

SKRIPSI

**ANALISIS PENGHANTAR ALUMINIUM CONDUCTOR STEEL
REINFORCED TERHADAP ALIRAN DAYA SALURAN TEGANGAN
TINGGI 150 KV PADA GARDU INDUK**



OLEH

MUSTAKIM

HARTONO

105821102717

105821110516

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2023

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS PENGHANTAR ALUMINIUM CONDUCTOR STEEL
REINFORCED TERHADAP ALIRAN DAYA SALURAN TEGANGAN
TINGGI 150 KV PADA GARDU INDUK**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Makassar

OLEH

MUSTAKIM

HARTONO

105821102717

105821110516

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2023



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGHANTAR ALUMINIUM CONDUKTOR STEEL REINFORCED TERHADAP ALIRAN DAYA SALURAN TEGANGAN TINGGI 150 KV PADA GARDU INDUK**

Nama : 1. Mustakim
2. Hartono

Stambuk : 1. 105821102717
2. 105821110516

Makassar, 07 Agustus 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T.

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Ir. Adrijani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Mustakim** dengan nomor induk Mahasiswa 105821102717 dan **Hartono** dengan nomor induk Mahasiswa 105821110516, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor :0007/SK-Y/20201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa, 05 Agustus 2023

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum Makassar 18 Zulhijjah 1444 H
07 Agustus 2023 M
- Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag
 - Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng
2. Penguji
- Ketua : Dr.Eng.Ir.H.Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng
 - Sekretaris : Anugrah, S.T.,M.M
3. Anggota : 1.Ir. Adriani, S.T.,M.T
2.Dr.Ir.Hj.Hafsah Nirwana, M.T
3.Dr. Umar Katu, ST.,MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Rizal Ahdiyati Duyo, S.T.,M.T

Dr. Ir. Zamr Zainuddin, M.Sc

Dekan



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.,IPM

NBM : 795 108

ABSTRAK

Abstrak : Mustakim dan Hartono (2023) Analisis Penghantar Aluminium Conductor Steel Reinforced Terhadap Aliran Daya Saluran Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk dibimbing oleh DR. Ir Zahir Zainuddin, M.Sc., Rizal A Duyo, S.T., M.T., Adapun tujuan dari pada penelitian ini adalah Memberikan gambaran tentang proses aliran daya pada jaringan transmisi SUIT 150 KV, Memberikan analisa tentang perhitungan aliran daya pada jaringan transmisi SUIT 150 kV dan Memahami pengaruh-pengaruh luar yang dapat mempengaruhi proses aliran daya pada jaringan transmisi SUIT 150 KV. Metode yang dipergunakan pada penelitiann ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data di dilaksanakan pada jaringan transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV Gardu Induk Tello - Gardu Induk Takalar". Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah.untuk daya ujung beban (P_R)=5 MW, Tegangan ujung beban (V_R) = 142, 2 KV Arus ujung beban (I_R) =20,3 A, Faktor daya ujung beban (P_f) = 1. Menghasilkan tegangan dan daya pada ujung kirim, Daya ujung kirim (P_S) = 5,006 MW, Tegangan ujung kirim (Q_S) = 142,231 KV, Arus ujung kirim (I_S) = 27,35 A, Faktor daya ujung kirim (P_f) = 0,74 Dan Regulasi Tegangan= 0,02%, Efisiensi jaringan (n) = 94,28 %, KHA Penghantar = 1982,7 A, Kapasitas saluran transmisi = 246, 34 MW

Kata kunci; Penghantar, Aluminium Conductor Steel Reinforced,



ABSTRACT

Abstract: Aluminum Conductor Steel Reinforced Conductors for 150 KV High Voltage Line Power. The purpose of this study is to provide an overview of the power flow process in the SUIT 150 KV transmission network, provide an analysis of the calculation of the power flow in the SUIT 150 kV transmission network and understand external influences that can affect the process of power flow in the SUIT transmission network. 150KV . The method used in this research is to conduct research and collect data on a 150 KV high-voltage overhead line transmission network at the Tello Substation - Takalar Substation". The results obtained in this study are for end-load power (PR) = 5 M , End-load voltage (VR) = 142.2 KV End-load current (IR) = 20.3 A, End-load power factor (Pf) = 1. Generates voltage and power at the sending end, Sending end power (PS) = 5.006 MW, sending end voltage (QS) = 142.231 KV, sending end current (IS) = 27.35 A, sending end power factor (Pf) = 0.74 and voltage regulation = 0.02%, network efficiency (n) = 94.28 %, Conductor RAC = 1982.7 A, Transmission line capacity = 246.34 MW

Keywords ; Conductor, Aluminum Conductor Steel Reinforced



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah : “Analisis Penghantar Aluminium Conductor Steel Reinforced Terhadap Aliran Daya Saluran Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu DR. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Ibu Adriani, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu. DR. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc, Selaku Pembimbing I dan Bapak Rizal A Duyo, ST, MT, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutam dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2016 dan Angkatan 2017 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bernabfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, September 2023

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penulis.....	2
D. Batasan Masalah.....	2

E. Manfaat Penulisan.....	3
F. Metode Penelitian.....	3
G. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Tinjauan Umum Saluran Transmisi	6
B. Sistem Tenaga Listrik	6
C. Tegangan Transmisi.....	7
D. Jatuh Tegangan.....	8
E. Hilang Daya dan Daya Guna Transmisi.....	9
1. Hilang daya Tahanan.....	10
2. Hilang Korona.....	11
3. Hilang Kebocoran pada isolator.....	11
4. Daya Guna transmisi	11
F. Komponen utama saluran transmisi.....	12
1. Tiang/Menara	12
2. Isolator-Isolator	13

3. Kawat penghantar.....	14
4. Kawat tanah.....	16
G. Karakteristik Listrik Dari Saluran Transmisi.....	16
1. Konstanta-konstanta saluran.....	16
a. Tahanan (R).....	16
b. Induktansi (L).....	21
c. Kapasitansi.....	23
2. Gejala korona.....	24
a. Tegangan kritis untuk gejala korona.....	24
b. Hilang korona.....	26
3. Karakteristik Penyaluran Daya Respentatif Saluran Transmisi.....	26
a. Representasi saluran transmisi.....	27
b. Klasifikasi saluran transmisi.....	28
1) Klasifikasi untuk keperluan diagram pengantinya.....	28
2) Klasifikasi saluran transmisi menurut tenaga kerja.....	29
3) Klasifikasi berdasarkan fungsinya dalam operasi.....	29

c. Diagram pengganti saluran transmisi	30
1) Saluran pendek.....	30
2) Saluran menengah.....	31
a) Nominal T	31
b) Saluran panjang	34
d. Diagram lingkaran daya	35
1) Diagram lingkaran daya pada ujung beban.....	36
2) Diagram lingkaran daya pada ujung kirim	37
e. Hilang daya (rugi) trasmisi.....	38
4. Stabilitas sistem transmisi	38
5. Kapasitas saluran transmisi	40
6. Kapasitas penyaluran arus dari kawat penghantar	41
BAB III METODE PENELITIAN.....	43
A. Waktu dan Tempat	43
B. Prosedur Penelitian.....	43
C. Teknik Pengumpulan Data	44

1. Studi literatur.....	44
2. Wawancara.....	45
3. Observasi.....	45
4. Dokumentasi	45
D. Analisis Data	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	46
A. Konstanta Saluran	46
B. Resistance (R).....	48
C. Induktansi (L).....	49
D. Kapasitansi	50
E. Impedansi seri jaringan	51
F. Perhitungan jaringan	52
G. Hilang daya tahanan.....	55
H. Perhitungan rugi untuk daya korona	56
I. Perhitungan efisiensi	57
J. Regulasi tegangan	58

K. Kapasitas saluran transmisi.....	58
L. Kapasitas hantar arus.....	59
M. Diagram lingkaran daya	61
1. daya ujung beban.....	61
2. daya ujung kirim	62
BAB IV PENUTUP	63
A. Kesimpulan.....	63
B. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2. 1 Jenis Menara Transmisi.....	12
2.2 Jenis Isolator Transmisi.....	14
2.3 Susunan Kawat untuk Saluran Ganda.....	21
2.4 Penghantar Berkas dengan 2 Sub Konduktor.....	22
2.5 Susunan Penghantar Berkas 54/7.....	22
2.6 Representasi Saluran Transmisi, Fasa Tiga.....	27
2.7 Diagram Pengganti Saluran Pendek.....	30
2.8 Diagram Pengganti Saluran Menengah Nominal.....	31
2.9 Diagram Pengganti Saluran Menengah Nominal PI HH.....	32
2.10 Diagram Lingkaran Daya pada Ujung Beban.....	37
2.11 Diagram Lingkaran Daya pada Ujung Kirim.....	38
2.12 Koefisien Pembebanan Impedansi Surya.....	41
3.1 Konfigurasi Saluran.....	44
3.2 Diagram Lingkaran Daya pada Ujung Beban.....	46

DAFTAR TABEL

2.1 harga-harga T_0 dan untuk bahan-bahan standar	19
2.2 registifitas dari bahan-bahan konduktor standar untuk berbagai temperatur ..	19
2.3 Nilai/Untuk Kawat Lilit	21
2.4 Faktor Permukaan Kawat	26



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tenaga listrik telah lama dikenal manusia, sebab sifatnya yang mudah disalurkan dan mudah dikonversikan ke bentuk tenaga lainnya. Oleh sebab itu, penelitian dan usaha menelaah tentang tenaga listrik ini tidak pernah berhenti sampai saat ini dan juga pada masa yang akan datang.

Untuk menyalurkan daya listrik dari pusat tenaga (sumber) ke pemakai daya (konsumen) diperlukan suatu sistem jaringan tenaga listrik. Sistem jaringan ini terdiri dari jaringan transmisi (meliputi sistem dari jaringan ultra tinggi dan sistem jaringan tegangan tinggi) dan jaringan distribusi (meliputi sistem tegangan menengah dan sistem tegangan rendah).

Dikarenakan sumber dari pengadaan energi tersebut dipengaruhi oleh aktor lingkungan, sehingga menjadi kendala bagi pengguna yang berada jauh dari sumber pengadaan energi listrik. Oleh sebab itu untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke pemakai diperlukan suatu sistem yang disebut jaringan transmisi dan jaringan distribusi.

Tegangan sistem yang dipergunakan dalam penyuplai sesuai dengan standar yang ada, yang bertujuan untuk keseragaman dalam produksi komponen-komponen atau peralatan dalam sistem tenaga. Untuk penyaluran daya yang besar dan pada jarak yang sangat jauh digunakan transmisi ultra tinggi atau transmisi tegangan tinggi dengan tujuan pemakaian sistem tersebut adalah untuk mengurangi rugi-rugi energi listrik pada saluran transmisi.

B. Rumusan Masalah

Bertolak dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bahwa energi/daya listrik sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia. Oleh karena itu penyaluran daya yang besar pada jarak yang jauh perlu dianalisa secara lebih jelas dan akurat,,
2. Kurangnya pengadaan energi yang mengakibatkan daya yang disalurkan ke konsumen pada jarak jauh dibutuhkan suatu Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), sebagai salah satu alternatif sarana penyuplaian daya

C. Tujuan Penulisan

Adapun yang menjadi tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan gambaran tentang proses aliran daya pada jaringan transmisi SUTT 150 kV-
2. Memberikan analisa tentang perhitungan aliran daya pada jaringan transmisi SUTT 150 kV
3. Memahami pengaruh-pengaruh luar yang dapat mempengaruhi proses aliran daya pada jaringan transmisi SUTT 150 kV

D. Batasan Masalah

Batas masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Sistem aliran daya mencakup permasalahan yang luas maka pada tugas akhir ini membahas pada jaringan transmisi SUTT 150 kV .

2. Aliran daya yang dibahas pada tugas akhir ini adalah pada jaringan transmisi gardu induk Tello – gardu induk Takalar

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Berdasarkan pertimbangan diatas maka untuk membantu dan mempermudah pendistribusian daya ke konsumen pada jarak yang sangat jauh.
2. Membantu dan mempermudah sistem aliran daya pada jaringan transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV Gardu Induk Tello - Gardu Induk Takalar".

F. Metode Penulisan

Teknik pengumpulan data adalah langkah-langkah yang digunakan untuk mengumpulkan data dan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang ada dalam penelitian. Adapun prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Penulis melakukan studi literatur dengan mengumpulkan data melalui teks-teks tertulis maupun *soft-copy edition*, seperti buku, *ebook*, jurnal, dan laporan. Pengumpulan data melalui bahan pustaka menjadi bagian yang penting dalam penelitian ketika penulis memutuskan untuk melakukan tinjauan pustaka dalam menjawab rumusan masalah.

2. Observasi

Penulis melakukan observasi secara langsung dengan melakukan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian untuk memperoleh data atau gambaran yang nyata tentang kondisi pada lokasi penelitian. Proses ini berlangsung

dengan pengamatan yang meliputi melihat, merekam, menghitung, dan mencatat kejadian.

