

Perencanaan Jaringan Transmisi GI Otam – GI Molibagu 150 kV

First Sischa Silalahi ¹⁾, Hans Tumaliang ²⁾, Lily Stiowaty Patras ³⁾

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
17021103017@student.unsrat.ac.id, hans.tumaliang@gmail.com, patraslily48@gmail.com

Abstrak— *Electric power transmission line is the distribution of electrical energy from power plants to distribution systems to consumers who use electricity. Transmission line is divided into 3 parts, namely Extra High Voltage Air Line (SUTET), High Voltage Air Line (SUTT), and High Voltage Cable Line. Where the transmission network planning consists of designing a conductor, selecting an insulator and selecting conductor equipment. Where to design a conductor, must follow the requirements of how to design a conductor. The requirements for designing a conductor are that the conductor material must have a low resistivity value, a low coefficient of temperature resistance, resistance to high temperatures and a high service life.*

Keywords—*Transmission; Conductor ; Insulator; Design a Conductor.*

Abstrak— Saluran transmisi tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit listrik sampai ke sistem distribusi hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. saluran Transmisi dibagi menjadi 3 bagian yaitu Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), dan Saluran Kabel Tegangan Tinggi. Dimana perencanaan jaringan transmisi terdiri dari mendesain suatu konduktor, pemilihan suatu isolator dan pemilihan perlengkapan konduktor. Dimana untuk mendesain suatu konduktor, harus mengikuti syarat-syarat cara mendesain konduktor. Syarat – syarat mendesain konduktor yaitu bahan konduktor harus memiliki nilai resistivitas yang rendah, koefisien resistansi suhu yang rendah, tahan terhadap suhu tinggi dan masa pakai yang tinggi.

Kata Kunci— Transmisi; Konduktor; Isolator; Mendesain Suatu Konduktor.

I. PENDAHULUAN

Sistem transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga saluran distribusi listrik (*substation distribution*) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik. Standar tegangan pada system transmisi di Indonesia diklasifikasikan sebagai tegangan ekstra tinggi (TET) yaitu dengan nilai tegangan 500kV dan tegangan tinggi (TT) dengan nilai tegangan 70kV dan 150kV. Tujuan tegangan dinaikkan agar dapat meminimalisir rugi-rugi daya dan drop tegangan karena penyaluran pasti melalui jalur yang panjang, semakin panjang jalur saluran maka akan semakin berpengaruh pada rugi-rugi daya jika tegangan tidak dinaikkan.

Kontruksi transmisi terdiri dari dua yaitu Saluran Udara dan Saluran Kabel yang terdiri dari Saluran Udara (*Overhead Lines*) Tegangan Tinggi (SUTT) / Tegangan Ejsra Tinggi (SUTET), Saluran Kabel Tanah (*Underground Line*) Tegangan Tinggi (SKTT), Saluran Kabel Laut (*Submarine Line*) Tegangan Tinggi (SKLTT). Pada transmisi saluran udara terdapat beberapa komponen pendukung yang penting yaitu

Konduktor, Tower / Tiang Penyangga, Isolator dan Kawat Tanah.

Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah untuk membahas tentang Saluran Transmisi 150 kV pada GI Otam ke GI Molibagu. Pembahasan tentang Saluran Transmisi 150 kV pada GI Otam ke GI Molibagu bertujuan untuk memperoleh nilai-nilai parameter yang muncul pada Saluran Transmisi 150 kV GI Otam ke GI Molibagu seperti resistansi, induktansi, induktif, kapasitansi ,kapasitif dan impedansi karakteristik.

Sistem kelistrikan di Provinsi Sulawesi Utara terdiri dari sistem interkoneksi 150 kV dan 70 kV yang disebut Sistem Minahasa. Sistem Minahasa telah tersambung dengan sistem kelistrikan Provinsi Gorontalo dan selanjutnya akan disambung sampai ke Tolitoli dan Buol Provinsi Sulawesi Tengah dan disebut Sistem Sulawesi Bagian Utara (Sulbagut).

Pertumbuhan ekonomi Provinsi Sulawesi Utara dalam beberapa tahun terakhir cukup tinggi yaitu pada kisaran 7,6% per tahun. Berdasarkan sumbangannya, sektor PHR (Perdagangan, Hotel dan Restoran) masih menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi diikuti oleh sektor bangunan serta sektor pengangkutan dan komunikasi.

Sulawesi Utara merupakan daerah tujuan wisata dan kegiatan MICE (Meeting, Incentive, Convention, Exhibition), sehingga akan menjadi salah satu faktor pendorong tingginya pertumbuhan sektor PHR serta sektor pengangkutan dan komunikasi. Pertumbuhan permintaan tenaga listrik terbesar adalah dari sektor publik dengan pertumbuhan dalam 5 tahun terakhir mencapai 12,4% dan sektor rumah tangga dengan pertumbuhan 10,0%. Berdasarkan proyeksi beban dan kondisi geografis di Sulawesi Utara, maka akan dibangun jaringan transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV sepanjang 66 km.

