

Penyusutan Daya Listrik Pada Penyulang Jaringan Transmisi Isimu Marisa

Novendry Tenda⁽¹⁾, Lily S. Patras, ST., MT. ⁽²⁾, Ir. Hans Tumaliang, MT. ⁽³⁾

(1)Mahasiswa (2)Pembimbing 1 (3)Pembimbing 2

Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115, Email: novendry_tenda@yahoo.com

Abstrak

Seiring dengan perkembangan dunia, daya listrik juga menjadi sesuatu yang tidak bisa lepas dari dampak perkembangan dunia. Dan sudah menjadi kebutuhan pokok untuk setiap manusia. Daerah pedesaan saja membutuhkan listrik, apalagi kota-kota besar yang sudah menjadi kawasan industri, pertokoan, perbelanjaan, kebutuhan pokok dan lain-lain. Secara umum, baik buruknya sistem transmisi daya listrik terutama ditinjau dari kualitas daya yang diterima. Kualitas daya yang baik, antara lain meliputi kapasitas daya yang memenuhi dan tegangan yang selalu konstan. Namun pada kenyataannya pada setiap penyaluran daya listrik, jumlah daya listrik yang dikirim tidak sama dengan daya yang sampai di ujung saluran. Menghindari penyusutan yang melebihi *standard* yang ditentukan maka dilakukan penelitian serta melakukan analisa melalui perhitungan dalam bentuk persen (%) dan dalam watt (W), dalam hal ini untuk mengetahui berapa besar jumlah penyusutan daya yang dialami oleh transmisi dari G.I Isimu menuju G.I Marisa. Ketika sudah diketahui jumlah penyusutan daya yang terjadi dan jika penyusutan melebihi *standard* yang ditentukan, maka salah satu solusi untuk mengatasinya dengan menambahkan *kapasitor* disalurkan transmisi Isimu Marisa.

Kata Kunci : Jaringan Transmisi, *Kapasitor*, Penyusutan daya, Transmisi.

Abstract

Along with the global development, electricity also becomes something that can not escape of global development impact. And has becomes a stape for human being. In rural areas need electricity, especially in big cities that have become industrial areas, shopping complex, basic need, ect. In generaly, bad and good electrical transmission system especially in terms of the received power quality. Good quality power, such as include the power capacity that meets and tension is always constant. But in fact on every electrical transmission, the amount of delivered electrical power is not same with the power up in the end of line. Avoiding depreciation in excess of the prescribe standards then do reaserch and analyze through the calculations in terms of percent (%) and watt (w), in this case to find out how much experienced of depreciation power by the transmission of G.I Isimu fowards G.I Marisa. When is was known that amaunt

of power depletion occurs and if the depreciation exceeds specified standards, then of the solution to resolve it by adding a capasitor in Isimu Marisa transmission line.

Keyword : *Capasitor, depreciation power, Transmission, transmission network*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dunia, daya listrik juga menjadi sesuatu yang tidak bisa lepas dari dampak perkembangan dunia. Dan sudah menjadi kebutuhan pokok untuk setiap manusia. Daerah pedesaan saja membutuhkan listrik, apalagi kota-kota besar yang sudah menjadi kawasan industri, pertokoan, perbelanjaan, kebutuhan pokok dan lain-lain. Yang sekarang ini semuanya itu berjalan tidak lepas dari yang namanya listrik. Dalam menunjang upaya untuk memajukan suatu bangsa cabang industri yang penting adalah daya listrik. Yang merupakan hasil dari pemanfaatan kekayaan alam yang menguasai hajat hidup orang banyak, untuk mencapai kesejahteraan dan kemakmuran rakyat. Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain yang dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan satu kesatuan yang terinterkoneksi, suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi.

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran daya listrik dari tempat pembangkitan listrik hingga saluran distribusi listrik sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik.

Secara umum, baik buruknya sistem transmisi daya listrik terutama ditinjau dari kualitas daya yang diterima. Kualitas daya yang baik, antara lain meliputi kapasitas daya yang memenuhi dan tegangan yang selalu konstan. Mengurangi rugi tegangan yang terjadi di ujung saluran. Namun pada kenyataannya pada setiap penyaluran daya listrik, jumlah daya listrik yang dikirim tidak sama dengan daya yang sampai di ujung saluran. Yang dikarenakan adanya rugi-rugi atau susut daya pada jaringan transmisi, yang merupakan masalah yang biasa dan yang tidak dapat dihindari dalam pendistribusian daya listrik. Terjadinya penyusutan

dapat dikarenakan berkurangnya kemampuan dari peralatan yang digunakan dalam penyaluran daya listrik, serta meningkatnya beban dan lepasnya peralatan-peralatan yang tersambung ke sistem. dan juga karena adanya daya listrik yang terbuang berupa panas.