3. Pengumpulan data

Penulis melakukan pengumpulan data dengan mengumpulkan semua data-data yang diperlukan atau yang berkaitan dengan topik dari skripsi yang telah tersedia (*historical*).

4. Wawancara

Penulis melakukan wawancara dengan tanya jawab kepada semua pihak yang berkompeten dengan bidang yang terkait terhadap topik dari skripsi yang diangkat. Peneliti melakukan tanya jawab dengan menanyakan segala sesuatu yang tidak diketahui atau tidak jelas.

1. Penulis melakukan studi dari berbagai pustaka yang ada kaitannya dengan permasalahan tersebut
2. Melakukan tanya. jawab kepada semua pihak yang memahami. hal tersebut diatas
3. Penulis melakukan pengamatan pada proses penyaluran daya-

G. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dan memperlancar penulisan tugas studi ini, maka penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan Meliputi latar belakang masalah, alasan pemilihan judul, tujuan penulisan batasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II : Berisikan teori dasar yang terdiri dari penjelasan tentang jaringan transmisi SUTT 150 KV peralatan penunjangnya.

BAB III: Membahas tentang waktu, tempat, alaur dan metode penelitian

BAB IV: berisikan hasil, data penelitian dan membahas tentang proses aliran daya dan metode perhitungan aliran daya pada jaringan transmisi SUTT 150 kV-

BAB V : Berisikan kesimpulan dan saran-saran

DAFTAR PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan umum saluran transmisi

Saluran transmisi adalah bagian dari sistem tenaga listrik dari pusat pembangkit (pusat-pusat listrik) ke sistem-sistem distribusi (pusat-pusat beban

Saluran transmisi dapat dibagi atas dua kategori yaitu saluran udara (overhead line) dan saluran bawah tanah (underground). Yang pertama menyalurkan tenaga listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada tiang-tiang transmisi dengan perantaraan isolator-isolator sedang saluran bawah tanah tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, taufan hujan angin bahaya petir dan sebagainya

Oleh karena biaya pembangunan saluran bawah tanah jauh lebih mahal daripada saluran udara, dan perbaikannya lebih sukar bila terjadi gangguan maka pada umumnya saluran transmisi dewasa ini memakai saluran udara.

Berdasarkan jenis arusnya, sistem transmisi terbagi atas sistem arus bolak-balik dan sistem arus searah. Penaikan dan penurunan tegangan pada sistem arus bolak-balik mudah dilakukan hanya dengan menggunakan transformator5 sedang pada sistem arus searah tegangan tidak dapat dinaikkan atau diturunkan.

B. Sistem Tenaga Listrik

Saluran transmisi menurut jenisnya terbagi atas sistem arus bolak balik (AC) dan sistem arus searah (DC) Didalam sistem AC penalkan dan penurunan tegangan dengan mudah dilakukan yaitu dengan menggunakan transformator.

Oleh karena itu sistem saat ini pada umumnya masih menggunakan transmisi arus bolak-balik. Di dalam sistem AC ada sistem satu fasa dan sistem tiga fasa, sistem tiga fasa mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sistem satu fasa, hal ini disebabkan

- a. Daya yang disalurkan lebih besar
- b. Nilai sesaatnya konstan
- c. mempunyai medan magnet putar

Berhubungan dengan keuntungan-keuntungannya, hampir seluruh penyaluran tenaga listrik saat ini dilakukan dengan arus bolak-balik, namun sejak beberapa tahun terakhir ini penyaluran daya arus searah mulai dikembangkan di beberapa negara. Penyaluran DC mempunyai keuntungan misalnya :

- a. Isolasi yang lebih sederhana
- b. Daya guna/efisiensinya yang lebih tinggi ($\cos \theta = 1$)
- c. Tidak ada masalah stabilitas yang memungkinkan penyaluran daya jarak jauh

Tetapi penyaluran DC juga mempunyai persoalan ekonomisnya yang masih harus diperhitungkan (dapat bersaing dengan sistem penyaluran AC) bila jarak saluran udara lebih jauh antara 400 - 600 km atau untuk saluran bawah tanah lebih panjang 50 km. Ini disebabkan karena biaya peralatan pengubah dari AC ke DC dan sebaliknya-mahal.

C. Tegangan Transmisi

Untuk daya yang sama, maka daya guna penyaluran akan naik karena rugi-rugi transmisi turun, apabila tegangan transmisi dinaikkan. Sehingga kenaikan tegangan transmisi berarti juga penambahan isolasi dan biaya peralatan dan gardu

induk. Oleh karena itu pemilihan tegangan transmisi dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan jumlah rangkaian., jarak penyaluran, keandalan (reability) biaya peralatan untuk tegangan tertentu, serta tegangan—tegangan yang sekarang ada dan yang direncanakan. Kecuali itu., penentuan tegangan ad a dan yang direncanakan. Kecuali itu, penentuan tegangan harus juga dilihat dari segi standarisasi peralatan yang ada. Penentuan tegangan merupakan bagian dari perencanaan sistem secara keseluruhan.

Meskipun tidak jelas menyebutkan keperluannya sebagai transmisi, di Indonesia pemerintah telah menyeragamkan deretan tegangan tinggi sebagai berikut :

Tegangan nominal (KV) : (30)-66-150-220-380-500.

Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (KV) ; (36)-72,5-170-245-420-525.

Tegangan nominal 30 kV hanya diperkenankan untuk daerah asuhan dimana tegangan distribusi 20 kV tidak dipergunakan. Penentuan deretan tegangan di atas disesuaikan dengan rekomendasi Internasional Electrotechhical Commision (IEC).

D. Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (sending end) dan tegangan pada ujung penerimaan (receiving end) tenaga listrik pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan (voltage regulation), dan dinyatakan oleh rumus

$$VR = \frac{Vs - Vr}{Vr}$$

Dimana :

V_r = tegangan pada ujung penerimaan

100% = presentase

V_s = tegangan pada pangkal pengiriman

V_r = Regulasi tegangan

Untuk jarak dekat regulasi tegangan tidak berarti (hanya beberapa persen saja), tetapi untuk sedang dan jauh bisa mencapai 5 - 15 %.

Bila beban pada saluran EHV tidak berat? sistem tenaga dioperasikan pada regulasi yang konstan, karena pengaruh arus penguat (charging current) besar, untuk memungkinkan regulasi yang kecil. Saluran transmisi dioperasikan pada tegangan yang konstan pada ujung penerimaan dan pangkal tanpa dipengaruhi oleh beban. Bila tegangan pada titik penerimaan turun karena naiknya beban maka dipakai pengatur tegangan dengan beban (unload Voltage regulator), guna memungkinkan tegangan sekunder yang konstan, meskipun tegangan primernya berubah

E. Hilang Daya dan Daya Guna Transmisi

Hilang daya (rugi daya) utama pada saluran transmisi adalah hilangnya daya tahanan pada penghantar, Disamping itu ada hilangnya daya korona dan hilangnya daya karena kebocoran isolator? terutama pada saluran udara tegangan tinggi, Pada saluran bawah tanah ada hilangnya daya dielektrik dan hilangnya daya pada saluran kabel.

1. Hilang Daya Tahanan

Hilang daya tahanan untuk saluran tiga fasa tiga kawat untuk saluran transmisi yang pendek dinyatakan oleh persamaannya :

$$P_1 = 3I^2 R_1 \dots \dots \dots (2.2)$$

Sedang untuk saluran panjang dimana arus pemuat diperhitungkan .

$$P_t = 3R_1 (I^2 - I_c \sin \phi_r + 1/3 I_c^2) \dots \dots \dots (2-3)$$

dimana :

P_t = hilang daya tahanan (W)

R - tahanan kawat per fase (Ohm/km)

l = panjang saluran (km)

$\cos \phi_r$ = faktor daya beban

I = arus beban (A)

I_c = arus pemuat pada titik pengiriman (A)

Dalam persamaan di atas jatuh tegangan diabaikan sehingga distribusi arus pemuat adalah linier. Untuk menghitung hilang daya pada saluran secara tepat harus digunakan rumus-rumus tersebut.

Dimana arus pemuat pada titik pengiriman adalah :

$$I_c = W \times C \times V_s \text{ A/km} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$W = 2\pi f$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50$$

$$= 314 \text{ radian}$$

2. Hilang korona

Korona adalah suatu gejala yang muncul pada permukaan penghantar, berupa cahaya yang dapat muncul sepanjang permukaan atau pada beberapa tempat yang menonjol atau runcing. Korona terjadi karena adanya ionisasi dalam udara yang menyebabkan terjadinya elektron-elektron bebas dengan molekul lain,

Bila dua kawat sejajar yang penampangnya kecil dibandingkan dengan jarak antara kedua kawat tersebut diberi tegangan bolak-balik yang tinggi., maka karena dapat terjadi. Pada tegangan yang cukup rendah tidak terdapat gejala korona. Bila tegangan dinaikkan maka korona terjadi secara bertahap. Pertama kali kawat kelihatan berbahaya mengeluarkan suara mendesis (hissing) dan berbau ozon. Warna cahaya adalah ungu (Violet) muda. Bila tegangan dinaikkan terus maka gejala korona makin nyata kelihatannya, terutama pada bagian yang kasar atau runcing dan bila tegangan masih juga dinaikkan maka bisa terjadi busur api.

3. Hilang kebocoran pada isolator

Isolator mempunyai hilang daya dielektrik dan hilang daya karena kebocoran (leakage) pada permukaannya. Yang terakhir ini kecil kecuali bila udaranya kotor (polluted)

4. Daya guna transmisi

Daya guna (efficiency) saluran transmisi adalah perbandingan antara daya yang diterima dan daya yang disalurkan

$$n = \frac{P_r}{P_s} \times 100\% = \frac{P_r}{P_r + P_H} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana

P_r = daya yang diterima (M W)

P_s = daya yang dikirimkan (M W)

P_H = hilang daya (MW)

n = efficiency

Hilang daya (ph) dinyatakan oleh :

$$P_H = P_t + P_k \text{ MW} \dots \dots \dots (2.8)$$

P_t = Hilang daya tahanan (MW)

P_k = Hilang daya korona (MW)

F. Komponen Utama Saluran Transmisi

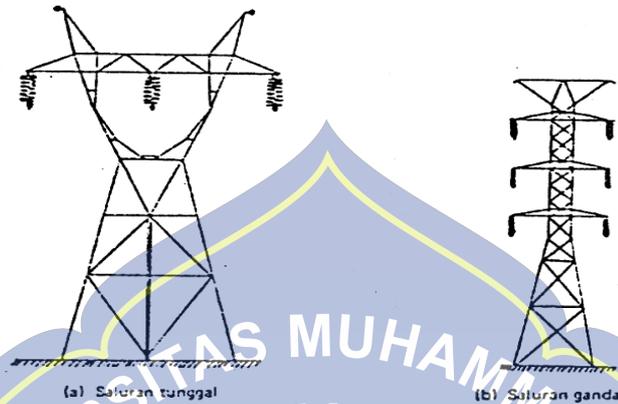
Komponen-komponen utama dari saluran transmisi terdiri dari 2

1. Menara transmisi atau tiang transmisi beserta pondasinya .
2. Isolator-isolator
3. Kawat penghantar (conductor)
4. Kawat tanah (ground wire)

1. Tiang / Menara

Menara atau tiang transmisi adalah suatu bangunan penopang saluran transmisi yang bisa berupa menara baja , tiang baja, tiang baton bertulang dan kayu-
Tiang- tiang baja, beton atau kayu umumnya digunakan pada saluran-saluran dengan tegangan kerja relatif rendah (dibawah 70 kV) sedang untuk saluran transmisi tegangan tinggi atau ekstra tinggi digunakan menara baja.

Menara baja dibagi sesuai dengan fungsinya, yaitu s menara dukung menara sudut, menara ujung., menara percabangan dan menara transposisi.



