah, resistansi arus bolak-balik, resistansi efektif reaktansi induktif, kapasitansi), rugi – rugi yang terdapat pada saluran (rugi-rugi penghantar, rugi-rugi arus pemuat dan rugi-rugi dielektrik), kuat hantar arus, jatuh tegangan dan efisiensi yang terdapat pada kabel *three core* dan *single core*. Kedua kabel ini memiliki luas penampang konduktor yang sama (300 mm²) yang terbuat dari tembaga. Dari hasil perhitungan didapat kuat hantar arus sebesar 498,229 A untuk kabel tipe *single core* dan sebesar 484,39 A untuk kabel tipe *three core*. Dan efisiensi saluran untuk saluran transmisi menggunakan kabel bawah tanah *single core* sebesar 95,909 % dan saluran transmisi yang menggunakan kabel *three core* sebesar 93,44 %.

Kata kunci: Kabel *Single core*, Kabel *Three core*, Rugi Daya, Transmisi.

I. PENDAHULUAN

Proses penyaluran daya listrik tidak dapat dipisahkan dari proses pembangkitan. Daya yang dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit akan disalurkan melalui saluran transmisi tegangan tinggi. Penyaluran daya tersebut dapat dilakukan melalui saluran udara, saluran bawah tanah, dan saluran bawah laut. Tujuan skripsi ini adalah menentukan besarnya parameter – parameter yang terdapat pada saluran transmisi yaitu resistansi arus searah, resistansi arus bolak – balik, resistansi efektif, resistansi induktif, kapasitansi; menghitung rugi – rugi yang terdapat pada saluran yang meliputi rugi penghantar, rugi arus pemuat, rugi dielektrik; dan menentukan besar efisiensi saluran transmisi yang

dipengaruhi oleh kemampuan hantar arus, jatuh tegangan dan daya saluran pada kebel *single core* dengan pembandingnya adalah kabel *three core*. Dalam skripsi ini hanya membahas masalah aspek teknis saja yang meliputi kemampuan hantar arus, kapasitas penyaluran daya dan parameter-parameter yang menunjangnya. Tidak membahas masalah proteksi dan ekonomi.

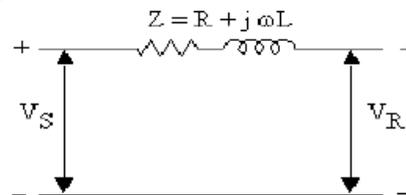
II. DASAR TEORI

A. Saluran Transmisi ditinjau dari panjang saluran

Saluran transmisi ditinjau dari panjang salurannya terbagi menjadi tiga, yaitu saluran pendek, saluran menengah dan saluran panjang.[1]

- Saluran Pendek (< 80 km)

Disebut saluran pendek apabila unsur kapasitansi dan konduktansi ke tanah bisa diabaikan karena relatif kecil. Diagram pengganti saluran pendek terlihat pada Gambar 1.

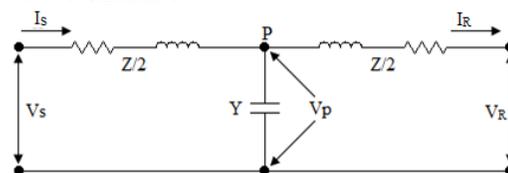


Gambar 1. Diagram pengganti saluran pendek [2]

- Saluran Menengah (80 – 250 km)

Disebut saluran menengah apabila unsur kapasitansi dan konduktansi (komponen admitansi) ke tanah dari saluran dipusatkan pada ujung-ujung saluran (nominal PI) atau pada pusat saluran / tengah (nominal T). Diagram pengganti untuk saluran menengah terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

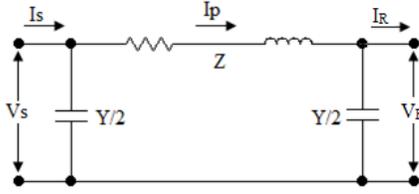
a. Nominal T



Gambar 2. Diagram pengganti saluran menengah Nominal T [2]

b. Nominal π

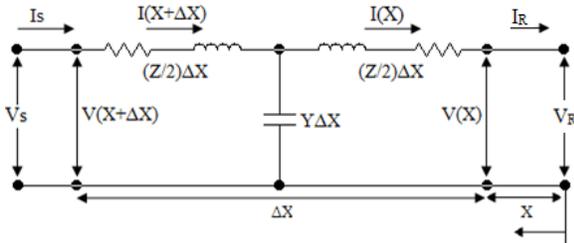
Jika keseluruhan admitansi shunt saluran dibagi dua sama besar dan ditempatkan masing-masing pada ujung pengirim dan ujung penerima, rangkaian yang terbentuk adalah nominal π .