Dengan demikian saya mencoba untuk mengangkat masalah ini menjadi judul penelitian sebagai berikut “Perencanaan Jaringan Transmisi GI Otam ke GI Molibagu”.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengertian Saluran Transmisi

Saluran Transmisi adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit listrik sampai ke sistem distribusi hingga sampai pada konsumen pengguna listrik [14]. Tenaga listrik ditransmisikan melalui suatu bahan konduktor yang mengalirkan listrik. Pada sistem tenaga listrik, jarak antara pembangkit dengan beban yang cukup jauh akan menimbulkan adanya perubahan kualitas tegangan. Saluran transmisi terdiri dari saluran transmisi jarak pendek, saluran transmisi jarak menengah, dan saluran transmisi jarak panjang.

B. Konduktor

Konduktor adalah media untuk menyalurkan arus dari pembangkit ke gardu induk atau dari GI ke GI lainnya yang terentang lewat tower-tower. Konduktor pada tower Tension dipegang oleh Tension Clamp sedangkan pada tower Suspension dipegang oleh Suspension Clamp. Dibelakang Clamb tersebut terpasang rentengan isolator yang terhubung ke Tower.

C. Jenis – Jenis Kawat Penghantar (Konduktor)

1) Kawat Tembaga (Cu)

Kawat tembaga (Cu), saat ini sudah jarang digunakan, karena harganya yang mahal.

2) Aluminium (Al)

a. AAC (All Aluminium Conductor)

Yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari aluminium, tidak berisolasi dan tidak berinti baja [6]. Kabel ini bentuknya berurat banyak dengan ukuran luas penampang 16 – 1000 mm².

b. AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)

Yaitu jenis kawat penghantar yang terdiri dari pilanan kabel berbahan aluminium-magnesium-silikon yang merupakan bahan logam campuran. Kawat penghantar jenis ini didesain sebagai kawat penghantar yang mempunyai konstruksi yang kuat, anti karat serta untuk penggunaan yang sangat lama. Kawat penghantar jenis AAAC ini juga baik untuk dipakai sebagai penghantar dari penghantar petir.

c. ACAR (Aluminium Conductor, All Reinforced)

Yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran, sehingga kawat penghantar jenis ACAR ini lebih kuat dan sangat kokoh.

d. ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced)

Yaitu kawat penghantar aluminium berinti kawat baja. Kawat penghantar jenis ACSR ini dipakai untuk saluran – saluran Transmisi tegangan tinggi, yang mana yang mana jarak antara menara atau tiang berjauhan bisa mencapai ratusan meter, maka diperlukan kuat Tarik yang lebih tinggi, untuk itu dipakai kawat penghantar jenis ACSR.

D. Perlengkapan Kawat Penghantar (Konduktor)

1) Spacer

Fungsi spacer adalah memisahkan kawat berkas agar tidak beradu dan pada jarak yang diinginkan dapat mengurangi bunyi desis/berisik korona.

2) Damper Vibration

Damper vibration adalah alat yang dipasang pada kawat penghantar dekat tower, berfungsi untuk meredam getaran agar kawat tidak mengalami kelelahan bahan [5]. Bentuk damper menyerupai dua buah bandul yang dapat membuang getaran kawa.

3) Tension Clamp

Tension Clamp adalah alat untuk memegang ujung konduktor

berfungsi untuk menahan tarikan kawat di tower tension [5]. Pemasangan tension clamp harus benar – benar sempurna agar kawat penghantar tidak terlepas. Sisi lain dari tension clamp dihubungkan dengan perlengkapan isolator. Agar tidak terjadi pemanasan yang akhirnya dapat memutuskan hubungan kawat jumper.

4) Arching Ring

Mempunyai peran ganda yaitu sebagai arching horn maupun pendistribusi tegangan pada beberapa isolator sisi hot. Umumnya hanyaterpasang di tower dead end dan gantry GI.

5) Arching Horn

Adalah peralatan yang dipasang pada sisi cold (Tower) dari rencengan isolator. Fungsi arching horn [5] untuk media pelepasan busur api dari tegangan lebih antara sisi cold dan hot (Kawat Penghantar) – Pada jarak yang diinginkan berguna untuk memotong tegangan lebih bila terjadi sambaran petir, switching, gangguan sehingga dapat mengamankan peralatan yang lebih mahal di Gardu Induk (Trafo) media semacam arching horn yang terpasang pada sisi hot (kawat penghantar) adalah guardian ring berbentuk oval, mempunyai peran ganda yaitu sebagai arching horn maupun pendistribusi tegangan pada beberapa isolator sisi hot. Umumnya dipasang di setiap tower tension maupun suspension sepanjang Transmisi.

6) Lampu Aviasi

Adalah rambu peringatan berupa lampu terhadap lalu lintas udara, berfungsi untuk memberi tanda kepada pilot pesawat terbang bahwa terdapat kawat Transmisi.

7) Bola Pengaman

Adalah rambu peringatan terhadap lalu lintas udara, berfungsi untuk memberi tanda kepada pilot pesawat terbang bahwa terdapat kawat Transmisi. Bola pengaman dipasang pada ground wire pada setiap jarak 50 meter hingga 75 meter sekitar lapangan/bandar udara.

8) Repair Sleeve

Adalah selongsong aluminium yang terbelah menjadi dua bagian dan dapat ditangkapi pada kawat penghantar, berfungsi untuk memperbaiki konduktivitas kawat yang rantas, cara pemasangannya di press dengan hydraulic tekanan tinggi.