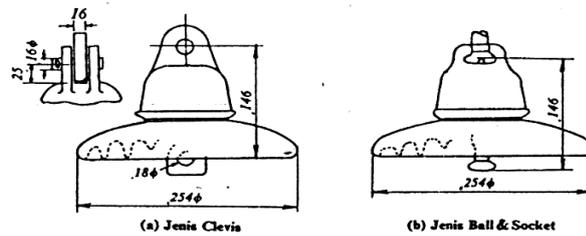
Gambar 2.1 Jenis menara transmisi

2. Isolator – isolator

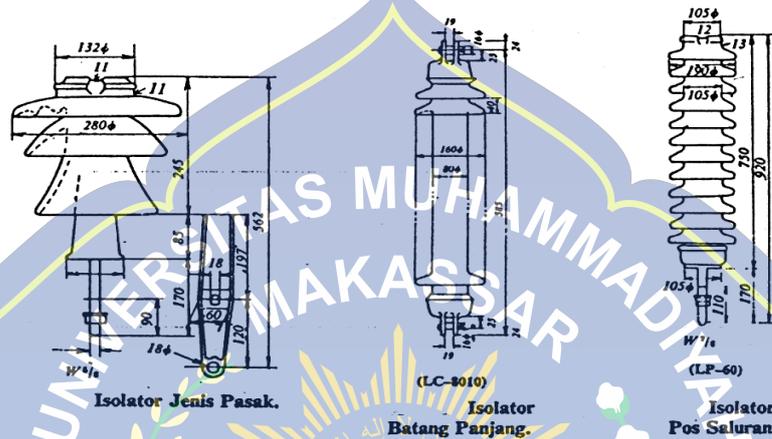
Jenis Isolator yang digunakan pada saluran transmisi adalah jenis porselin atau gelas. Menurut penggunaan dan konstruksirvya dikenal tiga jenis isolator yaitu

- a. Isolator jenis pasak
- b. Isolator jenis pos saluran
- c. Isolator gantung

Isolator jenis pasak dan pos saluran digunakan pada saluran transmisi tegangan kerja relatif rendah (kurang dari 22—33 kV). sedang isolator gantung dapat di gandeng menjadi rentangan isolator yang jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan



Isolator Gantung 250 mm.



Gambar 2.2, Jenis isolator transmisi

3. Kawat Penghantar

Penghantar untuk saluran transmisi lewat udara adalah kawat-kawat- tanpa isolasi yang padat, berlilit atau berongga. Untuk tiap-tiap fase penghantarnya dapat berbentuk tunggal maupun sebagai kawat berkas.

Kawat berkas adalah sebuah conductors yang terdiri dari dua, tiga, empat atau lebih sub-conductors dan dipergunakan sebagai conductors satu fasa. Kawat berkas ini dianggap ekonomis untuk tegangan EHV dan UHV.

Didalam penerapan saluran transmisi sistem penghantar berkas., dikenal beberapa jenis bundled yaitu

- a. Dupleks : Penghantar berkas dengan menggunakan dua kawat dalam satu fasa.

b. Tripleks : Penghantar berkas dengan menggunakan tiga kawat dalam satu fasa-

c. Quadrupleks : Penghantar berkas dengan menggunakan empat kawat dalam satu fasa

Jenis-jenis kawat penghantar yang bias digunakan pada saluran transmisi adalah tembaga dengan konduktivitas 100% (CU 100%), tembaga dengan konduktivitas 97,5% (CU 97,5%) atau aluminium dengan konduktivitas 61% (AL 61%). Kawat penghantar aluminium terdiri dari berbagai jenis dengan lambang sebagai berikut.

- a. AAC = "All-Aluminium Conductor" yaitu kawat penghantar seluruhnya terbuat dari aluminium
- b. AAAC = "All -Aluminium Alloy Conductor" yaitu kawat. penghantar seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.
- c. ACSR = "Aluminium Conductor, Steel-Rein forced" yaitu kawat penghantar aluminium berinti kawat baja.
- d. ACAR = "Aluminium Conductor, Alloy-Reinforced", yaitu. kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

Kawat penghantar tembaga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar aluminium karena konduktivitas dan kuat tariknya lebih tinggi. Tapi kelemahannya adalah, untuk besar tahanan yang sama, tembaga lebih berat dari aluminium, dan juga lebih mahal. Oleh karena itu kawat penghantar aluminium telah menggantikan kedudukan tembaga,

Untuk memperbesar kuat tarik dari kawat aluminium digunakan campuran aluminium (aluminium alloy) untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara dua tiang/menara jauh (ratusan meter), dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi. Untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR

4. Kawat tanah

Kawat tanah atau "Ground wires" juga disebut sebagai kawat pelindung ("shield wires") gunanya untuk melindungi kawat-kawat fasa terhadap gambaran petir. jadi kawat tanah itu dipasang diatas kawat fasa. Sebagai kawat tanah umumnya dipakai kawat baja (steel wires) yang lebih murah, tetapi tidaklah jarang digunakan ACSR.

G. Karakteristik Listrik Dari Saluran Transmisi

Yang dimaksud dengan karakteristik listrik dari sasaluran transmisi ialah konstanta-konstanta saluran., yaitu : tahanan R, induktansi L, konduktansi G, dan kapasitansi C.

Pada saluran udara konduktansi G sangat kecil sehingga dapat diabaikan jadi perhitungan-perhitungan akan lebih mudah dan pengaruhnyapun masih dalam batas-batas yang dapat diabaikan,,

1. Konstanta-konstanta saluran

a. Tahanan R

Tahanan dari suatu konduktor (kawat penghantar) diberikan oleh :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (\Omega) \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana :

ρ = resistivitas ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

l = panjang kawat (m)

A = luas penampang kawat (mm^2)

Dalam label-tabel yang tersedia sering kite jumpai penampang kawat diberikan dalam satuan "Circular Mil"., disingkat CM.

Defenisi dari CM adalah penampang kawat yang mempunyai diameter 1 mil (=1/1000 inch). Bila penampang kawat diberikan dalam mm^2 maka penampang kawat dalam CM adalah :

$$\text{CM} = 1973 \times (\text{penampang dalam } \text{mm}^2)$$

Atau

$$\text{mm}^2 = 5,067 \times 10^{-4} \times (\text{penampang dalam CM})$$

Dalam sistem MKS satuan untuk resistivitas diberikan dalam ohm-meter, panjang dalam meter dan luas dalam meter kuadrat. Sistem yang lain (CGS) resistivitas diberikan dalam satuan micro-ohm-centimeter., panjang dalam centimeter., dan luas dalam centimeter kuadrat

Karena pada umumnya kawat penghantar terdiri dari kawat-kawat pi 1 in (stand red conductor) maka sebagai faktor koreksi untuk memperhitungkan pengaruh dari pilin itu panjang kawat dikalikan dengan 1,02 (2% faktor koreksi)

Tahanan kawat berubah oleh temperatur. Dalam batas temperatur 10°C - 100°C maka untuk kawat tembaga dan aluminium berlaku rumus :

$$R_{t_2} = R_{t_1} (1 + a_{t_1}(t_2 - t_1)) \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana

R_{t1} = tahanan pada temperatur t_1

R_{t2} = tahanan pada temperatur t_2

a_{t1} = koefisien temperatur dari tahanan pada temperatur t_1 °C .

Jadi :

$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}} = 1 + a_1 (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}} = \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1}$$

Dimana :

$$a_{t1} = \frac{1}{T_0 + t_1}$$

atau

$$T_0 = \frac{1}{a_{t1}} - t_1$$

Jelas kelihatan bahwa - T_0 ialah temperatur dimana tahanan kawat akan menjadi nol, bila persamaan linear yang berlaku untuk daerah temperatur itu. Dan bila ini benar maka - T_0 adalah sama dengan n temperatur absolut -273°C- Untuk tembaga (CU) yang mempunyai konduktivitas 100 %. koefisien temperatur dari tahanan pada 20°C adalah :

$$a_{20} = 0,00393$$

atau :

$$\begin{aligned} T_0 &= (1/0.00393) - 20 \\ &= 234,5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Dalam Tabel 2.1. dibawah ini diberikan harga-harga T_0 dan untuk bahan-bahan konduktor standar.

Material		Koefisien temperatur dari tahanan x 10^{-3}						
		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	2,99
Cu 97,5%	241,0	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

Tabel 2 1. Harga-harga T_0 dan untuk bahan-bahan standar

Material	Mikro — Ohm — cm						
	α_0	α_{20}	α_{25}	α_{50}	α_{75}	α_{80}	α_{100}
Cu 100%	1,58	1,72	1,75	1,92	2,09	2,12	2,26
Cu 97,5%	1,63	1,77	1,80	1,97	2,14	2,18	2,31
Al 61%	2,60	2,83	2,89	3,17	3,46	3,51	3,74

Tabel 2-2. Resistivitas dari bahan-bahan konduktor standar untuk berbagai temperatur

Tahanan arus searah yang diperoleh dari perhitungan-perhitungan diatas harus disesuaikan dengan faktor koreksi :

1,0 untuk konduktor padat (solid ware)

1,01 untuk konduktor pilih yang- terdiri dari dua lapis (strand)

1,02 untuk konduktor pilin lebih dari dua lapis,

b. Induktansi

Induktansi kawat tiga fasa pada umumnya berlainan untuk masing-masing kawat. Namun, karena perbedaan kecil, nilai induktansi dari penghantar yang di transposisikan yang diambil, bila ketidakseimbangannya tidak besar.

Untuk susunan kawat seperti tertera pada gambar 2-5 reaktansi induktif urutan positif (positive sequence inductive reactance) dari saluran yang di transposisikan dinyatakan oleh W.A. Lewis sebagai =

$$X_L = 0,004657 f \log \frac{Deq}{Ds^bL} \text{ (ohm/mile)} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$= 0,14467 \log \frac{Deq}{Ds^bL} \text{ (ohm/km)}$$

dimana

f = frekwensi (50 Hz)

Deq = GMD = 3,5 D_{ab} D_{bc} D_{ca} meter

Ds^bL = GMR = D_s^b x D_s^p meter

Oleh karena itu induktansinya dapat dihitung

$$X_L = 2\pi fL$$

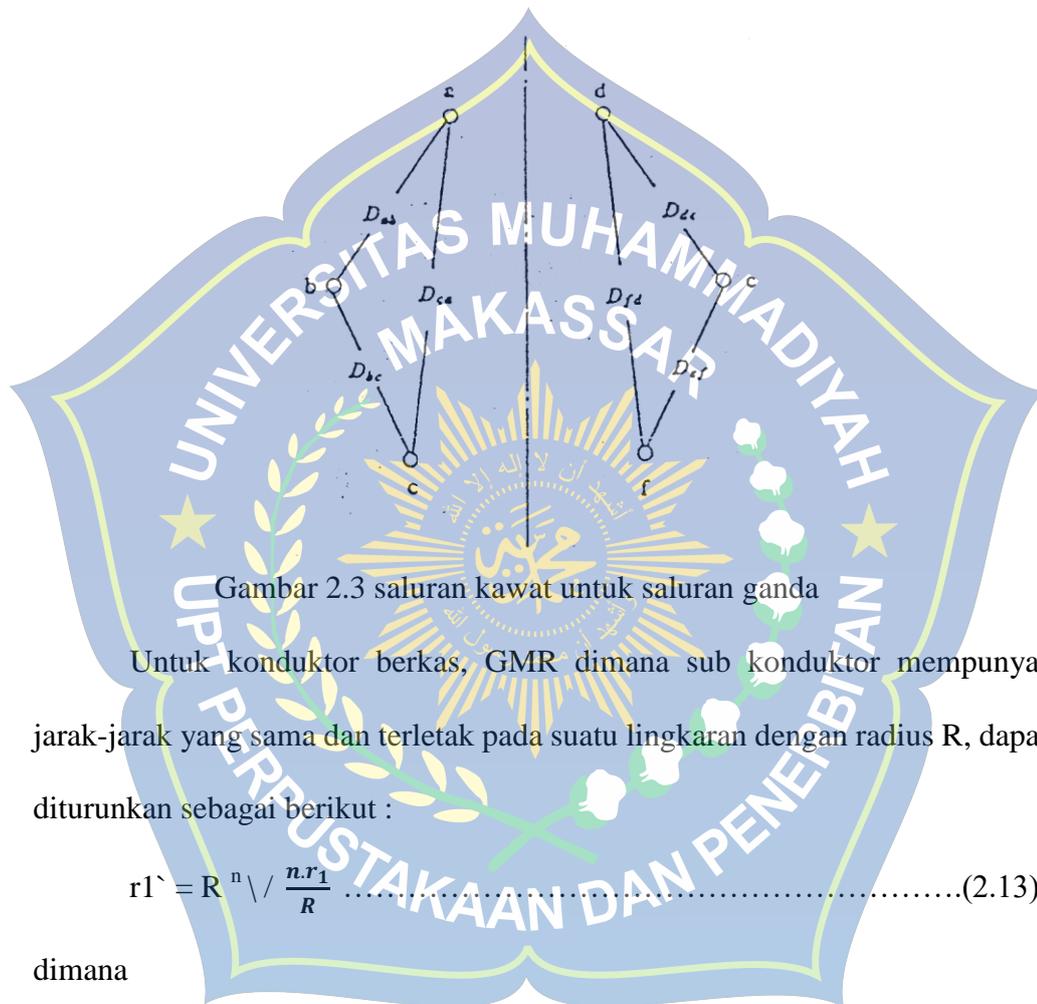
$$2\pi fL = 0,14467 \log \frac{Deq}{Ds^bL}$$

$$L = \frac{0,14467}{2\pi f} \log \frac{Deq}{Ds^bL} \dots\dots\dots(2.12)$$

Harga-harga untuk kawat lilit dalam tabel 2.3. Indaktansi urutan negatif sama dengan. induktansi urutan positif.