Sebagian besar dari penyusutan daya listrik pada jaringan transmisi dikarenakan adanya daya yang terbuang yang berupa panas pada kawat jaringan dan trafo sesuai dengan hukum fisika, sebagiannya lagi merupakan penyusutan non-teknis. Oleh karena itu maka diperlukan kajian tentang jaringan transmisi Isimu – Marisa khususnya pada penyulang untuk mengetahui berapa besar susut yang terjadi pada penyulang tersebut. Sehingga permasalahan yang ada dapat diatasi dengan dilakukannya perbaikan-perbaikan pada bagian sistem yang menyebabkan terjadinya susut jaringan transmisi. Berdasarkan permasalahan diatas maka penulis mengangkat judul untuk tugas akhir ini, yaitu “ Analisis Penyusutan Daya Listrik pada Penyulang Jaringan Transmisi Isimu – Marisa”.

II. DASAR TEORI

A. Sistem Transmisi Tenaga Listrik

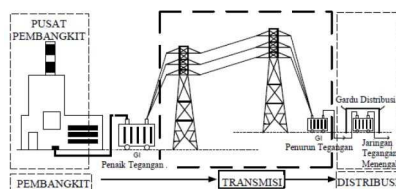
Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama : pusat-pusat pembangkit listrik, saluran-saluran transmisi, dan sistem-sistem distribusi. Saluran-saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit listrik dan sistem-sistem distribusi, dan melalui hubungan-hubungan antar sistem dapat pula menuju ke sistem tenaga yang lain. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban-beban yang terpisah satu dengan yang lain kepada saluran-saluran transmisi. Diagram garis sistem tenaga listrik dapat dilihat pada gambar 1.

Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari *Generator Station/* Pembangkit Listrik sampai distribution station hingga sampai pada *consumer* pengguna listrik.

B. Kategori Saluran Transmisi

Berdasarkan pemasangannya, saluran transmisi dibagi menjadi dua kategori, yaitu *Saluran Udara (Overhead Lines)*

Saluran transmisi yang menyalurkannya daya listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi.



Gambar 1. Diagram Garis Sistem Tenaga Listrik

Saluran kabel bawah tanah (*underground cable*)

Saluran transmisi yang menyalurkan daya listrik melalui kabel yang dipendam didalam tanah. Adapun saluran yang lain adalah saluran kabel bawah laut dan saluran isolasi gas.

C. Klasifikasi Saluran Transmisi Berdasarkan Tegangan

Transmisi Tegangan Tinggi adalah berfungsi menyalurkan daya listrik dari satu *substation* (gardu) induk ke gardu induk lainnya. Terdiri dari *konduktor* yang direntangkan antara tiang (*tower*) melalui *isolator*, dengan sistem tegangan tinggi. Standar tegangan tinggi yang berlaku di Indonesia adalah 30kV, 70kV dan 150kV.

Ditinjau dari klasifikasi tegangannya, transmisi listrik dibagi menjadi:

Saluran Udara Ekstra Tinggi (SUTET 200kV-500kV). Tujuannya adalah agar *drop* tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal, sehingga diperoleh operasional yang efektif dan efisien.

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 30kV-150kV, contoh seperti pada gambar 2. Jarak terjauh yang paling efektif dari saluran transmisi ini ialah 100 km. Jika jarak transmisi lebih dari 100 km maka tegangan jatuh (*drop voltage*) terlalu besar, sehingga tegangan diujung transmisi menjadi rendah.

Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 30kV-150kV, contoh seperti pada gambar 3. Saluran transmisi dipasang di kota-kota besar menggunakan kabel bawah tanah.



Gambar 2. Saluran Udara Ekstra Tinggi



Gambar 3. Saluran Udara Tegangan Tinggi

D. Komponen Jaringan Transmisi

Saluran transmisi tenaga listrik terdiri atas *konduktor*, *isolator*, *arester*, dan infrastruktur tiang penyangga.

Konduktor

Kawat penghantar berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari suatu tempat ke tempat yang lain. Jenis kawat penghantar yang biasa digunakan pada saluran transmisi adalah tembaga dengan konduktivitas 100 % (CU 100 %), atau aluminium dengan konduktivitas 61 % (AL 61 %). Kawat penghantar tembaga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar aluminium karena konduktivitas dan kuat tariknya lebih tinggi. Tetapi kelemahannya ialah, untuk besar tahanan yang sama, tembaga lebih berat dari aluminium, dan juga lebih mahal. Oleh karena itu kawat aluminium telah menggantikan kedudukan tembaga. Kawat dengan bahan konduktor untuk saluran transmisi tegangan tinggi selalu tanpa pelindung/isolasi kawat. Ini hanya kawat berbahan tembaga atau aluminium dengan inti baja (*steel-reinforced aluminium cable/ACSR*) telanjang besar yang terbentang untuk mengalirkan arus listrik.