Gambar 3. Diagram pengganti saluran menengah Nominal π [2]

• Saluran Panjang (> 250 km)

Disebut saluran panjang apabila unsur kapasitansi dan konduktansi (komponen admitansi) ke tanah tersebar di sepanjang saluran. Diagram pengganti untuk saluran panjang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram pengganti saluran transmisi panjang [2]

Saluran transmisi kabel tanah 150 kV Jawa – Madura termasuk saluran pendek dengan panjang saluran 10 km dan karena saluran transmisi ini yang tidak mengabaikan kapasitansi dan konduktansi tetapi jarak kabel relatif pendek, maka penulis mempresentasikan saluran panjang ke saluran menengah nominal π .

B. Fungsi Dasar Kabel

Kabel listrik adalah media untuk menyalurkan energi listrik. Kemampuan hantar sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA yang dimilikinya.

Secara sederhana kabel memiliki fungsi dasar sebagai berikut : [3]

1. Media penghantar energi listrik
2. Memudahkan instalasi kelistrikan
3. Keamanan instalasi listrik

III. METODE PENELITIAN

A. Pengambilan Data

Data yang digunakan untuk menganalisa permasalahan adalah data yang didapatkan dari perhitungan parameter – parameter yang terdapat pada saluran transmisi yang meliputi resistansi arus searah, resistansi arus bolak-balik, resistansi induktif, resistansi efektif, kapasitansi, rugi-rugi pada penghantar, efisiensi. Dan data yang diperoleh dari

PT. PLN yang meliputi spesifikasi kabel, daya yang dikirim dan diterima pada gardu induk yang ada di Surabaya dan Madura.

B. Perhitungan dan Analisis Data

Data – data yang telah terkumpul tersebut selanjutnya diolah melalui perhitungan dan analisis sehingga diperoleh hasil untuk parameter – parameter yang akan dibandingkan tersebut.

C. Pengambilan Keputusan dan Saran

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan serta analisis. Dan juga dilakukan pemberian saran yang dimaksudkan untuk memberi pertimbangan atas pengembangan selanjutnya.



Gambar 5. Diagram Alir Metode Penelitian

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISIS

Jenis penghantar yang digunakan pada saluran transmisi Jawa – Madura adalah tembaga. Sesuai dengan data yang terlampir luas penampang (A) sebesar 300 mm² untuk kabel jenis *single core* dan *three core*. Yang dimana memiliki panjang penghantar (l) untuk kabel tipe *single core* yang terpasang pada jembatan Suramadu adalah 10000 m dan untuk kabel tipe *three core* yang merupakan kabel laut adalah sepanjang 4100 m.

A. Resistansi Arus Searah

Resistansi DC pada suhu 20⁰C (suhu ruang standart) untuk kabel *single core*:

$$R_{dc20^0} = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{1,724 \cdot 10^{-8} \cdot 10^4}{3 \cdot 10^{-6}} = 57,46 \Omega$$

Untuk *three core*:

$$R_{dc20^0} = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{1,724 \cdot 10^{-8} \cdot 4,1 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^{-6}} = 23,56 \Omega$$

Resistansi DC pada suhu $62,5^{\circ}\text{C}$ (suhu saat operasi maksimum) untuk kabel *single core*:

$$\begin{aligned} R_{dc62,5^{\circ}} &= R_{dc20^{\circ}} [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \\ &= 57,46 (1 + 0,00393 \cdot (62,5^{\circ} - 20^{\circ})) \\ &= 67,05 \Omega \end{aligned}$$

Untuk *three core*:

$$\begin{aligned} R_{dc62,5^{\circ}} &= R_{dc20^{\circ}} [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \\ &= 23,56 (1 + 0,00393 \cdot (62,5^{\circ} - 20^{\circ})) \\ &= 27,49 \Omega \end{aligned}$$

