

# **PENGARUH KAPASITOR SERI TERHADAP RELE JARAK PADA SALURAN TRANSMISI**

**TUGAS AKHIR**  
Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana



Oleh :  
**MANTO PURBA**  
NIM : 99 812 0058



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2005**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

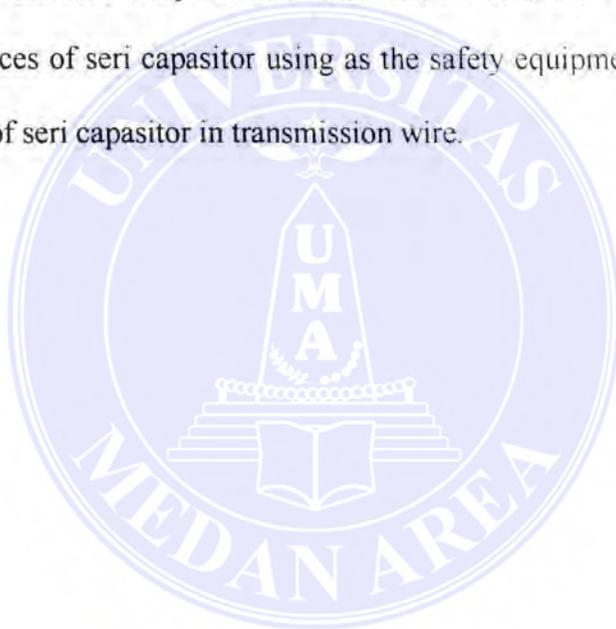
Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

## RINGKASAN

Penyaluran sumber energi ke konsumen melalui Transmisi sangatlah perlu diperhatikan penggunaan dan keamanannya. Untuk saluran transmisi jarak jauh dengan tegangan tinggi membutuhkan peralatan kompensasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengontrol tegangan kerja disetiap titik sepanjang saluran, mengurangi kerugian saluran, menaikkan batas stabilitas statis saluran dan untuk menaikkan kapasitas penyaluran. Salah satu alat kompensasi tersebut adalah dengan menggunakan kapasitor seri yang pada umumnya dipergunakan pada saluran yang panjang, dan sebagai pengamanan sistem pada saluran transmisi dipasang relai jarak. Dalam Tugas akhir ini penulis berusaha menguraikan berbagai pengaruh kapasitor seri terhadap pemakaian alat pengaman relay jarak dengan beberapa penempatan kapasitor seri pada saluran transmisi.

Usage and safety in leading source to costumer through transmission is very important. For transmission wire distance relay with high voltage needs compensation equipment. It is made in order to control voltage in every point of wire, reduce suffer of loss, speed up limit static stability and leading capacity. One of the compensation equipment is use seri capasitor as system safety in transmission wire use distance relay. In this final home work, the writer try to analyze many inflerences of seri capasitor using as the safety equipment distance relay with placement of seri capasitor in transmission wire.



## DAFTAR ISI

	Hal
RINGKASAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	v
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Umum .....	1
1.2. Latar Belakang Permasalahan.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penulisan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II PENGGUNAAN KAPASITOR SERI PADA</b>	
<b>SALURAN TRANSMISI.....</b>	<b>6</b>
2.1. Umum.....	6
2.2. Saluran Transmisi.....	7
2.3. Kapasitor Seri.....	14
2.3.1. Pengaruh Kapasitor seri Terhadap Tegangan.....	15
2.3.2. Pengaruh Kapasitor Seri Terhadap Penyaluran Daya.....	17
2.4. Susunan Kapasitor Seri.....	19
<b>BAB III PENGGUNAAN RELE JARAK PADA SALURAN</b>	

UNIVERSITAS MEDAN AREA..... 20

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Umum..... 20

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran Transmisi	22
3.2. Rele Jarak (Distance Relay)	22
3.3. Prinsip Kerja Rele Jarak	23
3.4. Jenis-jenis Rele Jarak	26
3.4.1. Impedansi Rele Jarak Tipe Magnetik	26
3.4.2. Impedansi Rele Jarak Tipe Induksi	29
3.4.3. Rele Reaktansi	30
3.4.4. Rele Mho	32
3.5. Penyetelan Rele Jarak	33
<b>BAB IV</b> <b>PENGARUH KAPASITOR SERI TERHADAP RELE JARAK</b>	
<b>PADA SALURAN TRANSMISI</b>	<b>35</b>
4.1. Sebelum dan Sesudah Pemasangan kapasitor Seri	36
4.2. Penempatan Kapasitor Seri Pada Ujung Pengirim Saluran Transmisi	36
4.3. Penempatan Kapasitor Seri Pada Titik Tengah Saluran Transmisi	39
4.4. Penempatan Kapasitor Seri Pada Ujung Penerima Saluran Transmisi	40
<b>BAB V</b> <b>KESIMPULAN</b>	<b>43</b>
<b>SARAN</b>	<b>45</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>46</b>

## PENDAHULUAN

### I.1 Umum

Sejalan dengan perkembangan pembangunan dan peningkatan ekonomi sosial, maka masalah kelistrikan mengalami masa perkembangan yang cukup pesat. Bagaimanapun menemukan sumber energi yang baru atau menyediakan energi yang baru atau menyediakan energi dimana saja diperlukan, dan mengubah energi dari suatu bentuk ke bentuk lain serta menggunakannya tanpa menimbulkan pencemaran yang akan merusak lingkungan hidup adalah beberapa tantangan besar yang dihadapi dunia pada masa kini.