E. Bundle Conductor (Kawat Berkas)

Kawat jenis ini terdiri dari dua kawat atau lebih dalam satu fasanya masing-masing terpisah dengan jarak tertentu [3]. Kawat ini mempunyai kelebihan-kelebihan dibandingkan kawat padat, karena dengan menggunakan kawat berkas dapat mengurangi gejala korona, juga kapasitasnya lebih besar serta reaktansinya lebih kecil. Kawat berkas (bundle conductor) lebih tepat bila digunakan pada tegangan transmisi dengan tegangan diatas 230 kV, tetapi dapat juga digunakan untuk tegangan transmisi yang lebih rendah apabila dibutuhkan kapasitas saluran transmisi yang lebih baik dan tinggi.

Pada penerapannya diperlukan pula perentang (spacer) yang berfungsi untuk menghindarkan terjadinya tumbukan antar sub konduktor karena gejala elektro mekanis atau angin [13].

Keuntungan menggunakan bundle conductor bila dibandingkan dengan menggunakan single conductor adalah :

- Mampu menyalurkan daya yang lebih besar dengan kerugian yang kecil karena bisa dicapai efisiensi yang tinggi.
- Mempunyai induktansi dan reaktansi perfasa yang kecil untuk konduktor dengan material yang sama.
- Mempunyai kapasitas perfasa yang lebih besar reaktansi yang lebih rendah dan memperbesar muatan arus yang dapat memperbaiki faktor daya.
- Mengurangi impedansi surja saluran.

F. Desain Konduktor

Untuk mendesain konduktor pada saluran Transmisi di tentukan oleh hal – hal dibawah ini [11] :

- Kekuatan mekanik. Yang mencakup perhitungan Sag atau andongan.
- Perhitungan resistansi suatu konduktor. Rugi – rugi arus, Kenaikan suhu suatu konduktor dan nilai arus saat kelebihan beban.
- Rating tegangan. Yang mencakup tegangan awal korona, radio interference, television interference yang muncul karena adanya rugi – rugi korona.
- Keandalan dan masa waktu ketahanan suatu konduktor.
- Pertimbangan Ekonomi. Yang mencakup biaya tahunan atas biaya modal dan biaya kerugian tahunan.

G. Andongan

Andongan adalah jarak proyeksi yang diukur dari tinggi tower saluran transmisi terhadap jarak lingkungan penghantar yang terendah. Hal ini terjadi karena beratnya penghantar yang direntangkan antara dua tiang transmisi. Dengan diketahuinya jarak andongan, maka akan ditentukan tinggi menara minimum yang harus dibangun. Dalam perhitungan andongan, faktor yang perlu diperhitungkan adalah parameter pemuaiian penghantar yang disebabkan oleh kenaikan suhu penghantar Karena pemuaiian ini akan menyebabkan pertambahan panjang pada penghantar, sehingga juga akan mengakibatkan bertambah panjangnya nilai andongan dan nilai sebenarnya. Keadaan kondisi permukaan tanah yang tidak rata akan menyebabkan tiang Menara mempunyai perbedaan tinggi antara satu dengan yang lainnya. Pada kondisi seperti ini diperlukan metode perhitungan yang berbeda dari perhitungan andongan yang biasanya, perhitungan andongan diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan kondisi menara penyangga pada saluran penghantar [13], yaitu menara yang tingginya sama dan menara yang tingginya berbeda.

Untuk Menghitung Nilai Andongan Menara yang tingginya sama digunakan rumus yaitu :

$$D = \frac{Y L^2}{8 T_{eds}} \text{ m} \quad (1)$$

Dimana :

D = Andongan (m)

Y = Berat Spesifik Konduktor (kg/m/mm²)

L = Panjang Span (m)

T_{eds} = Tegangan Tarik Harian (kg/mm²)

Dimana :

$$T_{eds} = \frac{T_R}{a \cdot K} \quad (2)$$

$$Y = \frac{W}{a} \quad (3)$$

Dimana :

T_R = Kekuatan tarik nominal kawat penghantar (kg)

a = Luas Penampang (mm²)

K = Faktor Keamanan

W = Berat Konduktor (kg/m)

D_L = Level andongan terendah (m)

Untuk Menghitung Nilai Andongan Menara yang tingginya tidak sama digunakan rumus yaitu :

$$D = \frac{Y \cdot (L-x)^2}{2 \cdot T_{eds}} \text{ m} \quad (4)$$

Dimana :

$$x = \frac{L}{2} - \frac{T_{eds} \cdot H}{L \cdot Y} \text{ m} \quad (5)$$

Dimana, untuk mencari level andongan terendah digunakan rumus sebagai berikut :

$$D_L = D - h \text{ (meter)} \quad (6)$$

H. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Andongan

Kecepatan angin merupakan factor eksternal pada besar andongan. Kecepatan angin mempengaruhi berat spesifikasi kawat. Berat kawat bekerja vertical sedangkan kecepatan angina dianggap seluruhnya bekerja horizontal. Resultan dari keduanya merupakan berat total spesifikasi dari kawat. Secara umum kecepatan angin dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = 0,1 \times v^2 \times d \quad (7)$$

Dimana :

$$W_{tot} = \sqrt{w^2 + P^2} \quad (8)$$

Keterangan :

P = Tekanan Angin (kg/m)

p = tekanan angina pada bidang pipih (kg/mm²)

W_{tot} = berat total kawat (kg/m)

d = diameter konduktor (m)

v = kecepatan angina (m/detik)

w = berat sendiri kawat (kg/m)

I. GMD dan GMR Saluran Transmisi 3 Fasa

- GMD (Geometric Mean Distance) Untuk Jarak Pemisah Yang Sama dan Jarak Pemisah Tidak Simetris

Geometric Mean Distance (GMD) adalah jarak geometris rata-rata antar penghantar satu dengan penghantar lainnya [8]. Rumus untuk mencari nilai GMD (Geometric Mean Distance) dapat dilihat dibawah ini.