B. Faktor Efek Kulit

Besarnya faktor efek kulit (Y_s) dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$\begin{aligned} k_s &= \frac{d_c - d_i}{d_c + d_i} \cdot \left(\frac{d_c + 2d_i}{d_c + d_i} \right)^2 \\ &= \frac{24 - 12}{24 + 12} \cdot \left(\frac{24 + 2 \cdot 12}{24 + 12} \right)^2 = 0,593 \\ X_s &= \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R_{dc}} \cdot 10^{-7} \cdot k_s} \\ &= \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot 50}{67,05} \cdot 10^{-7} \cdot 0,593} = 0,00105 \Omega \\ Y_s &= \frac{X_s^4}{(192 + 0,8 \cdot X_s^4)} = \frac{(0,00105)^4}{192 + 0,8 \cdot (0,00105)^4} \\ &= 6,33 \cdot 10^{-7} \end{aligned}$$

Untuk *three core*:

Sedangkan untuk kabel jenis *three core*, sesuai dengan Lampiran, yang dikarenakan jenis konduktornya berbentuk bulat pejal didapatkan harga $k_s = 1$.

$$\begin{aligned} X_s &= \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R_{dc}} \cdot 10^{-7} \cdot k_s} \\ &= \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot 50}{27,49} \cdot 10^{-7} \cdot 1} = 0,00213 \Omega \\ Y_s &= \frac{X_s^4}{(192 + 0,8 \cdot X_s^4)} \\ &= \frac{(0,00213)^4}{192 + 0,8 \cdot (0,00213)^4} = 1,072 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

C. Faktor Pendekatan

Besarnya konstanta efek pendekatan (k_p) untuk berbagai jenis penghantar pada kabel *single core* dan *three core* adalah 0,8 seperti yang ditunjukkan pada Lampiran. Sehingga besarnya nilai faktor pendekatan (Y_p) dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$X_p = \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R_{dc}} \cdot 10^{-7} \cdot k_p}$$

$$= \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot 50}{67,05} \cdot 10^{-7} \cdot 0,8} = 0,00122 \Omega$$

$$Y_p = \frac{X_p^4}{(192 + 0,8 \cdot X_p^4)} \cdot \left(\frac{d_c}{s} \right) \cdot \left[0,312 \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{X_p^4}{(192 + 0,8 \cdot X_p^4)} + 0,27} \right]$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(0,00122)^4}{192 + 0,8 \cdot (0,00122)^4} \cdot \left(\frac{24}{10000} \right) \cdot \left(0,312 \left(\frac{24}{10000} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{(0,00122)^4}{192 + 0,8 \cdot (0,00122)^4} + 0,27} \right) \end{aligned}$$

$$= 1,21 \cdot 10^{-9}$$

Untuk *three core*:

$$\begin{aligned} X_p &= \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R_{dc}} \cdot 10^{-7} \cdot k_p} \\ &= \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot 50}{27,49} \cdot 10^{-7} \cdot 0,8} = 0,00191 \Omega \end{aligned}$$

$$Y_p = \frac{X_p^4}{(192 + 0,8 \cdot X_p^4)} \cdot \left(\frac{d_c}{s} \right) \cdot \left[0,312 \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{X_p^4}{(192 + 0,8 \cdot X_p^4)} + 0,27} \right]$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(0,00191)^4}{192 + 0,8 \cdot (0,00191)^4} \cdot \left(\frac{23,2}{4,1 \cdot 10^3} \right) \cdot \left(0,312 \left(\frac{23,2}{4,1 \cdot 10^3} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{(0,00191)^4}{192 + 0,8 \cdot (0,00191)^4} + 0,27} \right) \end{aligned}$$

$$= 1,71 \cdot 10^{-7}$$

D. Resistansi Arus Bolak – Balik

Besarnya resistansi arus bolak-balik (R_{ac}) adalah:

Untuk *single core*:

$$\begin{aligned} R_{ac} &= R_{dc} (1 + Y_s + Y_p) \\ &= 67,05 (1 + 6,33 \cdot 10^{-7} + 1,21 \cdot 10^{-9}) = 67,05 \Omega \end{aligned}$$

Untuk *three core*:

$$\begin{aligned} R_{ac} &= R_{dc} (1 + Y_s + Y_p) \\ &= 27,49 (1 + 1,072 \cdot 10^{-5} + 1,71 \cdot 10^{-7}) = 27,49 \Omega \end{aligned}$$