Kawat penghantar aluminium, terdiri dari berbagai jenis. AAC (*All-Aluminium Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari aluminium. AAAC (*All-Aluminium-Alloy Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium. ACSR (*Aluminium Conductor, Steel-Reinforced*), yaitu kawat penghantar aluminium berinti kawat baja. ACAR (*Aluminium Conductor, Alloy-Reinforced*), yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

Isolator

Isolator pada sistem transmisi tenaga listrik disini berfungsi untuk menahan bagian konduktor terhadap *ground*. Isolator disini bisanya terbuat dari bahan porseline, tetapi bahan gelas dan bahan isolasi sintetik juga sering digunakan disini. Bahan isolator harus memiliki resistansi yang tinggi untuk melindungi kebocoran arus dan memiliki ketebalan yang secukupnya (sesuai standar) untuk mencegah *breakdown* pada tekanan listrik tegangan tinggi sebagai pertahanan fungsi isolasi tersebut. Kondisi nya harus kuat terhadap guncangan apapun dan beban konduktor. Jenis isolator yang digunakan pada saluran transmisi pada umumnya adalah jenis porselin atau gelas yang berfungsi sebagai isolasi tegangan listrik antara kawat penghantar dengan tiang. Contoh isolator seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Isolator Piring

Arester

Arester petir disingkat *arester*, atau sering juga disebut penangkap petir, adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Ia berlaku sebagai jalan pintas (*by-pass*) sekitar isolasi. *Arester* membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 Hz.

Infrastruktur Tiang Penyangga

Daya listrik yang disalurkan lewat saluran transmisi udara pada umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya, dan untuk menyanggah / merentang kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, kawat-kawat penghantar tersebut dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang kokoh, yang biasa disebut menara / *tower*. Konstruksi tower besi baja merupakan jenis konstruksi saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT) ataupun saluran transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang paling banyak digunakan di jaringan PLN, karena mudah dirakit terutama untuk pemasangan didaerah pegunungan dan jauh dari jalan raya, harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan penggunaan saluran bawah tanah serta pemeliharaannya yang mudah.

E. Sistem Minahasa

Sistem tenaga listrik Minahasa merupakan sistem tenaga listrik yang digunakan untuk menyediakan dan menyalurkan daya listrik dengan daerah pelayanan meliputi kota Manado, Bitung, Minahasa Utara, Minahasa Selatan, Minahasa Induk, Minahasa Tenggara, Kotamobagu, dan Gorontalo dimana sistem ini bekerja secara interkoneksi. Di bawah Area Penyaluran Dan Pengatur Beban (AP2B) Sistem Minahasa mempunyai empat Unit Transmisi dan Gardu Induk (TRAGI) yang sudah yaitu TRAGI Sawangan, TRAGI Lopana dan TRAGI Palu, dan TRAGI Gorontalo. Sistem tenaga listrik ini memiliki beberapa pusat tenaga listrik yang tersebar di Sektor Minahasa, Area Kotamobagu dan Area Gorontalo.

F. Saluran Transmisi Pada Sistem Minahasa

Area Penyaluran Dan Pengatur Beban (AP2B) Sistem Minahasa wilayah kerja sistem transmisi dibagi menurut tragi. Tragi Sawangan mengelola GI Ranomuut, GI Sawangan, GI Bitung, GI Tonselama, GI Teling, dan GI Likupang. Tragi Lopana mengelola GI Tomohon, GI Kawangkoan, GI Lopna, GI Tasikria, GI Otam, dan GI Lolak. Tragi Palu mengelola GI Talise dan GI Parigi. Tragi Gorontalo mengelola GI Isimu, GI Marisa, GI Botupingge dan GI Boroko.

G. Sistem Gorontalo

Sistem tenaga listrik Gorontalo merupakan sistem interkoneksi dengan sistem Minahasa yang terdiri atas berbagai pusat tenaga listrik yang terhubung melalui saluran daya tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Sistem tenaga listrik Gorontalo sejak pertengahan tahun 2012. Untuk menyalurkan pasokan listrik dari sistem kelistrikan SULUTGO ke Gorontalo, dilakukan melalui Unit Transmisi & Gardu Induk (Unit Tragi) Gorontalo yang meliputi 4 buah Gardu Induk (yaitu) : GI Isimu, GI Botupingge, GI Boroko dan GI Marisa. Saat ini, beban tertinggi penggunaan listrik (Beban Puncak/BP) rata-rata di Gorontalo, saat Siang hari berkisar 60 *Mega Watt* (MW) dan Malam hari berkisar 85 MW.