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{23} \times D_{31}} \quad (9)$$

Keterangan :

D_{eq} = Geometric Mean Distance

D₁₂ = Jarak antar penghantar 1 ke penghantar 2

D₂₃ = Jarak antar penghantar 2 ke penghantar 3

D₃₁ = Jarak antar penghantar 3 ke penghantar 1

Dimana, nilai GMD (Geometric Mean Distance) pada jarak

pemisah yang sama, bernilai sama dengan nilai jarak pemisah antar penghantar. Jadi, nilai $D_{eq} = D$.

2) GMR (Geometric Mean Radius) Untuk Jarak Pemisah Yang Sama dan Jarak Pemisah Tidak Simetris

Geometric Mean Radius (GMR) adalah jari-jari geometris rata-rata terhadap penghantar itu sendiri [8]. Rumus untuk mencari nilai GMR (Geometric Mean Radius) dapat dilihat dibawah ini.

$$D_s = \sqrt[9]{D_{aa}D_{ab}D_{ac}D_{ba}D_{bb}D_{bc}D_{ca}D_{cb}D_{cc}} \quad (10)$$

Keterangan :

D_s	= Geometric Mean Radius
D_{aa}	= Jarak penghantar a ke penghantar a
D_{ab}	= Jarak penghantar a ke penghantar b
D_{ac}	= Jarak penghantar a ke penghantar c
D_{ba}	= Jarak penghantar b ke penghantar a
D_{bb}	= Jarak penghantar b ke penghantar b
D_{bc}	= Jarak penghantar b ke penghantar c
D_{ca}	= Jarak penghantar c ke penghantar a
D_{cb}	= Jarak penghantar c ke penghantar b
D_{cc}	= Jarak penghantar c ke penghantar c

Dimana, rumus untuk mencari nilai GMR (Geometric Mean Radius) pada penghantar berkas (Bundle Conductor) di tentukan oleh berapa banyak penghantar berkasnya. Rumus untuk mencari nilai GMR (Geometric Mean Radius) pada dua sampai empat penghantar berkas dapat dilihat dibawah ini:

➤ Untuk Berkas 2 Penghantar

$$D_s^b = \sqrt[4]{(D_s \times d)^2} = \sqrt{D_s \times d} \quad (11)$$

Keterangan :

D_s^b	= GMR pada penghantar berkas
D_s	= GMR (Geometric Mean Radius)
d	= Jarak penghantar berkas satu ke penghantar berkas lainnya

➤ Untuk Berkas 3 Penghantar

$$D_s^b = \sqrt[9]{(D_s \times d \times d)^3} = \sqrt[3]{D_s \times d^2} \quad (12)$$

Keterangan :

D_s^b	= GMR pada penghantar berkas
D_s	= GMR (Geometric Mean Radius)
d	= Jarak penghantar berkas satu ke penghantar berkas lainnya

➤ Untuk Berkas 4 Penghantar

$$D_s^b = \sqrt[16]{(D_s \times d \times d \times d \times 2^{1/2})^4} = 1,09 \sqrt[4]{D_s \times d^3} \quad (13)$$

Keterangan :

D_s^b	= GMR pada penghantar berkas
D_s	= GMR (Geometric Mean Radius)
d	= Jarak penghantar berkas satu ke penghantar berkas lainnya

J. Resistansi Pada Saluran Transmisi

Resistansi penghantar saluran Transmisi merupakan penyebab rugi daya (power loss) terpenting dalam saluran Transmisi [12]. Rumus untuk mencari nilai resistansi pada saluran Transmisi dapat dilihat dibawah ini.

$$R_0 = \rho \frac{l}{A}$$

Keterangan :

R_0 = Resistansi DC di Saluran

ρ = Resistivitas

l = Panjang Saluran

A = Luas Penampang, dimana $A = \pi r^2$

Perubahan temperature akan menyebabkan resistansi juga berubah dimana rumusnya dapat dilihat dibawah ini :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T + t_2}{T + t_1}$$

Dimana untuk koefisien suhu suatu resistansi saluran dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$\alpha = \frac{1}{T}$$

Dimana :

$T =$	234,5 tembaga annealed konduktivitas 100%
	241 tembaga hard drawn konduktivitas 97,3%
	228 aluminium hard drawn konduktivitas 61%

Keterangan :

R_1 = Resistansi penghantar pada suhu t_1

R_2 = Resistansi penghantar pada suhu t_2

T = Konstanta T

T_1 = Suhu pada resistansi penghantar R_1

T_2 = Suhu pada resistansi penghantar R_2

K. Induktansi Pada Saluran Transmisi 3 Fasa

Induktansi adalah sifat rangkaian yang menghubungkan tegangan yang disebabkan oleh perubahan fluks dengan kecepatan perubahan arus [8].

L. Kapasitansi Pada Saluran Transmisi

Kapasitansi suatu saluran transmisi adalah akibat beda potensial antara penghantar (konduktor), kapasitansi menyebabkan penghantar tersebut bermuatan seperti yang terjadi pada elektroda kapasitor bila terjadi beda potensial diantaranya. Kapasitansi antara penghantar adalah muatan per satuan beda potensial.