E. Resistansi Panas

Resistansi panas kabel terdiri dari: resistansi panas isolasi (T_1), resistansi panas bantalan dan bahan anti korosi (T_2), resistansi panas selubung (T_3) dan resistansi panas di luar kabel (T_4) yang dapat dihitung sebagai berikut:

a. Resistansi Panas Isolasi

Untuk *single core*:

$$T_1 = \frac{\rho_1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_1}{d_c} \right) \\ = \frac{5}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 13}{24} \right) = 0,5841 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Untuk *three core*:

$$T_1 = \frac{\rho_1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_1}{d_c} \right) \\ = \frac{5}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 11,75}{23,2} \right) = 0,5567 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

b. Resistansi Panas antara Selubung Logam dan Perisai

Untuk *single core*:

- Resistansi panas di bawah penguat

$$T_{21} = \frac{6}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 0,3}{60} \right) = 0,0095 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

- Resistansi panas bahan anti korosi

$$T_{22} = \frac{3,5}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 3}{60} \right) = 0,0531 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

- Resistansi Panas bantalan

$$T_{23} = \frac{6}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 0,26}{60} \right) = 0,0082 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Jadi besarnya resistansi panas antara selubung logam dan perisai adalah:

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23} = 0,0095 + 0,0531 + 0,0082 \\ = 0,0708 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Untuk *three core*:

- Resistansi panas di bawah penguat

$$T_{21} = \frac{6}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 0,3}{51,9} \right) = 0,011 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

- Resistansi panas bahan anti korosi

$$T_{22} = \frac{3,5}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 3,45}{53,1} \right) \\ = 0,0681 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

- Resistansi Panas bantalan

$$T_{23} = \frac{6}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 2,49}{60} \right) \\ = 0,075 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Jadi besarnya resistansi panas antara selubung logam dan perisai adalah:

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23} = 0,011 + 0,0681 + 0,07 \\ = 0,1541 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

c. Resistansi Panas Selubung

Besarnya resistansi panas selubung dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$T_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_3}{d_d} \right) = \frac{6}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 1,1}{60} \right) \\ = 0,0344 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Untuk *three core*:

Karena selubung luar terdiri dari dua lapisan, maka resistansi panas tiap lapisan adalah:

Lapisan pertama

$$T_{31} = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_3}{d_d} \right) = \frac{6}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 2}{148,2} \right) \\ = 0,0254 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Lapisan kedua

$$T_{32} = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_3}{d_d} \right) = \frac{6}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 2}{166,2} \right) \\ = 0,0383 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Jadi resistansi panas selubung luar (T_3) adalah:

$$T_3 = T_{31} + T_{32} = 0,0254 + 0,0383 = 0,0637 \text{ } ^\circ\text{C}$$

d. Resistansi Panas di luar Kabel

Besarnya resistansi panas di luar kabel dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$u = \frac{2L}{De} = \frac{2 \cdot 40}{24} = 3,333$$

$$T_4 = \frac{1,5 \cdot \rho_4}{\pi} \cdot [\ln(2u) - 0,630] \\ = \frac{1,5 \cdot 0,7}{\pi} \cdot [\ln(2 \cdot 3,333) - 0,630] = 0,423 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

Untuk *three core*:

$$u = \frac{2L}{De} = \frac{2 \cdot 86,5}{60} = 2,8833$$

$$T_4 = \frac{1,5 \cdot \rho_4}{\pi} \cdot [\ln(2u) - 0,630] \\ = \frac{1,5 \cdot 0,7}{\pi} \cdot [\ln(2 \cdot 2,8833) - 0,630] \\ = 0,547 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$$

F. Kuat Hantar Arus (KHA)

Besarnya kuat hantar arus dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$I_m = \sqrt{\frac{\Delta\theta - P_d \cdot [0,5 \cdot T_1 + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4)]}{R_{ac} \cdot T_1 + n \cdot R_{ac} \cdot T_2 \cdot (1 + \lambda_1) + n \cdot R_{ac} \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)}} \\ = \sqrt{\frac{42,5 - 2,45 \cdot [0,5 \cdot 0,5841 + (0,0708 + 0,2983 + 0,423)]}{3,9 \cdot 10^{-3} + 5,2 \cdot 10^{-4} + 3,36 \cdot 10^{-3}}} \\ = 498,229 \text{ A}$$