H. Faktor-faktor yang Menyebabkan Penyusutan Daya Listrik dalam Menyuplai Daya

Permasalahan yang sering terjadi dalam penyaluran daya listrik yaitu, jumlah daya atau daya yang sampai kepada konsumen tidak sesuai dengan jumlah daya yang dikirim oleh PLN, hal ini disebabkan karena adanya susut daya pada pendistribusian. Terdapat dua jenis susut daya listrik dalam penyaluran atau dalam sistem distribusi, yaitu susut teknis dan non teknis.

Susut teknis

Susut teknis merupakan susut yang disebabkan oleh sifat penghantar dan peralatan listrik itu sendiri dalam keadaan operasi. Susut pada penghantar.

Konduktor ideal seharusnya tidak memiliki hambatan namun pada kenyataannya setiap benda memiliki hambatan terhadap listrik. Begitu pula konduktor yang dipakai untuk penghantar arus pada jaringan transmisi. Konduktor yang digunakan pada jaringan transmisi menggunakan logam, aluminium dan tembaga. Aluminium dan tembaga memiliki nilai hambat jenis yang berbeda, aluminium memiliki nilai hambat jenis yang lebih besar, namun karena harganya lebih murah, aluminium lebih sering dipakai untuk penghantar jaringan distribusi. Untuk memperkecil hambat jenisnya, logam aluminium dicampur unsur lain. Hal ini juga dimaksudkan untuk memperbaiki kekuatan mekanis dari aluminium.

Susut pada *transformator*. *Transformator* distribusi menyumbang susut pada jaringan. Susut pada trafo meliputi rugi tembaga, rugi arus *eddy*, rugi *hysteresis*, dan susut pada penyambungan.

Susut akibat faktor daya rendah. Faktor daya adalah cosinus dari sudut antara tegangan dan arus pada suatu system, dapat juga dicari dari sudut antara daya aktif (P) dan daya semu (S) faktor daya dipengaruhi oleh karakteristik beban dimana beban yang murni resistif memiliki nilai faktor daya sama dengan satu. Beban yang kapasitif memiliki nilai faktor daya *negative*. Terdapat perbedaan fasa antara arus dan tegangan dimana arus mendahului

tegangan atau sering disebut kondisi *leading*. Beban induktif memiliki nilai faktor daya positif yang bernilai antara nol dan satu. Terdapat perbedaan fasa antara arus dan tegangan dimana arus tertinggal dari tegangan. Kondisi ini sering disebut juga kondisi *lagging*. Pada jaringan distribusi, diusahakan nilai faktor daya yang mendekati satu.

Susut non teknis

Merupakan susut yang timbul bukan diakibatkan akibat material peralatan. Susus jenis ini timbul akibat adanya kesalahan pembacaan pada alat ukur, kesalahan kalibrasi alat ukur, dan kesalahan akibat adanya pemakaian listrik secara tidak sah (pencurian) atau kesalahan-kesalahan lain yang bersifat *administrative*.

I. Tahanan Konduktor

Suatu tahanan penghantar tergantung pada material, temperature dan frekuensi. Keadaan fisik penghantar menentukan besar tahanan arus searah (DC) dari penghantar. Yang berbanding lurus dengan tahanan jenis dan panjang penghantar dan berbanding terbalik dengan luas penampang.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

Untuk

R	= Tahanan dari kawat
ρ	= Tahanan jenis pada suhu 20° C = 0.0175 ohm mm ² / m untuk tembaga = 0.0287 ohm mm ² / m untuk aluminium
l	= Panjang Kawat
A	= Luas Penampang

Secara umum kawat-kawat penghantar terdiri dari kawat pilin, dan untuk menghitung pengaruh dari pilin maka panjang kawat dikalikan 1.02 (2% dari faktor koreksi).

Tahanan kawat berubah oleh *temperature* dalam batas temperature 10 °C sampai 100 °C, maka tembaga dan aluminium berlaku persamaan.

$$R_{t_2} = R_{t_1} [1 + \alpha_{t_1} (t_2 - t_1)] \quad (2)$$

Untuk

R _{t₁}	= Tahanan pada temperatur t ₁
R _{t₂}	= Tahanan pada temperatur t ₂
α_{t_1}	= Koefisien temperature tahanan temperatur t ₁ °C (tabel I)

Jadi

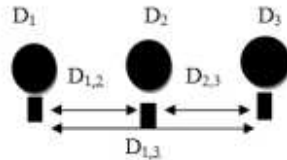
$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = \frac{T + t_2}{T + t_1} \quad (3)$$