Kapasitansi antara penghantar sejajar adalah suatu konstanta yang tergantung pada ukuran dan jarak pemisah antara penghantar. Untuk saluran panjang kurang dari 80 km pengaruh kapasitansi kecil sehingga dapat diabaikan. Untuk saluran yang lebih panjang dengan tegangan tinggi maka kapasitansi menjadi sangat penting.

M. Impedansi Karakteristik Pada Saluran Transmisi

Impedansi karakteristik adalah impedansi yang diukur diujung saluran Transmisi yang panjangnya tak berhingga.

N. Hubungan Arus Dan Tegangan Pada Saluran Transmisi Jarak Menengah

Saluran transmisi terdiri dari saluran transmisi jarak pendek, saluran jarak menengah dan saluran transmisi jarak panjang [10]. Dimana saluran transmisi jarak pendek merupakan saluran transmisi yang panjangnya kurang dari 50 mil, sedangkan saluran transmisi jarak menengah merupakan saluran transmisi yang panjangnya antara 50 mil sampai 150 mil dan saluran transmisi jarak panjang merupakan saluran transmisi yang panjangnya lebih dari 150 mil. Dimana dalam menentukan arus dan tegangan pada saluran transmisi jarak

menengah, terlebih dahulu kita harus menentukan nilai konstanta – konstanta ABCD [12]. konstanta ABCD merupakan konstanta – konstanta rangkaian umum suatu saluran transmisi.

O. Isolator

Isolator pada saluran udara memiliki dua fungsi yaitu mekanik dan elektrik, isolator berfungsi untuk mendukung atau menahan konduktor pada Tegangan tinggi dan sebagai fungsi elektrik yaitu pemisah untuk mencegah mengalirnya arus dari penghantar ke tanah atau ke Menara penopang saluran udara [5].

P. Bahan-Bahan Isolator

Bahan yang baik untuk isolator yakni bahan yang tidak menghantar arus listrik. Semakin berat serta besar ukuran isolator maka akan mempengaruhi beban penyangga sebuah tiang listrik.

Pada umumnya bahan yang dipakai untuk isolator terbuat dari bahan padat, misalnya bahan polimer, gelas, Porselen atau keramik.

Q. Isolator Polimer

Salah satu kelebihanannya mempunyai performansi yang lebih baik pada daerah berpolusi tinggi. Performansi yg tinggi ini disebabkan karena isolator ini mempunyai sifat permukaan yang hidrofobik (menolak air). Air yg menempel hanya berupa butiran2 sehingga arus bocor yang terjadi kecil akibatnya ketahanan terhadap *flashover* lebih tinggi dari isolator keramik dan gelas. Kelemahan Isolator berbahan Polimer yaitu :

- Penuaan (aging) akibat terpaan kondisi lingkungan secara terus menerus dan degradasi permukaan isolator polimer yang menyebabkan menurunnya performa isolator jenis ini akibat hilangnya sifat hidrofobik.
- Isolator polimer sangat rentan terhadap faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban yang tinggi serta radiasi ultra violet dengan intensitas tinggi dan penyinaran matahari yang terus menerus seperti yang terdapat di daerah tropis.

R. Isolator Gelas

Isolator gelas diperkenalkan pada sekitar tahun 1930. Komposisi utama gelas untuk isolator adalah silica, alumina, magnesium dan oksida, kalsium, natrium, dan kalium. Kelebihan isolator gelas yaitu :

- Kekuatan dielectricnya tinggi
- Kofisien muai rendah
- Mudah didesain
- Kuat tekan lebih besar dari keramik
- Kerusakan dapat dideteksi
- Bahan Hamper Homogen

Sedangkan Kelebihan isolator gelas yaitu :

- Uap air mudah mengembun dipermukaan
- Desain untuk tegangan tinggi agak rumit
- Mudah pecah

S. Isolator Porselen Atau Keramik

Kelebihan Isolator Polimer ialah :

- Stabil karena adanya ikatan ionic
- Kekuatan mekanik yang baik
- Harga yang murah
- Tahan lama

Kekurangan Isolator Polimer ialah :

- Mudah pecah dan terpolusi
- Berat
- Bentuk geometric kompleks
- Internal dielectric breakdown

T. Syarat-Syarat Bahan Isolator

Syarat bahan isolator sebagai berikut :

- Tidak dapat menghantar listrik.
- Ekonomis tanpa harus mengurangi kemampuan sebagai isolator.
- Terbuat dari bahan padat, misalnya bahan porselin, gelas, mika, keramik, dll.
- Memiliki tahanan jenis yang tinggi.
- Mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi
- Tidak meninggalkan jejak atau cacat saat terjadi loncatan bunga api (flash over)
- Tidak mudah berubah oleh perubahan suhu, siraman air, sinar matahari, lembab dan polaritas listrik.