Tabel 2.3. Nilai/untuk kawat

Kawat Lilit Tak-Magnetik				A.C.S.R.		
7 lilit	19 lilit	37 lilit	61 lilit	Baja 1 Aluminum 6	Baja 7 Aluminum 30	Baja7 Aluminum 54
0,0641	0,0555	0,0529	0,0517	0,1140	0,0411	0,0435



Gambar 2.3 saluran kawat untuk saluran ganda

Untuk konduktor berkas, GMR dimana sub konduktor mempunyai jarak-jarak yang sama dan terletak pada suatu lingkaran dengan radius R, dapat diturunkan sebagai berikut :

$$r_1' = R^n \sqrt{\frac{n \cdot r_1}{R}} \dots \dots \dots (2.13)$$

dimana

$$R = \frac{1}{2} S$$

S = jarak sub konduktor

r_1 = GMR sub konduktor

n = jumlah sub – konduktor

r_1 = GMR berkas saluran ganda

kabel-kabel ACSR adalah merupakan kabel-kabel konsentris tetapi dalam perhitungan-perhitungan, karena arus dalam kawat-kawat yang merupakan inti dari kabel diabaikan, maka kawat-kawat baja tersebut tidak diperhitungkan, maka r_1 adalah :

$$r_1 = \frac{542 \sqrt{r^{54}} (8r^{23} \sqrt{24})^{24 \times 23} (6r^{17} \sqrt{18})^{18 \times 17} (4r \sqrt{12})^{12 \times 11}}{(8r)^{24 \times 30 \times 2} (6r)^{18 \times 12 \times 2} (4r)^{12 \times 0 \times 2}}$$

$$= 7,289 \times r \dots \dots \dots (2.14)$$



Gambar 2.5. Susunan penghantar berkas dan 2 sub konduktor



Gambar 2.4. Penghantar berkas dan 2 sub konduktor

Sedangkan GMR dari penghantar berkas saluran fase tiga adalah :

$$GMR = \sqrt[3]{\frac{n}{D_{ab} D_{bc} D_{ac}}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Untuk transmisi saluran ganda dengan menggunakan penghantar berkas, konsepsi GMR dan GMD adalah :

$$D_s^b L = GMR = D_s^b \times D_s^p \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\text{Dimana } D_s^b = \sqrt{\frac{n}{D_s \times d \times m}} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$D_s^p = \sqrt[3]{\frac{n}{D_{ad} \times D_{be} \times D_{cf} \times m}} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\text{Pada posisi a-d} = \sqrt{\frac{n}{D_{ad} \times D_s^b}}$$

$$\text{Pada Posisi b-e} = \sqrt{\frac{n}{D_{be} \times D_s^b}}$$

$$\text{Pada Posisi c-f} = \sqrt{\frac{n}{D_{cf} \times D_s^b}}$$

Dimana

$$D_s = r1$$

d = jarak penghantar berkas

$$D_{eq} = \sqrt[12]{\frac{n}{D_{ab} D_{ac} D_{ae} D_{af} D_{bc} D_{be} D_{bf} D_{cd} D_{ce} D_{de} D_{df} D_{ef} \text{ meter}}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana

D_s = GMR penghantar berkas

$$D_{ab} = D_{bc} = D_{de} = D_{ef} \text{ (meter)}$$

$$D_{ac} = D_{df} \text{ (meter)}$$

$$D_{ae} = D_{bd} = D_{bf} = D_{ce} \text{ (meter)}$$

$$D_{af} = D_{cd} = D_{be} \text{ (meter)}$$

c. Kapasitansi

Bila saluran seimbang (balanced) maka harga pendekatan (approximate) untuk kapasitansi (seperti pada induktansi) dapat digunakan. Untuk penghantar dengan jari-jari seperti pada gambar 2.3. maka kapasitansi urutan positif dan negatif dinyatakan oleh :

$$X_c = 0,1317 \log \frac{Deq}{D_s^b C} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$C = \frac{0,02413}{\log \frac{Deq}{D_s^b C}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana konsepsi $D_s^b L$ dan Deq sama dengan persamaan (2.14) dan (2.17) dengan mengganti $D_s^b L$ menjadi R_1

$$D_s^b L = D_s^b \times D_s^p \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana

$$D_s^b = \sqrt[3]{\frac{n}{r \times d \times m}} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$D_s^p = \sqrt[3]{\frac{3}{D_{ad} \times D_{be} \times D_{ef} \times m}} \dots\dots\dots(2.22)$$

r = jari-jari penghantar (m)

2. Gejala korona

Untuk saluran transmisi diatas 100 Kv, gejala korona menjadi penting. Gejala ini menyebabkan hilang korona dan gangguan radio (radio interference).

a. Tegangan kritis untuk gejala korona

Gradient tegangan yang menyebabkan gagalnya daya elektrik udara adalah 30 KV/cm pada keadaan standar. Tegangan dimana korona mulai terjadi disebut tegangan kritis. Gradient tegangannya pada permukaan kawat dinyatakan oleh

$$V_{go} = \frac{3}{\sqrt{2}} \delta^{2/3} \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta r}} \right) \text{ (kV/cm nilai efektif)} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

$$\delta = \text{kepadatan udara relatif} = \frac{0,386b}{273+t} \dots\dots\dots(2.24)$$

b = suhu udara (° C)

r = jari-jari kawat (cm)

Gradien tegangan pada permukaan kawat untuk saluran transmisi tiga fasa dinyatakan oleh :

$$V_g = \frac{0,434 v}{r \log 10 \frac{Deq}{r}} \text{ (kV/cm)} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

V = tegangan fasa (kV)

Deq = tegangan ekuivalen antara kawat (cm)

Oleh karena itu tegangan kritis untuk Korona dinyatakan oleh

$$V_o = \frac{30}{\sqrt{2}} \delta^{2/3} \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta r}} \right) r \log \frac{D}{r} \frac{1}{0,4343} \text{ (kV)} \dots\dots\dots(2.26)$$

Bila dimasukkan faktor permukaan m_o dan keadaan udara pada umumnya maka tegangan kritis dinyatakan oleh :

$$V_o = 48,8 m_o m_1 \delta^{2/3} \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta r}} \right) r \log \frac{Deq}{10r} \text{ (kV)} \dots\dots\dots(2.27)$$

Faktor udara m_1 adalah 1,0 untuk udara baik dan 0,3 untuk hujan. Untuk kawat berkas dupleks gradien maksimum pada permukaan satu kawat dinyatakan oleh :

$$V_{g2} = \frac{v d (1+2r/Deq)}{2r \ln \sqrt{\frac{Deq}{r}}} \dots\dots\dots(2.28)$$

Sehingga tegangan kritisnya dapat dihitung

$$V_{o2} = 97,6 m_o m_1 \delta^{2/3} \frac{1+0,301/\sqrt{\delta r}}{1+2r/Deq} r \log \sqrt{\frac{Deq}{r}} \dots\dots\dots(2.29)$$

Tabel 2.4. Faktor Permukaan Kawat

Kondisi Permukaan Kawat	m_o
Halus	1,0
Kawat Padat Yang Kasar	0,93-0,95
Kawat Tembaga Rongga	0,90-0,94
Kawat Lilit 7 .	0,83-0,87
Kawat Lilit 19-61	0,80-0,85

b. Hilang korona

Ada beberapa perhitungan-perhitungan teoritis dan empiris hilangnya korona tetapi teorinya masih belum diketahui dengan pasti . Hilangnya korona diketahui dengan pasti oleh :

$$P = \frac{A}{\delta} (f + 25)^{r^2} (E_g - m E`_{go}) 10^{-2} \text{ (kW/km-1 kawat) } \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana

$$E`_{go} = 21,1 \text{ Kv/cm}$$

$$A = 0,443 \text{ untuk kawat padat (solid)}$$

$$= 0,375 \text{ untuk kawat lilit}$$

$$f = \text{frekuensi sumber tenaga (H z)}$$

$$m = m_o m_1$$

m_o = faktor permukaan kawat

m_1 = faktor udara

3. Karakteristik penyaluran daya dengan memanfaatkan representatif saluran transmisi, relasi- relasi arus dan Tegangan

Di dalam saluran transmisi persoalan tegangan sangat penting . Baik dalam keadaan operasi maupun dalam rancangan harus selalu diperhatikan tegangan pada

setiap titik dalam saluran. Besar perubahan tegangan yang diperbolehkan antara -10% sampai +5%.

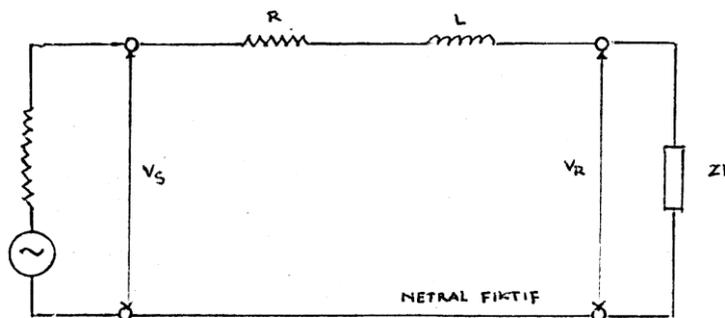
Sebelum analisa dan perhitungan dapat di lakukan terlebih dahulu saluran transmisi harus dipresentasikan dengan diagram pengganti .

a. Representasi Saluran Transmisi

Pada umumnya saluran-saluran transmisi adalah fasa tiga, dalam gambar 2.6., diperlihatkan saluran fasa tiga dengan kawat netral . Dalam keadaan tegangan dan arus yang simetris tidak ada arus yang mengalir pada kawat netral n-n'. Oleh karena itu ketiga fasanya simetris artinya ketiga fasanya tergeser -120° terhadap fasa referensi, maka analisisnya cukup dilakukan dengan berdasarkan satu fasa dan biasanya dipilih fasa sebagai fasa referensi dengan jalan balik- arus yang fiktif tanpa impedansi, Gambar 2.6-b besar-besaran untuk fasa b dan fasa c diperoleh dengan memutar besaran fasa a dengan sudut -120° dan $+120^\circ$.



(a)



(b)

Gambar 2.6 Representatif saluran transmisi fasa tiga

b. Klasifikasi Saluran Transmisi

1) Klasifikasi untuk keperluan diagram pengganti

Untuk keperluan analisa dan perhitungan maka diagram pengganti biasanya dibagi dalam 3 kelas yaitu :

- a. kawat pendek (< 80 km)
- b. kawat menengah ($80 - 250$ km)
- c. kawat panjang (>250 km)

Sebenarnya klasifikasi di atas sangat kabur dan sangat relatif - Klasifikasi saluran transmisi harus didasarkan atas besar kecilnya kapasitansi ke tanah.. Jadi bila kapasitansi kecil dengan demikian arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan, dan dinamakan kawat pendek. tetapi bila kapasitansi ke tanah sudah mulai besar sehingga tidak dapat diabaikan, tetapi belum begitu besar sekali masih dapat dianggap seperti kapasitansi terpusat (lumped capacitance), dan ini dinamakan kawat menengah. Bila kapasitansi itu besar sekali sehingga tidak mungkin lagi dianggap sebagai kapasitansi terpusat dan harus dianggap terbagi rata sepanjang saluran, maka dalam hal ini dinamakan kawat panjang. .

Di atas telah disebutkan bahwa klasifikasi berdasarkan panjang kawat sangat kabur- seperti diketahui makin tinggi tegangan operasi maka kemungkinan timbulnya korona sangat besar. Korona ini akan memperbesar kapasitansi, dengan demikian memperbesar arus bocor . Jadi ada kalanya walaupun panjang tinggi EHV (tegangan ekstra tinggi dan

dan UHV (tegangan ultra tinggi) maka kapasitansi relatif besar sehingga tidak mungkin lagi diabaikan walaupun panjang saluran hanya 50 km.