Atau

$$R_{t_2} = R_{t_1} \frac{T + t_2}{T + t_1} \quad (4)$$

TABEL I. NILAI T_0 DAN α_1 UNTUK BAHAN KONDUKTOR STANDAR

Jenis Material	T_0 °C	Koefisien temperature dari Tahanan $X \cdot 10^{-2}$						
		α_0	α_{20}	α_{25}	α_{50}	α_{75}	α_{80}	α_{100}
Cu 100 %	234,5	4,27	3,93	3,85	3,52	3,25	3,18	3,99
Cu 97,5 %	241	4,15	3,83	3,76	3,44	3,16	3,12	2,93
Al 61 %	228,1	4,38	4,03	3,95	3,60	3,30	3,25	3,05



Gambar 5. Konfigurasi Konduktor

(Sumber : Hutaeruk, S., 1993, Transmisi Daya Listrik)

Untuk

 R_{t1} = Tahanan dc pada temperatur t_1 °C R_{t2} = Tahanan dc pada temperatur t_2 °C

T = Temperatur transisi beban

 t_1 = 20 °C, Suhu terendah pada penghantar telanjang t_2 = 60 °C, Suhu tertinggi pada penghantar telanjang

Untuk menghitung tahanan dari kawat telanjang ada beberapa *factor* yang mempengaruhi, diantaranya yaitu efek kulit. Dapat dipersamakan:

$$R_{ac} = K \times R_{t2} \Omega/km \quad (5)$$

Untuk

 R_{ac} = Tahanan AC pada frekuensi yang diketahui R_{t2} = Tahanan DC pada temperatur t_2 °C

K = Faktor Koreksi (1,02)

J. Induktansi Dan Reaktansi Induktif

Dalam menganalisa suatu system, induktansi dan reaktansi induktif dari saluran merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan. Harga-harga induktansi dan reaktansi induktif tergantung dari material, jarak dan bentuk dari konfigurasi jaringan. Seperti diketahui bahwa bentuk konfigurasi dari jaring dari konfigurasi simetris dan tidak simetris. Pada tugas akhir ini yang dibahas hanya konfigurasi jaring simetris. Konfigurasi konduktor seperti pada gambar 5.

Untuk mencari GMD pada kawat 3 fasa maka dinyatakan dengan persamaan:

$$GMD = \sqrt[3]{D_{1,2} + D_{2,3} + D_{1,3}} \quad (6)$$

Sedangkan untuk mencari GMR dinyatakan dengan persamaan:

$$GMR = \alpha \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (7)$$

TABEL II. FAKTOR KETERGANTUNGAN PADA JUMLAH URAT KAWAT PENGHANTAR

Cu / Al	ACSR		
Jumlah Urat	α_g	Jumlah Urat	α_g
Solid	0.779	26	0.809
7	0.726	30	0.829
19	0.758	54	0.81
30	0.768		
61	0.772		
91	0.774		
127	0.776		

(Sumber : Hutaeruk, S., 1993, Transmisi Daya Listrik)

Karena bentuk dari gelombang arus dan tegangan adalah sinusoidal, maka ratansi induktif dinyatakan dengan rumus:

$$X_L = 2 \pi f L \Omega/km \quad (8)$$

Untuk menentukan induktansi dari masing-masing kawat penghantar dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR} \Omega/km \quad (9)$$

Sehingga menjadi:

$$X_L = 2\pi f \times 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMB}{GMR} \Omega/km \quad (10)$$

Untuk:

 f = Frekuensi L = Induktansi α_g = Faktor ketergantungan pada jumlah urat kawat penghantar (Tabel II)GMD = *Geometric Mean Radianc*e (Jarak rata-rata geometris)GMR = *Geometric Mean Radius* (Radius rata-rata geometris)A = Luas penampang mm² X_L = Reaktansi Induktif

D = Jarak antar penghantar

K. Perhitungan jatuh tegangan

Jatuh tegangan pada jaringan transmisi adalah selisi antara tegangan pangkal atau pengirim (*sending end*) dengan tegangan pada ujung penerima (*receiving end*). Mencari *persentase* jumlah jatuh tegangan.

$$\Delta V(\%) = \frac{100(R \cos \phi_R + X \sin \phi_R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n S_i \cdot l_i [\%] \quad (11)$$

Untuk:

 $\Delta V(\%)$ = Jatuh tegangan dalam %

S = Daya yang disalurkan dalam VA

X = Reaktansi saluran dalam Ω/km r = Reaktansi saluran dalam Ω/km

l = Panjang penghantar dalam km
 ϕ_R = Faktor daya penghantar

L. Perhitungan susut daya listrik

Menganalisa jumlah susut daya listrik yang terjadi pada suatu penyulang Isimu Marisa, maka menggunakan rumus:

$$P_{\text{susut}} = I^2 \cdot R \quad (12)$$

Di asumsikan bahwa:

$$I = \frac{\Delta V}{R_{ac}} \quad (13)$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (14)$$

Untuk:

P_{susut} = Penyusutan daya listrik (*watt*)

I = Arus yang mengalir pada penyulang

R = Tahanan pada konduktor

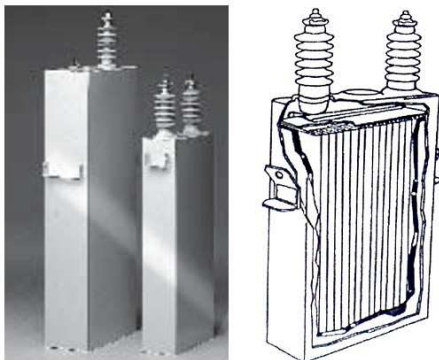
M. Metode-metode perbaikan rugi-rugi transmisi

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan dalam perbaikan susut daya listrik.