U. Kegagalan Pada Isolator

Kegagalan pada isolator sebagai berikut :

- Isolator pecah disebabkan pemuaian yang tidak merata dan kontraksi yang terjadi di dalam semen, baja dan bahan porselen, atau pergantian musim serta pemanasan berlebihan.
- Bahan isolasi berlubang-lubang, terjadi karena bahan porselen di proses pada suhu yang rendah hingga mudah menyerap air.
- Ketidakmurnian bahan isolasi.
- Bahan tidak dapat mengkilap
- Tekanan secara mekanis, misalkan karena penumpukan isolator

TABEL I

SIFAT BAHAN UNTUK SUATU SALURAN UDARA

Bahan	Satuan	Hard drawn aluminium	Aluminium Alloy	Galvanised Steel
Conductivity at 20°C	%	61	53,5	-
Resistivity	Ohm mm/m	28,264	32,2	-
Temperture Coefisien of Resistance	1/°C	0,00403	0,0036	-
Coefisien Of Linier Expansion	1/°C	23 x 10 ⁻⁶	23 x 10 ⁻⁶	11,5 x 10 ⁻⁶
Density at 20°C	Kg/m ³	2703	2709	7720
Medulus of Elasticity	MN/mm ²	0,0682	0,057	0,193
Ultimate Tensille Strength	N/mm ²	168	295	1109

Sumber: EHV-AC & HVDC TRANSMISSION PRACTICE

TABEL II

KECEPATAN ANGIN KOTAMOBAGU BULAN JANUARI S/D SEPTEMBER 2021

No.	Bulan	Kecepatan Angin (km/h)
1.	Januari	12,38
2.	Februari	12,8
3.	Maret	11,25
4.	April	8,63
5.	Mei	8,28
6.	Juni	10,03
7.	Juli	13,1
8.	Agustus	14,67
9.	September	12,07
Nilai Rata-Rata Januari s/d September		11,47

Sumber: BMKG

TABEL III

HASIL NILAI SAG, RESISTIVITAS, RESISTANSI DAN KOEFISIEN SUHU SUATU RESISTANSI KONDUKTOR ACSR DOVE 328 mm²

No.	Konduktor	SAG (meter)		Resistivitas (Ω mm m)			Resistansi (Ω km)			Kofisien Suhu Suatu Resistansi
		Tinggi Tower Sama	Tinggi Tower Tidak Sama	20°C	25°C	35°C	20°C	25°C	35°C	
1.	ACSR Dove 328 mm ²	4,45	10,85	43,536	44,58	46,32	0,100	0,1024	0,1064	0,00438

TABEL IV

HASIL NILAI GMD, GMR, INDUKTANSI DAN KAPASITANSI KONDUKTOR ACSR DOVE 328 mm²

No	Konduktor	GMD (meter)		GMR (meter)		La		C	
		Jarak pemisah yang sama	Jarak pemisah yang tidak simetris	Jarak pemisah yang sama	Jarak pemisah yang tidak simetris	Jarak pemisah yang sama	Jarak pemisah yang tidak simetris	Jarak pemisah yang sama	Jarak pemisah yang tidak simetris
1	ACSR Dove 328 mm ²	6	6,48	0,415	0,430	$5,34 \times 10^{-7}$	$5,42 \times 10^{-7}$	0,0118	0,0115

TABEL V

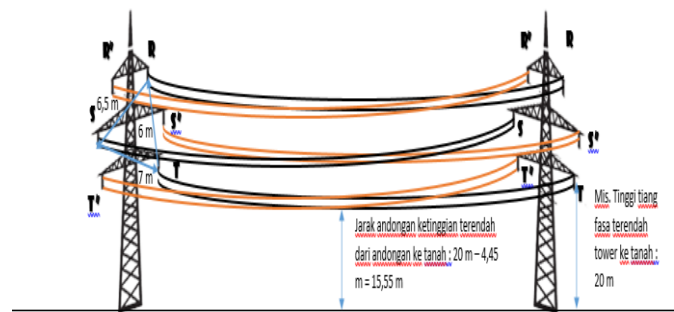
HASIL NILAI INDUKTIF, KAPASITIF, IMPEDANSI DAN ADMITANSI KONDUKTOR ACSR DOVE 328 mm²

No	Konduktor	X _{la} (Ω per fasa)		X _{cn} (Ω ke netral)		Z (Ω per fasa)				Y (S per fasa)	
		Jarak pemisah yang sama	Jarak pemisah yang tidak simetris	Jarak pemisah yang sama	Jarak pemisah yang tidak simetris	Jarak pemisah yang sama		Jarak pemisah yang tidak simetris		Jarak pemisah yang sama	Jarak pemisah yang tidak simetris
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	0,000295 < 90°	0,000285 < 90°
1	ACSR Dove 328 mm ²	13,266	13,464	3393,94	3500	14,89 < 63°	15,01 < 62,11°	15,06 < 63,35°	15,18 < 62,45°	0,000295 < 90°	0,000285 < 90°

TABEL VI

HASIL NILAI TEGANGAN DAN ARUS PADA SISI PENERIMA DAN SISI PENGIRIM KONDUKTOR ACSR DOVE 328 mm²

No	Konduktor	Sisi Penerima		Sisi Pengirim									
		Tegangan Penerima	Arus Penerima	Tegangan Pengirim				Arus Pengirim					
				Jarak Pemisah yang Sama		Jarak Pemisah yang Tidak Simetris		Jarak Pemisah yang Sama		Jarak Pemisah yang Tidak Simetris			
1	ACSR Dove 328 mm ²	86705,20	115,60 < 36,86	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
				88096,237 < 0,546°	88111,80 < 0,537°	88110,23 < 0,557°	88134,389 < 0,547°	102,142 < -25,239°	102,131 < -25,234°	102,514 < -25,678°	102,513 < -25,676°		