2) **Klasifikasi saluran transmisi menurut Tegangan kerja**

Di Indonesia standar tegangan transmisi adalah : 66, 150,380 dan 500 kV, dan di negara-negara yang telah maju, terutama dalam bidang transmisi, seperti USA, Canada,, Rusia, di mana tegangan transmisi telah mencapai harga 1.000 kV maka di sana klasifikasi berdasarkan tegangan adalah :

- a. Tegangan tinggi (sampai .138 kV)
- b. Tegangan ekstra tinggi (220 sampai 765 kV)
- c. Tegangan ultra tinggi (di atas 765 kV)

3) **Klasifikasi berdasarkan fungsinya dalam operasi**

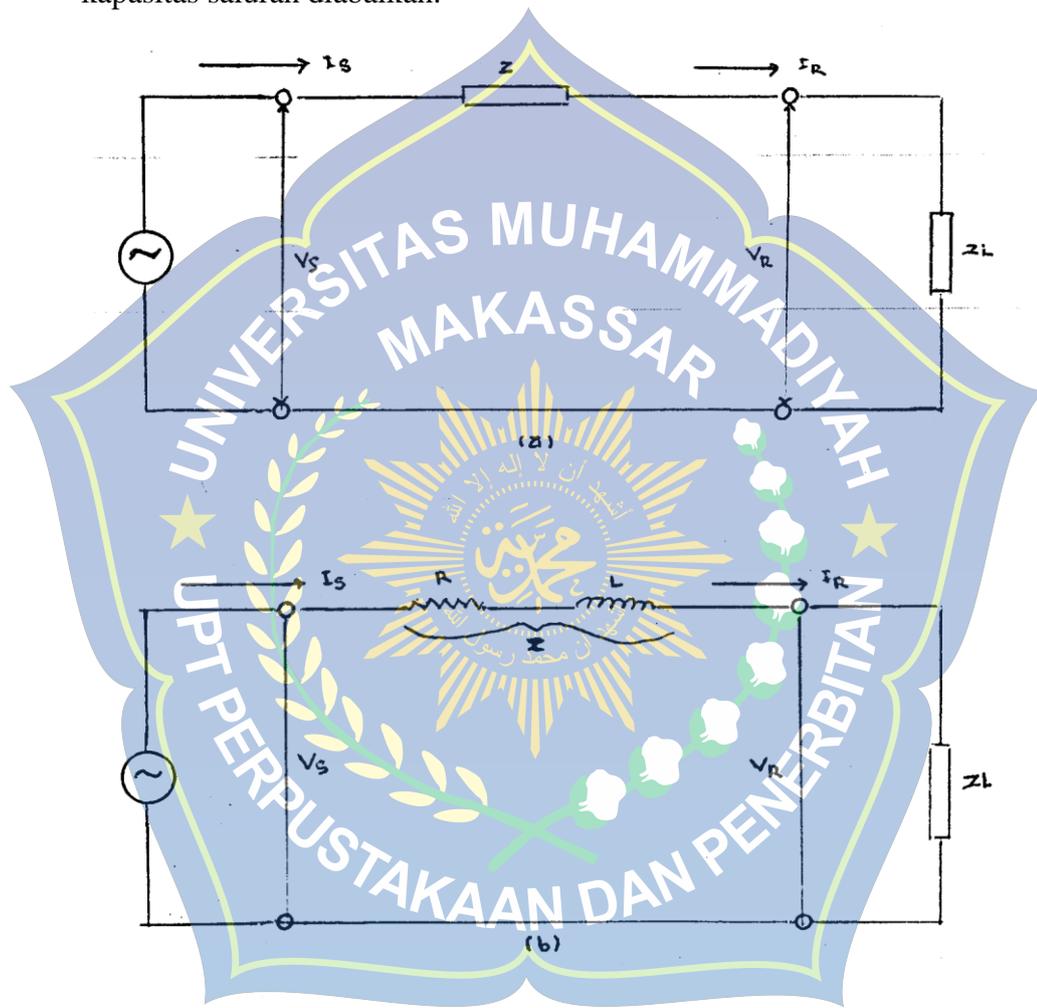
Berdasarkan fungsinya dalam operasi saluran transmisi diberi nama:

- a. Transmisi., yang menyalurkan daya besar dari pusat-pusat pembangkit ke daerah beban, atau diantara dua atau lebih sistem yang terakhir ini disebut juga sebagai saluran interconnection atau "tie-line"
- b. Sub transmisi., transmisi percabangan dari saluran yang tinggi ke saluran yang lebih .rendah.
- c. Distribusi , di Indonesia telah ditetapkan bahwa tegangan distribusi adalah 20 kV.

c. Diagram pengganti saluran transmisi

1) Saluran pendek

Dalam gambar 2.7. diberikan pengganti dari saluran pendek . Disini kapasitas saluran diabaikan.



Gambar 2.7 Diagram Pengganti saluran pendek

Dalam gambar 2.7.

V_s = Tegangan pada ujung kirim atau ujung generator

I_s = arus pada ujung kirim atau ujung generator

V_r = tegangan pada ujung terima atau ujung beban

I_r = arus pada ujung terima atau ujung beban

$Z = R + jX =$ impedansi saluran

Maka relasi tegangan dan arus.

$$V_S = V_R + ZI_R \dots\dots\dots(2.31)$$

$$I_S = I_R$$

Pengaturan tegangan atau “Voltage Regulation” (VR)

didefinisikan sebagai :

$$VR = \frac{|V_R(NL)| - |V_R(FL)|}{|V_R(FL)|} \times 100\% \dots\dots\dots(2.32)$$

dimana,

$V_R (NL)$ = tegangan skalar ujung beban pada beban nol (no load)

$V_R (FL)$ = tegangan skalar ujung beban pada beban penuh (full load)

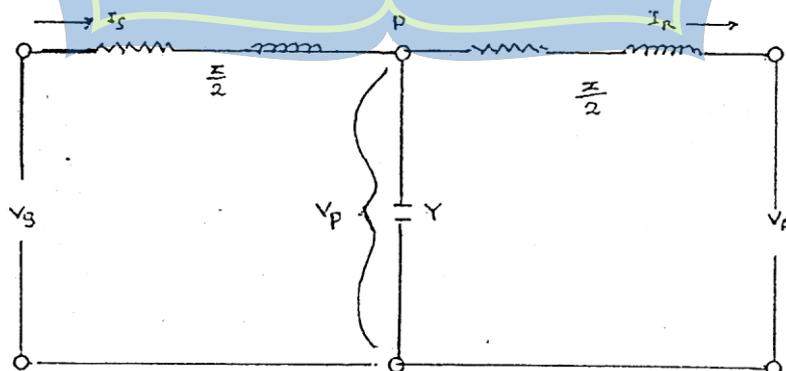
Untuk kawat pendek $|V_R(NL)| = |V_S|$ dan $|V_R(FL)| = |V_R|$, maka

$$VR (\%) = \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|} \times 100\%$$

2) Saluran menengah

Pada saluran menengah kapasitansi itu dapat dipusatkan pada satu titik (nominal T) atau pada dua titik (nominal PI).

a) Nominal T



Gambar 2.3. Diagram Pengganti Saluran Menengah Nominal T Relasi tegangan dan arus

$$V_S = V_R + I_R \frac{Z}{2} + I_S \frac{Z}{2}$$

Tetapi

$$I_S = I_R + V_p Y = I_R + (V_R + I_R \frac{Z}{2}) Y$$

$$I_S = YV_R + (1 + \frac{ZY}{2}) I_R \dots\dots\dots(2.33)$$

Maka

$$V_S = (1 + \frac{ZY}{2}) V_R (Z + \frac{Z^2 Y}{4}) I_R$$

$$I_S = YV_R + (1 + \frac{ZY}{2}) I_R$$

$$V_S = A V_R + B I_R$$

$$I_S = C V_R + D I_R$$

Dimana :

$$A = D = 1 + \frac{ZY}{2}$$

$$B = Z + \frac{Z^2 Y}{4}$$

$$C = Y$$



Gambar 2.9. Diagram Pengganti Saluran Mertengah, Nominal

Relasi tegangan dan arus :

$$V_S = V_R + I_p Z$$

tetapi $I_p = I_R + V_R \frac{Z}{2}$

jadi, $V_s = V_R + (I_R + V_R \frac{Y}{2}) Z$

$$V_s = (1 + \frac{ZY}{2}) V_R + Z I_R$$

Arus ,

$$I_s = I_p + V_s \frac{Y}{2}$$

$$I_s = I_R + V_R \frac{Y}{2} + (1 + \frac{ZY}{2}) V_R + Z I_R \frac{Y}{2}$$

$$I_s = (Y + \frac{ZY^2}{4}) V_R + (1 + \frac{ZY}{2}) I_R$$

Jadi,

$$V_s = (1 + \frac{ZY}{2}) V_R + Z I_R$$

$$I_s = (Y + \frac{ZY^2}{4}) V_R + (1 + \frac{ZY}{2}) I_R \dots\dots\dots (2.34)$$

$$V_s = A V_R + B I_R$$

$$I_s = C V_R + D I_R$$

Dimana ,

$$A = D = 1 + \frac{ZY}{2}$$

$$C = Y + \frac{ZY^2}{4}$$

$$B = Z$$

Pengaturan tegangan untuk nominal PI atau T,

$$V_{R(NL)} = \frac{V_s}{1 + \frac{ZY}{2}} ; V_{R(FL)} = V_R$$

$$VR = \frac{|V_{R(NL)}| - |V_{R(FL)}|}{|V_{R(FL)}|} \times 100\%$$

b) Saluran panjang

Untuk saluran panjang transmisi jarak jauh konstantanya didistribusikan, sehingga persamaannya menjadi

$$V_S = V_R \text{Cos h } \sqrt{ZY.1} + Z_K I_R \text{Sin h } \sqrt{ZY.1}$$

$$I_S = V_R \text{Cos h } \sqrt{ZY.1} + V_K / I_R \text{Sin h } \sqrt{ZY.1} \dots\dots\dots(2.35)$$

Atau

$$V_R = V_S \text{Cos h } \sqrt{ZY.1} - Z_S Z_K \text{Sin h } \sqrt{ZY.1}$$

$$I_R = I_S \text{Cos h } \sqrt{ZY.1} + V_S / Z_K \text{Sin h } \sqrt{ZY.1} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana $Z_K = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$ impedansi karakteristik(2.37)

Khusus penggunaan ekivalen rangkaian PI dan I

$$V_S = V_R \text{Cos h } \sqrt{ZY.1} + Z_K I_R \text{Sin h } \sqrt{ZY.1}$$

$$I_S = I_R \text{Cos h } \sqrt{ZY.1} + V_R / Z_K \text{Sin h } \sqrt{ZY.1}$$

Ekivalen PI

$$V_S = V_R (1 + \frac{Z Y}{2}) + Z I_R \dots\dots\dots(2.38)$$

$$I_S = I_R (1 + \frac{Z Y}{2}) + Y V_R (1 + \frac{Z Y}{4}) \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana $1 + \frac{Z Y}{2} = \text{Cos h } \sqrt{ZY.1} \dots\dots\dots(2.40)$

$$Z = Z_k \text{ sin h } \sqrt{ZY.1} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$\frac{Y}{2} = \frac{\text{cos } \sqrt{ZY.1} - 1}{Z_k \text{ sin h } \sqrt{ZY.1}} \dots\dots\dots(2.42)$$

Ekivalen T

$$V_S : V_R (1 + \frac{Z'' Y''}{2}) + Y'' V_R = (1 + \frac{Z'' Y''}{4}) \dots\dots\dots(2.43)$$

$$I_S : I_R (1 + \frac{Z'' Y''}{2}) + Y'' V_R \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana

$$\frac{Z''}{2} = \frac{Z_1 \tan \frac{\sqrt{ZY} 1}{2}}{2 \frac{\sqrt{ZY}}{2} 1} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$Y'' = Y_1 \frac{\sinh \sqrt{ZY} 1}{h \sqrt{ZY} 1} \dots\dots\dots(2.46)$$

d. Diagram lingkaran daya

Dalam kompleks didefinisikan sebagai :

$$S = V \hat{I} = P + j Q \dots\dots\dots(2.47)$$

Dengan pengertian :

+ Q = daya reaktif induktif

- Q = daya reaktif kapasitif

Persamaan tegangan : $V_S = A V_R + B I_R$

$$\text{Jadi } \hat{I}_R = \frac{V_S}{B} - \frac{A}{B} V_R$$

$$\text{Jadi } \hat{I}_R = \frac{\hat{V}_S}{B} - \frac{\hat{A}}{B} \hat{V}_R$$

Daya pada ujung beban:

$$S_R = V_R \hat{I}_R = P_R + j Q_R$$

Maka

$$S_R = - \frac{\hat{V}_S}{B} |V_R|^2 - \frac{\hat{V}_S V_R}{B} \dots\dots\dots(2.48)$$

Daya pada ujung kirim :

$$V_R = D V_S - B I_S$$

$$I_S = - \frac{V_R}{B} + \frac{D}{B} V_S$$

$$S_S = V_S \hat{I}_S = P_S + j Q_S$$

Maka :

$$S_S = \frac{\hat{D}}{B} |V_S|^2 - \frac{V_R \hat{V}_S}{B} \dots \dots \dots (2.49)$$

1) Diagram lingkaran daya pada ujung beban

Misalkan :

$$V_R = |V_R| \angle 0^\circ$$

$$V_S = |V_S| \angle \delta^\circ$$

$$V_S = |V_S| \angle -\delta^\circ$$

Jadi persamaan (2.46) :

$$S_R = -\frac{\hat{A}}{B} + |V_R|^2 + \frac{|V_S| |V_R|}{B} \angle -\delta^\circ \dots \dots \dots (2.50)$$