Menggunakan kapasitor bank

Bank kapasitor (*capacitor banks*) adalah peralatan yang digunakan untuk memperbaiki kualitas pasokan daya listrik antara lain memperbaiki mutu tegangan di sisi beban, memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$) dan mengurangi rugi-rugi transmisi. Elemen kapasitor merupakan bagian terkecil dari kapasitor yang berupa belitan *aluminium foil* dan *plastic film*.

Sebuah unit kapasitor terdiri dari elemen-elemen kapasitor yang dihubungkan dalam suatu matriks secara seri dan parallel (gambar 6). Unit kapasitor rata-rata terdiri dari 40 elemen-elemen. Elemen-elemen kapasitor dihubungkan secara seri untuk membangun tegangan dan dihubungkan secara parallel untuk membangun daya (VAR) pada unit kapasitor. Unit kapasitor dilengkapi dengan resistor yang berfungsi sebagai elemen pelepasan muatan kapasitor (*discharge device*). Rating tegangan unit kapasitor bervariasi dari 240 V sampai 25 kV dan rating kapasitas dari 2,5 kVAR sampai 1 MVAR.



Gambar 6. Kapasitor Bank Hub. Matriks Seri dan Paralel

Kapasitor daya yang terdiri dari 3 (tiga) jenis yaitu *kapasitor shunt*, seri dan penyadap.

Kapasitor shunt (gambar 7) digunakan untuk kompensasi beban induktif dan untuk pengaturan tegangan ujung transmisi. Aplikasi *kapasitor shunt* akan memperbaiki faktor daya jaringan, mengurangi rugi-rugi (*losses*) jaringan, menetralkan/meniadakan jatuh tegangan dan memperbaiki stabilitas tegangan sehingga dengan kata lain suatu kapasitor *shunt* akan menaikkan angka efisiensi pada jaringan dengan memperbaiki faktor daya.

Kapasitor seri digunakan pada transmisi daya yang sangat panjang untuk mengkompensasi reaktansi induktif transmisi.

Kapasitor penyadap digunakan untuk menyadap daya dari jaringan tegangan tinggi untuk keperluan daya yang tidak begitu besar.

Menaikan Tegangan Transmisi

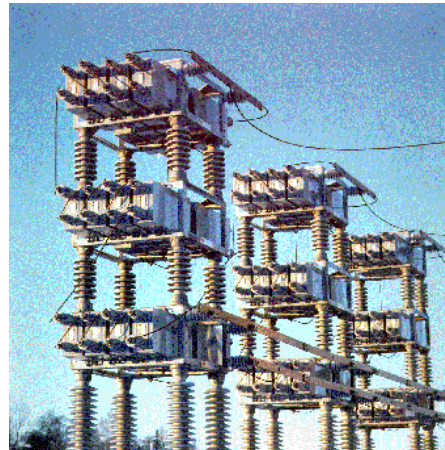
Rugi-rugi transmisi berbanding lurus dengan besar tahanan konduktor dan berbanding terbalik dengan kuadrat tegangan transmisi, sehingga pengurangan rugi-rugi daya yang diperoleh karena peninggian tegangan transmisi jauh lebih efektif. Menaikan tegangan transmisi adalah yang cenderung dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada saluran transmisi. Kecenderungan itupun dapat terlihat dengan semakin meningkatnya tegangan transmisi di Eropa dan Amerika.

Memperkecil Tahanan Konduktor

Memperkecil tahanan konduktor, maka luas penampang konduktor harus diperbesar. Konduktor juga mempunyai batas untuk memperbesar luas penampangnya.

Membuat Gardu Hubung

Gardu Hubung disingkat GH atau *Switching Substation* adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana *maneuver* pengendalian beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan. Gardu hubung juga berfungsi untuk menghubungkan satu *feeder* dengan *feeder* yang lain.