Untuk *three core*:

$$I_m = \sqrt{\frac{\Delta\theta - P_d \cdot [0,5 \cdot T_1 + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4)]}{R_{ac} \cdot T_1 + n \cdot R_{ac} \cdot T_2 \cdot (1 + \lambda_1) + n \cdot R_{ac} \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)}}$$

$$= \sqrt{\frac{42,5 - 2,55 \cdot [0,5 \cdot 0,5567 + 3 \cdot (0,1541 + 0,0637 + 0,547)]}{1,53 \cdot 10^{-3} + 4,85 \cdot 10^{-3} + 1,92 \cdot 10^{-3}}}$$

$$= 484,39 \text{ A}$$

G. *Rugi Daya*

a. *Kapasitansi Kabel*

Besarnya kapasitansi kabel dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$C = \frac{\epsilon}{18 \cdot \ln\left(\frac{R}{r}\right)} \cdot 10^{-9} = \frac{3,6}{18 \cdot \ln\left(\frac{25,5}{16}\right)} \cdot 10^{-9}$$

$$= 0,26 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

Untuk *three core*:

$$C = \frac{\epsilon}{18 \cdot \ln\left(\frac{R}{r}\right)} \cdot 10^{-9} = \frac{3,6}{18 \cdot \ln\left(\frac{22,45}{12,2}\right)} \cdot 10^{-9}$$

$$= 0,328 \cdot 10^{-9}$$

b. *Rugi Dielektrik*

Dengan nilai untuk $\tan \delta = 0,004$, besarnya kerugian dielektrik adalah sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$P_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot V_0^2 \cdot \tan \delta$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,26 \cdot 10^{-9} \cdot \left(\frac{150 \cdot 10^3}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot 0,004$$

$$= 2,45 \text{ watt}$$

Untuk *three core*:

$$P_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot V_0^2 \cdot \tan \delta$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,328 \cdot 10^{-9} \cdot \left(\frac{150 \cdot 10^3}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot 0,004$$

$$= 3,09 \text{ watt}$$

c. *Rugi karena Arus Pemuat*

Untuk *single core*:

$$P_{ic} = \frac{V_0^2}{R_i \cdot l} = \frac{\left(\frac{150000}{\sqrt{3}}\right)^2}{1599,74 \cdot 10^4} = 468,83 \text{ watt}$$

Untuk *three core*:

$$P_{ic} = \frac{3 \cdot V_0^2}{R_i \cdot l} = \frac{3 \cdot \left(\frac{150000}{\sqrt{3}}\right)^2}{3582,83,4,1 \times 10^3} = 731,68 \text{ watt}$$

d. *Rugi Daya pada Penghantar*

Untuk *single core*:

$$P_p = I_m^2 \cdot R_{eff} = (498,229)^2 \cdot 1,3 \cdot 10^{-5}$$

$$= 0,2681 \text{ MW}$$

Untuk *three core*:

$$P_p = 3 \cdot I_m^2 \cdot R_{eff} = 3 \cdot (484,39)^2 \cdot 5,26 \cdot 10^{-6}$$

$$= 0,3849$$

e. *Rugi Daya Total pada Kabel*

Untuk *single core*:

$$P_{loss} = P_p + P_d + P_{ic}$$

$$= 0,2681 + 2,45 \cdot 10^6 + 468,83 \cdot 10^6$$

$$= 0,471 \text{ MW}$$

Untuk *three core*:

$$P_{loss} = P_p + P_d + P_{ic}$$

$$= 0,3849 + 3,09 \cdot 10^6 + 731,68 \cdot 10^6$$

$$= 0,735 \text{ MW}$$

H. *Efisiensi Saluran*

a. *Perhitungan Daya pada Sisi Kirim*

Hasil perhitungan daya pada sisi kirim adalah:

Untuk *single core*:

Dengan $\cos \varphi$ sisi kirim = 0,89 (GI Ujung, Surabaya)

$$P_s = \sqrt{3} \cdot V_{l-l} \cdot I_m \cdot \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3 \cdot 498,229 \cdot 0,89 = 115,20 \text{ MW}$$