Gambar 1. Perencanaan Saluran Transmisi GI Otam – GI Molibagu 150 kV Dengan Ketinggian Tower yang sama.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Analisa Penghantar Untuk Saluran Transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV

Ada beberapa syarat – syarat dalam mendesain suatu konduktor pada saluran transmisi, seperti kekuatan mekanik, berupa nilai SAG, bahan untuk suatu konduktor harus memiliki nilai resistivitas yang rendah, koefisien suhu resistansi yang rendah, tahan terhadap suhu tinggi, dan sebagainya. Untuk saluran transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV saya telah menganalisa konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan penghantar dua berkas, dimana nilai SAG konduktor ACSR Dove 328 mm² untuk menara yang tingginya sama sebesar 4,45 meter, untuk nilai SAG konduktor ACSR Dove 328 mm² untuk menara yang tingginya tidak sama sebesar 10,85 meter. Nilai resistivitas konduktor ACSR Dove 328 mm² pada suhu 20° C sebesar 43,536 Ω mm/m, nilai resistivitas Konduktor ACSR Dove 328 mm² pada suhu normal (25°C) sebesar 44,58 Ω mm/m, sedangkan Nilai resistivitas Konduktor ACSR Dove 328 mm² pada suhu panas (35°C) sebesar 46,32 Ω mm/m. Untuk nilai resistansi pada suhu 20° C sebesar 0,100 Ω / km, untuk nilai resistansi pada suhu 25° C sebesar 0,1024 Ω / km, sedangkan untuk nilai resistansi pada suhu 35° C sebesar 0,1064 Ω / km. Untuk nilai Koefisien Suhu resistansi konduktor ACSR Dove 328 mm² sebesar 0,00438 1/°C. Dari hasil tersebut, maka konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan penghantar dua berkas

telah memenuhi syarat – syarat dari mendesain suatu konduktor.

B. Hasil Analisa Parameter-Parameter Konduktor ACSR Dove 328 mm² Dengan Penghantar Dua Berkas Pada Saluran Transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV

Pada perencanaan Saluran Transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV, telah dilakukan analisa nilai parameter – parameter Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan penghantar dua berkas seperti nilai GMD (Geometric Mean Distance), GMR (Geometric Mean Radius), nilai Induktansi dan Induktif Saluran, nilai Kapasitansi dan Kapasitif ke netral, nilai Impedansi Saluran, nilai admitansi saluran.

C. Hasil Analisa GMD, GMR, Induktansi, Kapasitansi Konduktor ACSR Dove 328 mm² Dengan Penghantar Dua Berkas Pada Saluran Transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV

Untuk nilai GMD (Geometric Mean Distance) Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama sebesar 6 meter. Untuk nilai GMD (Geometric Mean Distance) Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris sebesar 6,48 meter. Untuk nilai GMR (Geometric Mean Radius) konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama sebesar 0,415 m. Untuk nilai GMR (Geometric Mean Radius) konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris sebesar 0,430 m. Untuk nilai induktansi konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama sebesar $5,34 \times 10^{-7}$ H / m. Untuk nilai induktansi konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris sebesar $5,42 \times 10^{-7}$ H / m. Untuk nilai kapasitansi konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama sebesar 0,0118 μ F / km ke netral. Untuk nilai kapasitansi konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris sebesar 0,0115 μ F / km ke netral.

D. Hasil Analisa Nilai Induktif, Kapasitif, Impedansi dan Admitansi Konduktor ACSR Dove 328 mm² Dengan Penghantar Dua Berkas Pada Saluran Transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV

Untuk nilai induktif Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama sebesar 13,266 Ω per fasa. Untuk nilai induktif Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris sebesar 13,464 Ω per fasa. Untuk nilai kapasitif Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama sebesar 3393,94 Ω ke netral. Untuk nilai kapasitif Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris sebesar 3500 Ω ke netral. Untuk nilai impedansi Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama pada suhu 25°C sebesar $14,89 < 63^\circ \Omega$ per fasa. Untuk nilai impedansi Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama pada suhu 35°C sebesar 15,01 $< 62,11^\circ \Omega$ per fasa. Untuk nilai impedansi Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris pada suhu 25°C sebesar $15,06 < 63,35^\circ \Omega$ per fasa. Untuk nilai impedansi Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris pada suhu 35°C sebesar 15,18 $<$

$62,45^\circ \Omega$ per fasa. Untuk nilai admitansi konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama sebesar $0,000295 < 90^\circ$ S per fasa. Untuk nilai admitansi konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris sebesar $0,000285 < 90^\circ$ S per fasa.