Gambar 7. Kapasitor Shunt

TABEL III. GARDU INDUK YANG DIKELOLA OLEH TRAGI GORONTALO

NO.	Gardu Induk	Trafo Daya Terpasang	Jumlah Bay Trafo		Jumlah Bay Line	
			70 kV	150 kV	70 kV	150 kV
			(Unit)	(Unit)	(Unit)	(Unit)
1	GI Isimu	30	-	1	-	6
2	GI Marissa	30	-	1	-	2
3	GI Botupingge	30	-	1	-	2
4	GI Boroko	20	-	1	-	4
Jumlah		110		4		14



Gambar 8. Gardu Induk Isimu

TABEL IV. SUTT YANG DIKELOLA OLEH TRAGI GORONTALO

NO	Jurusan	Jumlah Tower	Teg. Ops (kV)	Route Km	I Nom (Amp)
1	Lolak – Boroko	260	150	88,6	645
2	Boroko – Isimu	234	150	74,038	645
3	Isimu – Marisa	350	150	111,905	645
4	Isimu – Batupingge	113	150	37	645
5	S Phi – PLTU Anggreg	44	150	12,995	645
Jumlah		1001		324,253	



Gambar 9. Gardu Induk Marisa

III. Perhitungan Penyusutan Daya Listrik pada Penyulang Transmisi Isimu Marisa

A. Data Penyulang Isimu Marisa

Data yang dikumpulkan untuk penyusunan tugas akhir ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) AP2B Tomohon. Gardu induk dan SUTT yang dikelola oleh tragic Gorontalo (Tabel III dan tabel IV). Transmisi 150 KV Gardu Induk Isimu – Gardu Induk Marisa.

B. Perhitungan Penyusutan

Suatu jaringan transmisi bisa dikatakan handal ketika memiliki mutu dan kualitas yang baik dalam penyaluran daya listriknya, kualitas dari suatu tenaga listrik yang baik bisa diketahui dari besar kecilnya susut daya yang terjadi pada penyaluran, sebab jika semakin kecil penyusutannya maka semakin baik juga kualitas daya yang disalurkan.

Dimana pada saluran transmisi yang ada pada G.I Isimu (gambar 8) menuju G.I Marisa (gambar 9) khususnya pada penyulang menggunakan penghantar dengan jenis ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) Hawk dengan luas penampangnya 280 mm².

Resitansi Konduktor

Menghitung tahanan kawat jenis ACSR 280 mm².

$$R_{t_2} = R_{t_1} \frac{T + t_2}{T + t_1}$$

Untuk nilai dari R_{t_1} nilai T , t_1 , t_2 (Lihat pada Tabel I mengenai tahanan penghantar)

$$\begin{aligned} R_{t_2} &= 0.1198 \times \frac{228,1 + 60}{228,1 + 20} \\ &= 0.1198 \times 1,161 \\ &= 0.139 \Omega/km \end{aligned}$$

Ketika hasil sudah diketahui maka untuk mendapatkan nilai R_{ac} dilakukan dengan factor koreksi ($K=1.02$), dengan perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_{ac} &= K \times R_{t_2} \\ &= 1.02 \times 0.139 \\ &= 0.14178 \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari nilai reaktansi (X) dalam perhitungannya menggunakan persamaan (10) untuk penghantar jenis ACSR 280 mm² dengan jumlah urat 26, dengan nilai $\alpha = 0.809$ lihat pada (Table 2.3) dan jarak antar pengantar ($D = 2,25$ m), $A = 280$ mm² dengan $R_{ac} = 0.14178 \Omega/km$.

$$\begin{aligned} GMD &= \sqrt[3]{D_{1,2} \times D_{2,3} \times D_{1,3}} \\ &= \sqrt[3]{2.25 \times 2.25 \times 4.5} \\ &= 4,773 \text{ m} \end{aligned}$$

$$GMR = \alpha x \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$= 0,809 \times \sqrt{\frac{280}{3,14}}$$

$$= 7.637 \text{ mm}^2 = 0,007637 \text{ m}^2$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMB} \Omega/km$$

$$= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{4,773}{0,007637} \Omega/km$$

$$= 1.287 \times 10^{-6} \Omega/m$$

$$= 1.287 \times 10^{-3} \Omega/km$$

$$X_L = 2 \pi f L$$

$$= 0,404 \Omega/km^{-12}$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(\frac{GMD}{r})}$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 8.85 \times 10_{-12} / \ln (0.007637 /$$

$$9,443)$$

$$= 55,578 \times 10^{-12} / -7,12$$

$$= -7,806$$

$$X_C = \frac{1}{2 \pi f C}$$

$$= 1 / 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot -7,809$$

$$= 1 / - 2451,084$$

$$= - 4,08 \times 10^{-4}$$

$$Z = R_{ac} + jX_L - (1/X_C)$$

$$= 0,14178 + j 0,404 - (- 4,08 \times$$

$$10^{-4})$$

$$= 0,141888 + j0,404$$

$$= 0,1475 \angle 70,65^\circ$$

Perhitungan Jatuh Tegangan

Untuk mencari besar jatuh tegangan yang terjadi maka digunakan persamaan (11)