Untuk *three core*:

Dengan $\cos \varphi$ sisi kirim = 0,89 (PLTU Gresik)

$$P_s = \sqrt{3} \cdot V_{l-l} \cdot I_m \cdot \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3 \cdot 484,39 \cdot 0,89 = 112 \text{ MW}$$

b. *Perhitungan Daya pada Sisi Terima*

Besarnya kemampuan daya pada sisi terima (P_r) dapat dihitung seperti berikut:

Untuk *single core*:

$$P_r = P_s - P_{loss} = 115,20 - 0,471 = 110,488 \text{ MW}$$

Untuk *three core*:

$$P_r = P_s - P_{loss} = 112 - 0,735 = 104,659 \text{ MW}$$

c. *Efisiensi Saluran*

Besarnya efisiensi saluran transmisi (η) adalah sebagai berikut:

Untuk *single core*:

$$\eta = \frac{P_r}{P_s} \cdot 100\% = \frac{110,488}{115,20} \cdot 100\% = 95,909 \%$$

Untuk *three core*:

$$\eta = \frac{P_r}{P_s} \cdot 100\% = \frac{104,659}{112} \cdot 100\% = 93,44 \%$$

V. PENUTUP

A. *Kesimpulan*

Dari hasil pembahasan skripsi ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan didapatkan parameter-parameter yang terdapat pada rangkaian transmisi sebagai berikut: Resistansi arus searah sebesar 67,05 Ω untuk *single core* dan 27,49 Ω untuk *three core*; Resistansi arus bolak-balik sebesar 67,05 Ω untuk *single core* dan untuk *three core* sebesar 27,49 Ω ; Resistansi efektif kabel sebesar 1,3 $\cdot 10^{-5} \Omega$ untuk *single core* dan 5,26 $\cdot 10^{-6} \Omega$ untuk *three core*; Reaktansi induktif kabel sebesar 0,10016 $\cdot 10^{-3} \Omega$ untuk *single core* dan sebesar 0,1028 $\cdot 10^{-3} \Omega$ untuk *three core*; Kapasitansi kabel sebesar 0,26 $\cdot 10^{-9}$

F untuk *single core* dan sebesar $0,328 \cdot 10^{-9}$ F untuk *three core*.

2. Rugi-rugi yang terdapat pada saluran transmisi adalah: Rugi-rugi pada penghantar (P_p) sebesar 0,2681 MW untuk *single core* dan untuk *three core* sebesar 0,3849 MW; Rugi-rugi dielektrik (P_d) sebesar 2,45 W untuk *single core* dan sebesar 3,09 W untuk *three core*; Rugi-rugi karena arus pemuat (P_{ic}) sebesar 468,83 W untuk *single core* dan sebesar 731,68 W untuk *three core*.
3. Bahwa kemampuan hantar arus dan efisiensi untuk jenis kabel *three core* dan *single core* adalah sebagai berikut: Kabel tipe *single core* untuk adalah 498,229 A untuk pengoperasian pada temperatur $62,5 \text{ }^\circ\text{C}$ dan efisiensi sebesar 95,909 %

Kabel tipe *three core* untuk kemampuan hantar arus adalah 484,39 A untuk pengoperasian pada temperatur $62,5 \text{ }^\circ\text{C}$ dan efisiensi sebesar 93,44%

Dari hasil analisis didapat kesimpulan bahwa kabel tipe *single core* lebih memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan kabel tipe *three core*.

B. SARAN

Untuk pengembangan kelistrikan selanjutnya apabila ditinjau dari segi teknis sebaiknya menggunakan kabel tipe *single core*. Dengan menggunakan kabel tipe *single core* sebagai alternatif, bisa didapatkan efisiensi yang lebih tinggi. Tetapi tentunya dalam pemilihan kabel, harus mempertimbangkan faktor – faktor lainnya (faktor ekonomis, mekanis, dll).

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Gonen, T., *Electric Power Transmission System Engineering : Analysis and Design*, A Willey-Interscience Publication, California, 1987
- [2]. Arismunandar, A., Dr., dan Kuwahara, S., Dr., *Teknik Tenaga Listrik Jilid II*, PT Pradnya Paramitha, Jakarta, 1979
- [3]. Mc Allister, D., *Electric Cable Handbook*, Granada Publishing, 1982