Pusat Lingkaran :

$$H_R = -\frac{\hat{A}}{B} + |V_R|^2 \dots \dots \dots (2.51)$$

Radius lingkaran :

$$|V_R| = \frac{|V_S| |V_R|}{|B|}$$

Bila

$$A = |A| \angle \alpha$$

$$B = |B| \angle \beta$$

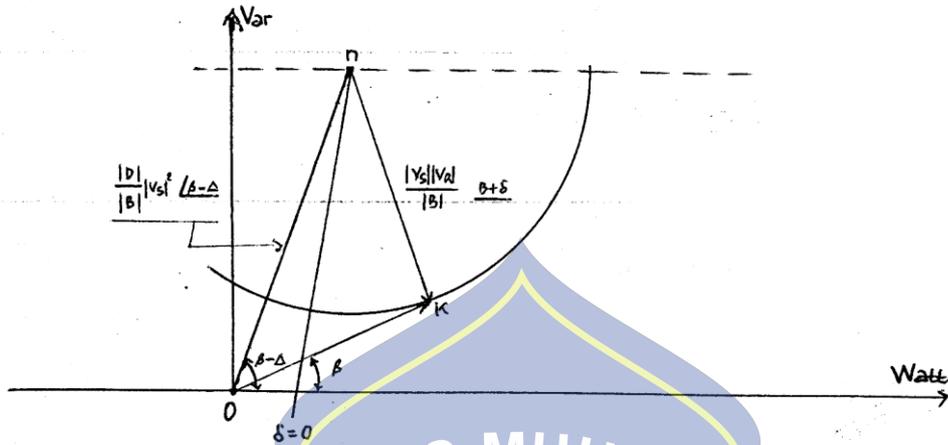
$$D = |D|$$

Maka :

$$S_R = \frac{|A|}{|B|} |V_R|^2 \angle \beta - \alpha + \frac{|V_S| |V_R|}{|B|} \angle \beta - \delta \dots \dots \dots (2.53)$$

Koordinat dari Pusat lingkaran :

$$\text{Horizontal} : -\frac{|A|}{|B|} |V_R|^2 \text{ Cos } (\beta - \alpha) \text{ watt}$$



Gambar 2.11 Diagram lingkaran daya pada ujung kirim

e. Hilang daya (rugi) transmisi

Hilang daya (rugi) transmisi terdiri dari rugi tahanan hilang korona dan hilang kebocoran (leakage loss). Untuk saluran pendek, hilang daya utama adalah rugi tahanan. Untuk saluran transmisi jarak jauh, rugi transmisi dinyatakan oleh :

$$P_T = P_S - P_R$$

4. Stabilitas Sistem Transmisi

Kemampuan saluran transmisi untuk menyalurkan tenaga listrik secara kontinu dalam keadaan beban yang konstan ataupun yang berubah sedikit demi sedikit (tidak mendadak) dinamakan stabilitas keadaan tetap (steady-state) dari saluran tersebut . Kemampuan saluran transmisi untuk kembali seimbang bila tiba-tiba terganggu dalam keadaan tetap dinamakan stabilitas keadaan peralihan (transient-state) saluran tersebut - Daya transmisi dimana stabilitas dapat

dipertahankan untuk kedua keadaan diatas berturut-turut dinamakan batas daya peralihan

Dalam- keadaan -mantap -(steady-state) harga maksimum teoritis dari (31) = 90°. Tetapi dalam praktek β1 harus dibatasi antara 20° sampai 30° . Hal ini dilakukan untuk menjaga stabilitas saluran

$$\beta_1 = 2\pi f \sqrt{LC} \quad \dots\dots\dots(2.57)$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 300.000 \text{ km/detik}$$

Harga (31) sering disebut sebagai panjang elektrik dari saluran. . Jadi bila β1= 90° = 1,57 radian., maka :

$$l = \frac{1,57 \times 300.000}{2\pi f}$$

Bila :

$$f = 50 \text{ Hz} \quad : \quad l = 1.500 \text{ km}$$

$$f > 25 \text{ Hz} \quad : \quad l = 3.000 \text{ km}$$

$$f = 0 \text{ (DC)} \quad : \quad l = \sim$$

Dalam praktek, panjang saluran dibatassi oleh :

$$\beta_1 = 30^\circ = 0,523 \text{ radian}$$

Jadi

$$l = \frac{0,523 \times 300.000}{2\pi f}$$

$$l = 500 \text{ km untuk } f = 50 \text{ hz}$$

$$l = 1.000 \text{ km untuk } f = 25 \text{ Hz}$$

$$l = \sim \text{ untuk } f = 0 \text{ (DC)}$$

Jadi jelas kelihatan bahwa transmisi bolak-balik terbatas panjangnya, - sedang transmisi arus searah tidak. Bila panjang elektrik saluran transmisi itu lebih besar dari 30° maka harus diadakan kompensasi.

5. Kapasitas Saluran Transmisi

Kapasitas saluran transmisi jarak dekat dibatasi oleh besarnya arus yang dapat disalurkan dengan aman dan olah jatuh tegangannya. Untuk saluran transmisi jarak jauh kapasitasnya harus dihitung dengan menggunakan rumus-rumus daya pada titik-titik pengiriman dan penerimaan atau dengan memakai diagram lingkaran seperti diuraikan di atas. Daya maksimum yang dapat ditransmisikan bila tegangan ujung beban dan tegangan ujung kirim sama dan di bebani dengan beban karakteristik (Z_k) disebut daya karakteristik. Bila rugi-rugi diabaikan daya karakteristik tersebut disebut daya natural atau surge impedance loading (SIL) = P_N dimana $Z_k = \sqrt{z/y} \Omega$ Harga maksimum P_R diperoleh bila $|V_R| = |V_s| = |V|$ dan ujung beban ditutup dengan suatu tahanan yang sama dengan impedansi - surja dari saluran. Harga $\frac{|V|^2}{Z}$ disebut daya natural atau SIL

Jadi :

$$P_n = \frac{V^2 R}{Z_s} \text{ (MW) } \dots\dots\dots(2.59)$$

dimana untuk transmisi saluran udara

$$V_R = \text{tegangan kawat pada ujung penerimaan (kV)}$$

$$Z_0 = \text{ impedansi surja dari saluran (Ohm)}$$

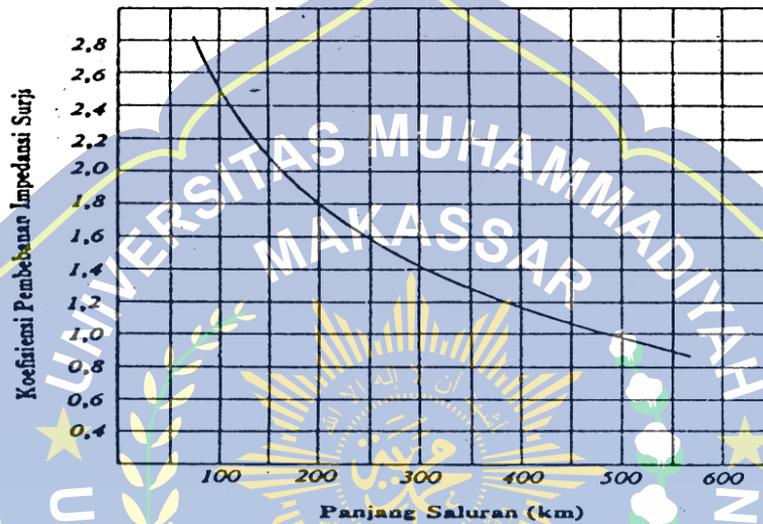
$$\approx 400 \text{ ohm}$$

Maka $P_n = 2,5 (KV_{L-L})^2 \dots\dots\dots(2.60)$

Bila rugi-rugi transmisi tidak diabaikan maka impedansi surja (Z_0) :

$$Z_0 = \sqrt{L/C} \Omega$$

$$P_R = \frac{|V|^2}{\sqrt{L/C}} \text{ KW}$$



Gambar 2.12. Koeffisien pembebanan impedansi surja

6. Kapasitas Penyaluran Arus dari Kawat Penghantar

Arus yang diperlukan (allowable current) untuk saluran transmisi udara di batasi oleh kenaikan suhu yang disebabkan oleh mengalirnya arus dalam saluran tersebut. Karena kenaikan temperatur yang berlebihan akan mempengaruhi andongan (Sag) dan juga kekuatan tarik dari kawat tersebut, Agar kenaikan temperatur tidak melebihi harga yang diijinkan (biasanya 50°), maka arus yang disalurkan oleh kawat tersebut dibatasi besarnya dan ini dinamakan kapasitas antar arus atau current carrying capacity.

Untuk kawat tanpa isolasi (bare), besar arus yang diperbolehkan dinyatakan oleh rumus :

$$I = \sqrt{\frac{\{Hw + (Hr + \frac{Ws}{\pi \phi})n\} \pi D \phi}{R}} \dots \dots \dots (2.61)$$

Dimana :

$$Hw = \frac{0,00572}{(2(273+T + \frac{\phi}{2}))^{0,123}} \sqrt{v/D} \dots \dots \dots (2.62)$$

$$Hr = 0,000576 \frac{(\frac{273+T+\phi}{100})^4 - (\frac{273+T}{100})^4}{\phi} \dots \dots \dots (2.63)$$

$$R = R_{20} \{1 + \alpha (t - 20^\circ)\}$$

$$\phi = t - T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

I = Rating termis konduktor (Amper).

Hw = Koefisien disipasi panas konveksi (W/°C-cm²).

Hr = Koefisien disipasi panas radiasi (W/°C-cm²),,

R = Tahanan Konduktor pada temperatur (Ohm/cm).

R₂₀ = Tahanan Konduktor pada 20°C (Ohm/cm).

ϕ = Kenaikan temperatur konduktor (°C).

T = Temperatur sekeliling (°C).

Ws = Energi radiasi matahari (W/cm²), diasumsi 0,1

n = Koefisien permukaan., diasumsi 0,9.

D = Diameter total konduktor (cm).

v = Kecepatan angin (m/det).

α = Koefisien temperatur tahanan (.1/°C) .

t = Temperatur konduktor (°C).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat & Waktu

Pengambilan data dalam penelitian kali ini dilakukan di jaringan transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV gardu Tello-Gardu Induk Takalar PT. PLN (Persero) Makassar . Adapun waktu pengambilan data dalam penelitian ini, dimulai pada Bulan April sampai dengan Bulan Agustus 2023.

B. Prosedur Penelitian

Dalam menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir ini, tentu harus mengikuti langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis agar dalam menganalisis aliran daya pada gardu induk sistem distribusi dapat di kerjakan dengan baik dan benar, adapun gambar *flow chart* penelitian bisa dilihat pada gambar 3.1 dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Penelitian di mulai dengan mengumpulkan data dengan cara melakukan studi literatur, wawancara, observasi dan dokumentasi.
2. Melakukan pengolahan data penelitian yang telah diperoleh dengan mengacu pada tinjauan pustaka.
3. Melakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah, salah satunya dengan membandingkan hasil pengolahan data terhadap teori sesuai standar dan ketentuan yang ada, dan menjadikan rumusan masalah serta tinjauan pustaka sebagai acuan analisa dan pembahasan.
4. Menarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan sehingga tujuan ataupun rumusan masalah dari obyek penelitian dapat terjawab.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian

C. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah cara yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara, observasi secara langsung, pengumpulan data (dokumentasi). Metode di atas akan di jelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan berbagai referensi, baik melalui buku, tugas akhir ataupun jurnal penelitian, hingga melalui internet.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan mewawancarai narasumber yang berkompeten dengan bidang yang terkait terhadap topik dari tugas akhir yang diangkat. Teknik wawancara yang penulis lakukan adalah menanyakan segala sesuatu yang tidak diketahui atau tidak jelas.

3. Observasi

Observasi yaitu peneliti melakukan pengamatan secara jelas terhadap penyebab permasalahan dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki.

4. Dokumentasi

Dokumentasi adalah metode yang dilakukan untuk mengumpulkan seluruh data yang terkait dengan hal hal penelitian. Ke semua data tersebut diperoleh dari *softcopy database* PLN .