$$\Delta V = \frac{100(R \cos \varphi_R + X \sin \varphi_R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n S_i \cdot l_i$$

$$\text{ACSR } 280 \text{ mm}^2$$

$$\Delta V = \frac{100((0,14178 \times 0,8)+(0,404 \times 0,6))}{150^2} \times (30 \times 111,905)$$

$$= \frac{100((0,113424)+(0,2424))}{22500} \times (3357,15)$$

$$= \frac{119455,4542}{22500}$$

$$= 5,31 \%$$

Susut Daya Listrik

Untuk mencari besar susut daya yang terjadi pada saluran maka digunakan persamaan (12)

$$P_{susut} = I^2 \cdot R$$

Di asumsikan bahwa :

$$I = \frac{\Delta V}{R_{ac}}$$

ACSR 280 mm²

$$P_{susut} = I^2 \cdot R_{Kawat}$$

$$I = \frac{\Delta V}{R_{ac}}$$

$$= \frac{5,31}{0,1475} = 36$$

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

$$= 0,0287 \times \frac{111,905}{240}$$

$$= 0,0134$$

$$P_{susut} = 36^2 \times 0,0134 = 17.366 \text{ Watt}$$

IV. Pembahasan

A. Penyusutan Daya

Tranmisi Gardu Induk Isimu – Gardu Induk Marisa menggunakan kabel ACSR 280 mm². Dengan panjang saluran 111,905 KM, tegangan operasi 150 kV, arus nominal 645 A dan mempunyai 350 tower penghubung.

$$\Delta V = \frac{100(R \cos \varphi_R + X \sin \varphi_R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n S_i \cdot l_i$$

ACSR 280 mm²

$$\Delta V = \frac{100((0,14178 \times 0,8)+(0,404 \times 0,6))}{150^2} \times$$

$$(30 \times 111,905)$$

$$= \frac{100((0,113424)+(0,2424))}{22500} \times (3357,15)$$

$$= \frac{119455,4542}{22500}$$

$$= 5,31 \%$$

$$P_{susut} = I^2 \cdot R_{Kawat}$$

$$I = \frac{\Delta V}{R_{ac}}$$

$$= \frac{5,31}{0,1475} = 36$$

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

$$= 0,0287 \times \frac{111,905}{240}$$

$$= 0,0134$$

$$P_{susut} = 36^2 \times 0,0134 = 17.366 \text{ Watt}$$

B. Perbaikan Penyusutan

Dalam perhitungan susut tegangan pada Jaringan tranmisi gardu induk Isimu ke gardu induk Marisa mempunyai nilai susut tegangan sebesar 5,31% dan susut daya sebesar 17.466 Watt.

Dari batasan PLN tentang persentasi susut daya listrik, untuk perbaikannya:

Gardu Hubung disingkat GH atau *Switching Substation* adalah gardu yang berfungsi sebagai

sarana *maneuver* pengendalian beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan. Gardu hubung juga berfungsi untuk menghubungkan satu *feeder* dengan *feeder* yang lain. Pemasangan *Kapasitor Bank*

V. Penutup

A. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan juga perhitungan pada jaringan transmisi tenaga listrik Gardu Induk Isimu – Gardu Induk Marisa khususnya pada penyulang Isimu-Marisa.

Penyusutan listrik untuk tugas akhir ini yaitu dalam bentuk jatuh tegangan dan dalam bentuk penyusutan daya yang terjadi untuk suatu periode waktu.

Pada penyulang Isimu-Marisa jaringan transmisi G.I Isimu – G.I Marisa ditemukan adanya penyusutan 17.466 *Watt*.

Transmisi Isimu-Marisa mempunyai jarak yang paling panjang disistem Sulutenggo.

B. Saran

Penambahan Gardu Hubung bisa menjadi cara mengurangi susut daya listrik yang terjadi pada sistem transmisi pada jalur Isimu-Marisa. Dan juga kapasitor *bank* bisa menjadi *alternative* lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, 2006.
- [2] T.S. Hatauruk, *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1993
- [3] PT PLN (Persero), *Kriteria Desain Engineering*, Edisi 1 Tahun 2010.
- [4] PT. PLN (Persero) Cabang Manado dan AP2B Tomohon
- [5] PT PLN (Persero), *Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*, 2010
- [6] SPLN 14:1979. *Kriteria Dasar Bagi Perancangan Saluran Udara Tegangan-Menengah 20 kV Serta Tegangan-Tinggi 66 kV dan 150 kV*
- [7] SPLN 15 : 1979. *Pedoman Pemilihan Jenis dan Ukuran Penghantar Aluminium Bagi Saluran Udara 20 kV, 66 kV dan 150 kV*
- [8] SPLN 41-5_1981. *Hantaran tembaga telanjang jenis keras*