Untuk memenuhi semua kebutuhan dan tantangan yang disebutkan di atas, maka perkembangan teknik dewasa ini, dimana pembangkitan tenaga listrik perlu diperhatikan dan ditingkatkan mutunya, karena sistem tenaga listrik adalah salah satu dari alat untuk mengubah dan memindahkan energi yang mempunyai peranan penting dalam menghadapi tantangan-tantangan tersebut.

Dengan melonjaknya permintaan akan tenaga listrik, maka dalam usaha memberikan pelayanan yang lebih baik kepada konsumen, perlu diperhatikan kapasitas sarana kelistrikan dan faktor perbaikan mutu pelayanan.

Kontinuitas pelayanan tergantung pada macam sarana penyaluran dan peralatan pengaman yang dipergunakan. Sarana penyaluran mempunyai tingkatan kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran transmisi dan cara pengaturan operasinya, yang pada hakekatnya direncanakan terlebih dahulu dan dipilih untuk

Tenaga listrik yang disalurkan melalui jaringan transmisi dari pusat pembangkit menuju pusat-pusat beban atau konsumen, diharapkan dapat menghasilkan mutu yang cukup dan memadai. Oleh karena itu tenaga listrik yang dibangkitkan, disalurkan melalui saluran transmisi, biasanya dinaikkan dengan pertolongan transformator daya ke tingkat tegangan yang lebih rendah. Tegangan generator dinaikkan ke tingkat yang dipakai untuk transmisi, yaitu 115 kV dan 765 kV. Rincian tingkat tegangan yang dipakai untuk transmisi adalah sebagai berikut :

- tegangan tinggi standar (high voltage – HV Standard) adalah antara 115, 138, 230 kV
- tegangan ekstra tinggi (extra high voltage – EHV) adalah 345, 500, dan 765 kV
- kini sedang dilakukan penelitian untuk pemakaian tegangan tinggi ultra (ultra high voltage – UHV) antara 1000 sampai 1500 kV)

Tingkat tegangan yang lebih tinggi ini, selain untuk memperbesar daya hantar saluran, juga untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran.

Suatu saluran transmisi listrik mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk dapat berfungsi sebagai bagian dari sistem tenaga, yaitu resistansi, induktansi, kapasitansi, dan konduktansi. Untuk saluran jarak jauh dengan tegangan ekstra tinggi atau tegangan ultra tinggi, dan agar pemakaian transmisi dapat mencapai kemampuan yang maksimum, salah satu cara adalah dengan menggunakan peralatan kompensasi.

Alat kompensasi tersebut adalah penggunaan kapasitor seri, dan biasanya pemakaian kapasitor seri digunakan pada saluran yang lebih panjang.

## 1.2 Latar Belakang Permasalahan

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu : pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat pembangkit listrik dan sistem distribusi dan melalui hubungan-hubungan antar sistem dapat pula menuju ke sistem-sistem tenaga yang lainnya. Agar pemakaian transmisi dapat mencapai kemampuan yang maksimum dan ekonomis, satu di antara beberapa cara adalah dengan memasang kapasitor seri.

Perbaikan-perbaikan di atas telah menyebabkan pemakaian kompensasi kapasitor seri semakin meningkat pada akhir-akhir ini, terutama di negara-negara yang sudah maju, tetapi bagaimanapun di samping perbaikan-perbaikan, juga akan timbul masalah-masalah yang tidak kita inginkan, misalnya : pengaruh kapasitor seri tersebut pada sistem maupun pengamanan yang dipergunakan.

Pada sistem tersebut sudah tentu menimbulkan pula beberapa masalah, dimana gangguan pada saluran transmisi, umumnya adalah gangguan hubung singkat atau putusnya kawat transmisi. Untuk mengamankan saluran transmisi terhadap gangguan tersebut di atas maka dipasang rele, khususnya pada pembahasan tugas akhir ini adalah rele jarak.

Kompensasi seri yang dilakukan dengan memasang kapasitor seri pada

saluran transmisi akan mengakibatkan reaktansi ekuivalen berkurang, dengan

demikian jatan tegangan berkurang, jadi pengaturan tegangan menjadi lebih baik, sedangkan penggunaan alat proteksi yaitu rele jarak prinsip kerjanya berdasarkan nilai perbandingan besaran tegangan dan arus. Sehingga apabila terjadi gangguan pada sistim misalnya tegangan. Oleh karena masalah tersebut di atas, maka penulis tertarik untuk membahas masalah pengaruh penggunaan kapasitor seri terhadap rele jarak pada saluran transmisi.