D. Analisis Data

Dalam penelitian ini metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dan perhitungan berdasarkan teori, yaitu untuk mengetahui cara mengatasi transformator distribusi yang mengalami *overload* dalam perencanaan penambahann gardu sisipan serta mengetahui besar rugi daya pada jaringan transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV gardu Tello-Gardu Induk Takalar PT. PLN (Persero) Makassar

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Konstanta Saluran

Jaringan transmisi saluran ganda fase tiga Gardu Induk Tello - Gardu Induk Takalar, 37,39 km, 150 kV dengan menggunakan penghantar ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) . Saluran transmisi tersebut menyalurkan daya sebesar 5 MW dan tegangan sebesar 142,2 kV - Frekuensi 50 Hz . Data tersebut diperoleh berdasarkan kondisi puncak tertinggi 25-31 Oktober 2022

Berdasarkan batasan masalah bahwa sistem kawat transmisi yang dipergunakan adalah kawat berkas Dupleks dengan konfigurasi jaringan adalah Double circuit dengan kawat tanah



Gambar 3.1 Konfigurasi Saluran ganda

Data jarak (lampiran 1):

$$D_{ab} = D_{bc} = D_{de} = D_{ef} = 4,5 \text{ m}$$

$$D_{ac} = D_{df} = 9 \text{ m}$$

$$D_{ad} = D_{cf} = 11,52 \text{ m}$$

$$D_{ae} = D_{bd} = D_{bf} = D_{ce} = D = 8,49 \text{ m}$$

$$D_{cd} = D_{be} = D_{af} = 7,2 \text{ m}$$

Deg = GMD (Geometric Mean Distance) antara phasa dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Deg} &= 12 \sqrt{D_{ab}D_{ac}D_{ae}D_{af}D_{bc}D_{bd}D_{bf}D_{cd}D_{ce}D_{df}D_{ef}} \\ &= 12 \sqrt{(4,5)^4 \times (9)^2 \times (8,49)^4 \times (7,2)^2} \\ &= 7,749 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dari Tabel A₃ Teknik Tenaga Listrik jilid II DR- Arismunandar dan RB . S. Kuwahara 5 untuk luas penampang 430 mm², urat kawat 54/7, didapat (lampiran 9)

$$\text{Diameter Luar} = 2,33 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Resistansi} = 0,0669 \Omega/\text{km}$$

$$\text{Jari-jari (r)} = 1/2 \text{ diameter luar}$$

$$r = 1/2 \times 2,38 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$r = 1,19 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$r = 0,0119 \text{ m}$$

Geometric Mean Radius (GMR) atau D_s^bL untuk saluran transmisi sistem blunded konduktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$D_s^b L = D_s^b \times D_s^p \text{ meter}$$

dimana :

$$D_s^b = \sqrt{d_s \times d}$$

$$= \sqrt{1,19 \times 10^{-2} \times 0,4}$$

$$= 0,069 \text{ m}$$

$$D_s^p = 3 \sqrt{D_{ad} \times D_{be} \times D_{cf} \text{ meter}}$$

$$\text{Pada posisi a-d} = \text{c-f} = \sqrt{11,52 \times 0,0683} = 0,887 \text{ m}$$

Pada posisi b-e = $\sqrt{7,2 \times 0,0683} = 0,7 \text{ m}$

maka :

$$Ds^d = 3 \sqrt{(0,887)^2 \times 0,7}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Ds^b L &= Ds^b \times Ds^p \\ &= 0,0863 \times 0,82 \\ &= 0,056 \text{ meter} \end{aligned}$$

B. Resistansi (R)

Besar resistansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = P \frac{1}{A} \times 1,02 \Omega / \text{km/konduktor}$$

Dimana

l = jarak GI Tello-GI Makassar

$$\begin{aligned} &= 37,39 \text{ km} \\ &= 37,39 \cdot 10^5 \text{ cm} \end{aligned}$$

P = resistansi 30° C

$$= 3,17 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ cm}$$

A = luas penampang Al

$$\begin{aligned} &= 434,3 \text{ mm}^2 \\ &= 434,3 \cdot 10^{-2} \text{ cm} \end{aligned}$$

1,02 = faktor koreksi kawat pilem

$$R_{dc} = \frac{3,17 \cdot 10^{-6} \times 37,39 \cdot 10^5 \times 1,02}{434,3 \cdot 10^{-2}}$$

$$= 2,784 \Omega$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T+T_2}{T+t_1}$$

Dimana

$$R_1 = R_{dc} = 2,784 \Omega$$

$$T = 228^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 30^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } R_2 &= \frac{R_1(T+t_2)}{T+t_1} \\ &= \frac{2,784(228+30)}{228} \\ &= 3,074 \Omega \end{aligned}$$

karena penghantar berkas dupleks. terdapat 2 sub konduktor maka :

$$\begin{aligned} R_T &= 1/2 \times R_2 \\ &= 1/2 \times 3,074 \\ &= 1,537 \Omega \end{aligned}$$

C. Induktansi (L)

Perhitungan induksi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L &= 4,6052 \times 10^{-2} \log \frac{Deq}{D_s b L} \text{ H/m} \\ &= 4,6052 \times 10^{-2} \log \frac{6,749}{0,056} \times 37,39 \cdot 10^3 \\ &= 0,036 \text{ H} \end{aligned}$$

Reaktansi induktif

$$\begin{aligned} X_L &= 0,14467 \log \frac{Deq}{D_s b L} \Omega/\text{km} \\ X_L &= 0,14467 \log \frac{6,749}{0,056} \times 37,39 \end{aligned}$$

$$= 11,52 \Omega$$

D. Kapasitansi

Perhitungan kapasitansi dapat ditentukan dengan persamaan reaktansi kapasitif :

$$XC = 0,1317 \log \frac{Deq}{Ds^b C} M\Omega. km$$

berdasarkan persamaan 2-20 reaktansi kapasitif dinyatakan dengan ;

$$Ds^b C = Ds^b \times Ds^p \text{ meter}$$

Dimana

$$\begin{aligned} Ds^b &= \sqrt{r \times d} \\ &= \sqrt{0,0144 \times 0,4} \\ &= 0,0576 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Ds^p = 3 \sqrt{Dad \times Dbe \times Dcf}$$

$$\text{Pads posisi : } a-d = c-f = \sqrt{11,52 \times 0,0576} = 0,814 \text{ m}$$

$$\text{Pada posisi : } b-e = \sqrt{7,2 \times 0,576} = 0,644 \text{ m}$$

Maka

$$\begin{aligned} Ds^p &= 3 \sqrt{(0,814)^2 \times 0,644} \\ &= 0,753 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga :

$$Ds^b C = 0,50576 \times 0,753$$

$$= 0,0434 \text{ m}$$

Maka

$$XC = 0,1317 \log \frac{Deq}{Ds^bC} \text{ M}\Omega\text{-km}$$

$$XC = 0,1317 \log \frac{6,74}{0,0434}$$

$$= 0,2836 \text{ M}\Omega\text{-km}$$

maka nilai admitansi jaringan (Y)

$$Y = \frac{1}{XC} \times 37,39$$

$$XC = \frac{1}{0,2886 \cdot 10^{-6}} \times 37,39$$

$$= 0,295 \cdot 10^4 \text{ mho}$$

sehingga kapasitansi jaringan (C)

$$C_1 = \frac{1,295 \cdot 10^{-4}}{2\pi f}$$

$$= 4,12 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$

maka resistansi kapasitor total jaringan

$$XC = \frac{1}{2\pi F.C}$$

$$= 7729,837 \text{ }\Omega$$

E. Impedansi seri jaringan

$$Z = R + JXL$$

$$= 1,577. + J 11,25$$

$$= 11,35 / 32,2^\circ \Omega$$

F. Perhitungan jaringan

Berdasarkan data yang diperoleh pada kondisi beban puncak tertinggi 25-31 Oktober 1998 (lampiran 10)

Daya pada ujung beban :

$$P_R = 5 \text{ MW}$$

$$Q_R = 0 \text{ MVar}$$

$$S_R = P_R + jQ_R \\ = 2 \text{ MVA}$$

Faktor daya ujung beban :

$$P_R = S_R \cos Q_R$$

$$\cos Q_R = \frac{P_R}{S_R}$$

$$= \frac{5}{5}$$

$$= 1$$

$$Q_R = 0^\circ$$

Tegangan ujung beban :

$$V_R = 142,2 \text{ kV (L-L)}$$

$$= 82,09 \text{ kV (L-N)}$$

Arus pada ujung beban :

$$I_R = \frac{P_R}{\sqrt{3} |V_R| \cos Q_R} \angle - \text{Arc Cos Pf}$$

$$= \frac{5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 142,2 \cdot 1} \angle - \text{Arc Cos 1}$$

$$= 20,3 \angle 0^\circ$$

Tegangan pada ujung kirim

$$V_S = A V_R - B I_R$$

$$I_S = C V_R - D I_R$$

Dimana

$$A = D \cosh \sqrt{ZY} \mathbf{1}$$

$$A = D \sinh \sqrt{ZY} \mathbf{1}$$

$$C = \frac{1}{Zk} \sinh \sqrt{ZY} \mathbf{1}$$

$$Zk = \sqrt{\frac{ZY}{Y} \mathbf{1}} = \sqrt{\frac{11,35 \angle 82,2^\circ}{1,295 \cdot 10^{-4} \angle 90^\circ}}$$

$$\sqrt{ZY} \mathbf{1} = \sqrt{11,35 \angle 82,2^\circ \times 1,295 \cdot 10^{-4} \angle 90^\circ}$$

$$= 0,0383 \angle 86,1^\circ$$

$$= 2,605 \cdot 10^{-3} + j 0,0382$$

$$\cosh \sqrt{ZY} \mathbf{1}$$

$$= \cosh 2,605 \cdot 10^{-3} \times \cosh 0,383 + \sinh 2,605 \cdot 10^{-3} + \sinh 0,0382$$

$$= 1 + j 2,605 \cdot 10^{-3} \times 0,03817$$

$$= 1 + j 9,943 \cdot 10^{-5}$$

$$= 1 \angle 0^\circ$$

$$\sinh \sqrt{ZY} \mathbf{1}$$

$$= \cosh 2,605 \cdot 10^{-3} \times \cosh 0,383 + \sinh 2,605 \cdot 10^{-3} + \sinh 0,0382$$

$$= 2,605 \cdot 10^{-3} + j 0,0382$$

$$= 0,0382 \angle 86,0382^\circ$$

$$= 1 \angle 0^\circ$$

Maka tegangan dan arus pada ujung pengiriman :

$$\begin{aligned}
 V_S &= V_R \cosh \sqrt{ZY} + I_R Z \sinh \sqrt{ZY} \\
 &= 142,2 \cdot 10^3 \times 1 + 20,3 \times 296,05 \angle -3,9^\circ \times 0,0382 \angle 86,098^\circ \\
 &= 142,2 \cdot 10^3 \times 229,57 \angle 82,198^\circ \\
 &= 142,2 \cdot 10^3 \times 31,164 + j 227,4 \\
 &= 142,2 \cdot 10^3 \times j 227,4 \\
 &= 142,231 \angle 009^\circ \text{ kV} \\
 &= 142,16 \angle -1,023 \text{ kV} \\
 I_S &= \frac{V_R \sinh \sqrt{ZY}}{Zk} + I_R \cosh \sqrt{ZY} \\
 &= \frac{142,2 \cdot 10^3 \times 0,0382 \angle 86,098^\circ}{295,05 \angle -3,9^\circ} + 20,3 \\
 &= 18,34 \angle 90^\circ + 20,3 \\
 &= 20,3 + j 18,34 \\
 &= 27,35 \angle 42,096^\circ \\
 Q_S &= 0,09^\circ \angle 42,096^\circ \\
 &= -42^\circ \\
 \cos Q_S &= 0,74
 \end{aligned}$$

Maka daya ujung kirim :

$$\begin{aligned}
 P_S &= \sqrt{3} |V_S| |I_S| \cos Q_s \\
 &= \sqrt{3 \times 142,2331 \times 27,35 \times 0,74} \\
 &= 5,009 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

G. Hilang daya tahanan

$$P_t = 3 R_l (I^2 - I I_c \sin Q_R + 1/3 I_c^2)$$

Dimana

P_t = hilang daya tahanan (W)

R = tahanan kawat per phasa (Ω/km)

L = panjang saluran (km)

$\cos Q_r$ = faktor daya

I = arus beban (amper)

I_c = arus pemuat pada titik pengiriman (A)

$$= W \times C \times V \text{ (A/km)}$$

Dimana :

$$W = 2\pi f$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50$$

$$= 314$$

V = teg line to line (kV)

$$= 142,231 \text{ (kV)}$$

C = kapasitas dari konduktor (F/m/Phasa)

Dari hasil perhitungan konstanta rangkaian saluran transmisi didapatkan :

$$C = 4,12^{-7} \text{ F/penghantar}$$

$$= 1,1035 \cdot 10^{-8} \text{ F/km/penghantar}$$

Maka

$$I_c = 314 \times 1,103 \times 10^{-8} \times 142,231$$

$$= 0,493 \text{ A/km}$$

Arus beban :

$$I = 27,35 - 42,096^\circ$$

$$Q_R = 42,096^\circ$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_t &= 3 R_1 (I^2 - I I_c \sin Q_R + 1/3 I_c^2) \\ &= 3 \cdot 0,0669 ((27,35)^2 - 27,35 \times 0,393 \times \sin 42,096 + \frac{(0,393)^2}{3}) \\ &= 148,329 \text{ W/km} \end{aligned}$$

Jadi rugi total :

$$\begin{aligned} P_t &= 148,329 \times 37,39 \\ &= 5546 \text{ W} \\ &= 0,0055 \text{ MW} \end{aligned}$$