E. Hasil Analisa Perhitungan Nilai Tegangan Dan Nilai Arus Pada Sisi Penerima Dan Pada Sisi Pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² Dengan Penghantar Dua Berkas Pada Saluran Transmisi GI Otam ke GI Molibagu 150 kV

Pada jaringan transmisi GI Otam – GI Molibagu 150 kV telah dilakukan analisa perhitungan nilai tegangan dan nilai arus pada sisi penerima dan sisi pengirim untuk konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan penghantar dua berkas. Untuk nilai tegangan pada sisi penerima Konduktor ACSR Dove 328 mm² sebesar 86705,20 V. Untuk nilai arus pada sisi penerima Konduktor ACSR Dove 328 mm² sebesar $115,60 < -36,86^\circ$ A. Untuk nilai tegangan pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama pada suhu 25°C sebesar $88096,237 < 0,546^\circ$ V. Untuk nilai tegangan pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama pada suhu 35°C sebesar $88111,80 < 0,537^\circ$ V. Untuk nilai tegangan pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris pada suhu 25°C sebesar $88110,23 < 0,557^\circ$ V. Untuk nilai tegangan pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris pada suhu 35°C sebesar $88134,389 < 0,547^\circ$ V. Untuk nilai arus pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama pada suhu 25°C sebesar $102,142 < -25,239^\circ$ A. Untuk nilai arus pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang sama pada suhu 35°C sebesar $102,131 < -25,234^\circ$ A. Untuk nilai arus pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris pada suhu 25°C sebesar $102,514 < -25,678^\circ$ A. Untuk nilai arus pada sisi pengirim Konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan jarak pemisah yang tidak simetris pada suhu 35°C sebesar $102,513 < -25,676^\circ$ A.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Konduktor yang akan digunakan yaitu konduktor ACSR Dove 328 mm² dengan penghantar dua berkas karena memiliki nilai resistivitas yang rendah, koefisien suhu resistansi yang rendah, dan tahan terhadap suhu yang tinggi. Isolator gelas di pilih dikarenakan jaringan ini di rencanakan akan melewati daerah pantai. Perlengkapan – perlengkapan konduktor yang akan digunakan yaitu spacer, damper vibration, arching horn, lampu aviasi, dan bola pengaman. Kecepatan angin di kota Kotamobagu pada tahun 2021 tidak terlalu berpengaruh terhadap andongan pada saluran transmisi ini.

B. Saran

Saran yang ingin disampaikan ialah perlunya perhitungan kembali jikalau akan ada penambahan daya yang akan disalurkan di jaringan transmisi. Dan Perlunya perhitungan

kembali jikalau akan ada perubahan jenis konduktor yang akan digunakan di jaringan transmisi ini dengan mengikuti syarat – syarat dari mendesain suatu konduktor

V. KUTIPAN

- [1] A. Arismunandar Dr., S. Kuwara Dr., "*Buku Pegangan Teknik Tegangan Listrik Jilid II*". PT. Pradnya Paramita, Jakarta, Cetakan ketujuh. 2004.
- [2] Alius Septiadi Heri. "*Perancangan Sistem Transmisi Daya Listrik Bertegangan 150 kV dan berkapasitas 35 MVA di Kabupaten Bulungan Kalimantan Timur*". 2014.
- [3] Andrew S. Timscheff. "*Calculation of Gradien for phase on Three Phase Bundle Conductor Line*", IEEE Trans, On Power System App. 1971.
- [4] Lily S. Patras. "*Materi Pembelajaran Transmisi Tenaga Listrik*". Manado. 2020.
- [5] Lily S. Patras. "*Materi Pembelajaran Analisa Sistem Tenaga Listrik*". Manado. 2021.
- [6] Lukmantono, Widen. "*Studi Perencanaan Saluran Transmisi 150 kV BAMBE INCOMER*". Jurnal Teknik Elektro. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [7] Purnama, Hery. 2016. "*Analisis Sistem Daya*. Universitas Brawijaya Malang.
- [8] Stevenson, D. William. "*Elements Of Power System Analysys, Third Edition - Terjemahan Indonesia 1982*".
- [9] S.Sudaryatno. "*Analisis Sistem Tenaga*". 2012.
- [10] Sulasno. "*Analisis Sistem Tenaga*". 1993.
- [11] S. Rao, EHV - AC, HVDC: "*Transmission and Distribution Engineering*". 1988.
- [12] T, Gonen. 1988. "*Electric Power Transmission System Engineering: Analysys and Design, California State University Sacramento: A wiley - Interscience Publication*". California.
- [13] Tobing, L.Bonggas. 2012. "*Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Kedua Departemen Teknik Elektro*". Universitas Sumatera Utara. Medan. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- [14] T.S. Hutauruk., 1985. Transmisi Daya Listrik, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [15] Zuhail. "*Dasar Teknik Tegangan Listrik dan Elektronika Daya*". Pustaka Utama. Jakarta. 2000.

RIWAYAT HIDUP



Penulis Penulis bernama lengkap First Sischa Silalahi, anak Pertama dari Dua bersaudara. Lahir dari pasangan suami-istri Selamat Halomoan Silalahi, S.P. (Ayah) dan Resni Samauling, S.Pd. (Ibu), di Tolo pada tanggal 14 Maret 1999. Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SDN TOLO Kec. Bulagi Kab. Banggai Kepulauan Sulawesi Tengah (2005-20011), SMP NEGERI 3 BULAGI Kec.

Bulagi Kab. Banggai Kepulauan Sulawesi Tengah (2011-2014) dan SMA Negeri 3 Luwuk (2014-2015), SMA Katolik Taruna Jaya Sampit (2015-2017). Pada tahun 2017, penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Tegangan Tinggi pada tahun 2019. Dalam menempuh pendidikan penulis melaksanakan Kuliah kerja nyata di Posko Malalayang 17 Manado, dan Kerja Praktek di Gedung Kuliah Politeknik Negeri Manado. Penulis selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada tanggal 26 November 2021.Selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, penulis aktif dalam organisasi baik itu di dalam lingkungan kampus maupun diluar lingkungan kampus.