H. Perhitungan rugi untuk daya korona

$$P_K = \frac{A}{\delta} (f + 25) r^2 (V_g - m \delta v^1_{go}) 10^{-2} \text{ kW/km-1 kawat}$$

Dimana :

$$V^1_{go} = 21,1 \text{ kV/cm}$$

$$A = 0,375$$

f = frekuensi sumber tenaga

$$m = m_0 m_1$$

vg = gradient tegangan untuk permukaan kawat

$$\begin{aligned} &= \frac{0,4343 \cdot V_d (1+2r/Deq)}{2r \log \sqrt{Deq/r}} \\ &= \frac{0,4343 \cdot 142,231 (1+2 \cdot 1,44/674,9)}{2 \cdot 1,44 \log \sqrt{6,749/1,44}} \end{aligned}$$

$$= 16,1 \text{ kV}$$

δ = kerapatan udara relatif

$$= \frac{0,386 \cdot b}{273+t}$$

Dimana :

b = tekanan udara (mHg)

$$= 760 \text{ mmHg}$$

t = suhu udara ($^{\circ}\text{C}$)

maka

$$\delta = \frac{0,386 \cdot 760}{273+30}$$

$$= 0,968$$

Dan

$$P^k = \frac{0,375}{0,968} (50 + 25) (1,44)^2 (16,1 - 0,85 \times 0,8 \times 0,968 \times 21,1) 10^{-2t}$$

$$= 1,332 \text{ kW/km}^{-1} \text{ kawat}$$

Sehingga :

$$P^k = 2 \times 3 \times 1,332 \times 37,39$$

$$= 298 \text{ kW}$$

$$= 0,298 \text{ MW}$$

I. Perhitungan Efisiensi

Berdasarkan persamaan 2.7 efisiensi jaringan dinyatakan dengan :

$$N = \frac{P_R}{P_S} \times 100\%$$

$$= \frac{P_R}{P_R + P_T} \times 100\%$$

Dimana

P_R = daya ujung beban

P_T = rugi total jaringan

$$P_T = P_t + P_k$$

$$= 0,0055 + 0,298$$

$$= 0,3035$$

Dimana :

$$n = \frac{5}{5+0,3035} \times 100\%$$

$$= 94,28\%$$

J. Regulasi Tegangan

Untuk regulasi tegangan transmisi saluran pendek adalah sangat kecil atau tidak berarti ,, (hanya beberapa persen saja)

$$\begin{aligned} V_R &= \frac{VS/A - VR}{V_R} \times 100\% \\ &= \frac{142,231/1 - 142,2}{142,2} \times 100\% \\ &= 0,02\% \end{aligned}$$

K. Kapasitas Saluran Transmisi

Sebagaimana persamaan (2-56) kapasitas saluran transmisi adalah :

$$\begin{aligned} P_R &= \frac{|V|^2}{Z_0} \text{ mW} \\ &= \frac{(142,231)^2}{Z_0} \end{aligned}$$

Dimana

V = tegangan line to line

$$= 142,231 \text{ kV}$$

Zo = impedansi

$$= \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$= 296,5 \Omega$$

fk = faktor koreksi = 3,6

maka

$$P_R = \frac{(142,231)^2}{296,5}$$

$$= 68,43 \times 3,6$$

$$= 246,34 \text{ MW}$$

L. Kapasitas hantar arus

$$I = \sqrt{\frac{(HW + (Hr + \frac{WS}{\pi \emptyset} n) \pi D \emptyset)}{R}}$$

Dimana

$$HW = \frac{0,00572}{2(273+T+\frac{\emptyset}{2})} \sqrt{\frac{p}{V \frac{D}{\emptyset}}}$$

$$Hr = 0,000576 \frac{\left(\frac{(273+T+\emptyset)}{100}\right)^4 - \left(\frac{(273+T+\emptyset)}{100}\right)^4}{Q}$$

$$R = R_{20} (1 + \alpha_{20} (t - 20))$$

$$\emptyset = t - T (^{\circ}\text{C})$$

$$t = 90^{\circ}\text{C}$$

$$T = 30^{\circ}\text{C}$$

$$A_{20} = 4,03 \times 10^{-3} / ^{\circ}\text{C}$$

$$V = 33,5 / \text{detik}$$

$$D = 2,88 \text{ cm}$$

$$WS = 0,1 \text{ (W/cm}^2\text{)}$$

Untuk ACSR suhu penyaluran optimum yang diambil adalah 90° C batas toleransi suhu maksimum 100°C suhu keliling pada saluran transmisi adalah 30°C maka :

$$\Delta = (90-30)$$

$$= 60^\circ\text{C}$$

$$HW = \frac{0,000572}{2(273+30+\frac{60}{2})} \sqrt{\frac{D}{33,5}} \\ = 0,048$$

$$Hr = 0,000576 \times \frac{\left(\frac{273+30+60}{100}\right)^4 - \left(\frac{273+30+30}{100}\right)^4}{60} \\ = 0,000576 \times \frac{(173,63-84,29)}{60} \\ = 8,577 \cdot 10^{-4} \text{ (W}^\circ\text{C cm}^2\text{)}$$

$$n = 0,9$$

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{L}{A} \\ = 2,83 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{10^{-5}}{344,310^{-2}} \\ = 0,0657 \Omega/\text{cm}$$

$$R = R_{20} (1 + \alpha_{20} (90 - 20))$$

$$= 0,0651 (1 + 4,03 \cdot 10^{-3} (70))$$

$$= 0,835 \cdot 10^{-6} \Omega/\text{cm}$$

$$= 0,0835 \cdot \Omega/\text{cm}$$

M. Diagram Lingkaran Daya

1. Daya ujung beban

Daya ujung beban untuk persamaan

$$SR = -\frac{|A|}{|B|} |VR|^2 \angle \beta - \alpha + \frac{|VS||VR|}{|B|} \angle \beta - \alpha$$

Dimana

$$VR = |VR| \angle 0^\circ$$

$$VS = |VS| \angle \delta$$

$$\widehat{VS} = |VS| \angle -\delta$$

$$A = |A| \angle \alpha = 1 \angle 0$$

$$B = |B| \angle B = 11,31 \angle 82,2$$

$$C = |C| \angle A = 0 \angle 0$$

Maka

$$\begin{aligned} SR &= -\frac{1}{11,31} (142,2)^2 \angle 82,2 + \frac{142,231 \times 142,2}{11,31} \angle 82,2 \\ &= -1787,87 \angle 82,2 + 1788,26 \angle 82,2 \end{aligned}$$

Titik pusat lingkaran

$$\text{Horizontal} = -1788 \cos 82,2$$

$$= -242,65 \text{ MW}$$

$$\text{Vertikal} = -1789 \sin 82,2$$

$$= -1753,60 \text{ MVar}$$

$$\text{Radius lingkaran} = 1788,26 \text{ MVA}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari analisis penghantar aluminium conductor steel reinforced terhadap aliran daya saluran tegangan tinggi 150 kv pada aliran daya laluran transmisi GI Tello -GI Takalar yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

Untuk

Daya ujung beban $(P_R) = 5 \text{ MW}$

Tegangan ujung beban $(V_R) = 142,2 \text{ KV}$

Arus ujung beban $(I_R) = 20,3 \text{ A}$

Faktor daya ujung beban $(P_f) = 1$

Menghasilkan tegangan dan daya pada ujung kirim

Daya ujung kirim $(P_S) = 5,006 \text{ MW}$

Tegangan ujung kirim $(Q_S) = 142,231 \text{ KV}$

Arus ujung kirim $(I_S) = 27,35 \text{ A}$

Faktor daya ujung kirim $(P_f) = 0,74$

Dan

Regulasi Tegangan $= 0,02\%$

Efisiensi jaringan $(n) = 94,28 \%$

KHA Penghantar $= 1982,7 \text{ A}$

Kapasitas saluran transmisi $= 246,34 \text{ MW}$

Saran

- Terhadap aliran daya pada jaringan transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV gardu Tello-Gardu Induk Takalar diperlukan dalam upaya mendapatkan pembangunan saluran transmisi yang andal dan ekonomis.
- Untuk maksud tersebut diatas., maka langkah yang di tempuh adalah melakukan pemilihan tegangan kerja dan pemilihan komponen utama saluran transmisi.
- Besar daya yang hendak dikirim dan diterima tegangan disisi pengirim dan penerima, besar arus dan efisiensi sistem pada jaringan saluran udara 150 kV Tello - Takalar



DAFTAR PUSTAKA

- A. Kuwahara, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II, PT. Pradya Paramita, 2021
- A. Sutandin., *Transmisi Daya Listrik*, Jurusan Elektroteknik., Fakultas Teknologi Industri., Institut Technology Bandung, 2020
- B. Kuwahara, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II, PT. Pradya Paramita, 2021
- Biro Klasifikasi Indonesia, "*peraturan instalasi listrik*", Jakarta : Kantor Pusat 2021.
- Jeremi. r., *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta, Edisi IV, 2021
- Panitia Revisi PUIL UPI, "*PERATURAN UMUM INSTALASI LISTRIK INDONESIA*", Jakarta: 2020
- ME. Van Valkenburg., Ir. SH. Nasution, *An lisis Jaringan Listrik*, Erlangga.
- Muhaimin, *Instalasi Listrik*, Pusat Pengembangan ITB Bandung., 2021.
- Harten, Van., Setiawan, P, E, Ir., *Instalasi Listrik Arus Kuat I, II, III*, Bina Cipta, Bandung, 2021.
- Hutauruk, T.S. 2021. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- LIPI, *Peraturan Umum Instalasi Listrik*, Indonesia 2020.
- Kimbark, *Power System Stability*, 2022=0
- Pabla, A, S., Abdul Hadi, Ir., *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Bandung, 2021.
- Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000*, cetakan kedua, Yayasan PUIL, Jakarta 2020
- Zuhal, *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, ITB, Bandung, 1991.

L

A

M

P

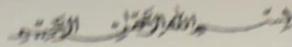
I

R

A

N





SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
 Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Mustakin/Hartono
 NIM : 105821102717/105821110516
 Program Studi : Teknik Elektro
 Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	0 %	10 %
2	Bab 2	13 %	5 %
3	Bab 3	5 %	16 %
4	Bab 4	4 %	10 %
5	Bab 5	0 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipertanggungjawabkan seperlunya.

Makassar, 15 Juli 2023

Mengetahui

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,

Drs. H. M. H. M. P.
 NIM. 704 591

BAB I MUSTAKIM/HARTONO
105821102717/105821110516

by Tahap Tutup

Submission date: 18-Jul-2023 01:26PM (UTC+0700)

Submission ID: 2132987015

File name: BAB_I_8.docx (16.61K)

Word count: 423

Character count: 2562

BAB I MUSTAKIM/HARTONO 105821102717/105821110516

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX



INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



1

library.polmed.ac.id
Internet Source

3%

2

docplayer.info
Internet Source

2%

3

Repository.unissula.ac.id
Internet Source

2%

Exclude sources

Exclude bibliography



BAB II MUSTAKIM/HARTONO
105821102717/105821110516

by Tahap Tutup

Submission date: 15-Jul-2023 02:42PM (UTC+0700)

Submission ID: 2131387319

File name: BAB_II_3.docx (270.27K)

Word count: 2669

Character count: 15305

ORIGINALITY REPORT

13%

SIMILARITY INDEX



0%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Rank	Source	Similarity Index
1	fr.scribd.com Internet Source	6%
2	servisekomputer73.blogspot.com Internet Source	2%
3	docplayer.info Internet Source	2%
4	idoc.pub Internet Source	2%
5	www.psychologymania.com Internet Source	2%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches



BAB III MUSTAKIM/HARTONO
1058211027177/105821110516

by Tahap Tutup

Submission date: 19-Jul-2023 09:05PM (UTC+0700)

Submission ID: 2133570915

File name: 244_BAB_III.docx (55.93K)

Word count: 354

Character count: 2125

LAB III MUSTAKIM/HARTONO 105821102717/105821110516

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX



INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



core.ac.uk

Internet Source

3%



fr.slideshare.net

Internet Source

2%



BAB IV MUSTAKIM/HARTONO
105821102717/105821110516

by Tahap Tutup

Submission date: 15-Jul-2023 02:44PM (UTC+0700)

Submission ID: 2131387646

File name: BAB_IV_2.docx (277.18K)

Word count: 910

Character count: 3763

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX



0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



archive.org
Internet Source

4%

Exclude quotes On

On

Exclude matches - 2%

Exclude bibliography On

On



BAB V MUSTAKIM/HARTONO
105821102717/105821110516



Submission date: 15-JUL-2023 02:45PM (UTC+0700)

Submission ID: 2131387711

File name: BAB_V_3.docx (15.39K)

Word count: 233

Character count: 1322

BAB V MUSTAKIM/HARTONO 105821102717/105821110516

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX



0%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



repository.uin-suska.ac.id
Internet Source

5%

Exclude quotes On

Or

Exclude matches

2%

Exclude bibliography On