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan karena pemakaian peralatan kompensasi dengan kapasitor seri yang dimaksud untuk mengontrol tegangan kerja dan untuk menaikkan kapasitas penyaluran serta pengaruhnya terhadap pemakaian alat proteksi rele jarak.

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk membahas berbagai pengaruh penggunaan kapasitor seri terhadap rele jarak pada saluran transmisi.

### 1.4 Batasan Masalah

Dalam membahas masalah pengaruh kapasitor seri terhadap rele jarak ini dan untuk mempermudah pembahasan, maka penulis membuat beberapa pembatasan masalah yaitu :

1. masalah yang dibahas adalah untuk saluran panjang dengan kapasitor seri terpasang pada salah satu ujung saluran dan titik tengah saluran
2. pengaruh-pengaruh yang dibahas adalah pengaruh antara pemasangan kapasitor seri terhadap pengaman rele jarak

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran Transmisi  
3. tulisan ini hanya membahas pemakaian kapasitor seri di Indonesia dan kapasitas saluran tidak diperhitungkan

## 1.5 Sistematika Penulisan

Bab I pendahuluan yang meliputi umum, latar belakang permasalahan, maksud dan tujuan penulisan, batasan penulisan dan sistematika penulisan.

Bab II membahas tentang penggunaan kapasitor seri pada saluran transmisi yang meliputi umum, saluran transmisi kapasitor seri, pengaruh kapasitor seri terhadap tegangan, pengaruh kapasitor seri terhadap penyaluran daya dan susunan kapasitor seri.

Bab III membahas tentang penggunaan rele jarak terhadap saluran transmisi yang meliputi umum, rele jarak (Distance Relay), prinsip kerja rele jarak, jenis-jenis rele jarak, impedansi rele jarak tipe mekanik, impedansi rele jarak tipe induksi, rele reaktansi, rele mho, dan penyetelan rele jarak.

Bab IV pengaruh kapasitor seri terhadap rele jarak pada jaringan transmisi meliputi sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor seri, penempatan kapasitor seri pada titik tengah saluran transmisi, penempatan kapasitor seri pada ujung penerimaan saluran transmisi.

Bab V merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dan saran.

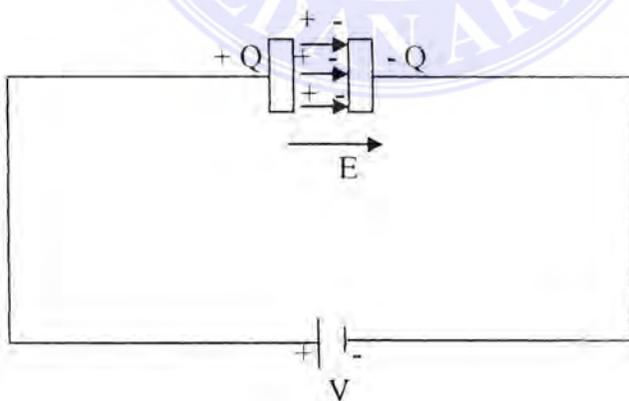
**BAB II**

**PENGGUNAAN KAPASITOR SERI PADA SALURAN TRANSMISI**

**II.1 Umum**

Pada dasarnya kapasitor adalah sebuah penghantar listrik yang terbuat dari dua keping logam yang sejajar, yang jarak antar keping logam tersebut dibuat tertentu besarnya dan kedua keping logam tersebut diberi potensial yang berbeda. Keping logam yang berpotensi positif tersebut disebut Anoda (A), sedangkan keping logam yang berpotensi negatif disebut Katoda (K), sehingga energi pada penghantar ini dirobah menjadi medan listrik yang terdapat di antara kedua keping logam tersebut.

Dalam kelistrikan sebuah kapasitor diberi tanda C dan digambarkan sebagai bentuk yang terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Kapasitas C dari Satu Kapasitor

$$C = \frac{Q}{V} \text{ Farad} \dots \dots \dots (2.1)$$

$Q$  = muatan pada saluran (Coulomb)

$V$  = beda potensial (Volt)

Untuk pemakaian saluran daya yang panjang dan mencapai atau mendapatkan tegangan yang lebih tinggi, maka penggunaan kapasitor menjadi bertambah penting. Oleh karena itu salah satu penggunaan alat kompensasi pada saluran-saluran transmisi adalah dengan menggunakan kapasitor seri. Kapasitor seri digunakan untuk mengkompensasikan reaktansi induktif dari saluran transmisi atau saluran distribusi. Pada saluran distribusi hal ini dilakukan untuk mereduksi regulasi tegangan pada lampu, sedangkan untuk saluran transmisi fungsinya untuk menambah daya yang akan dikirim serta menambah kestabilannya.

Fungsi utama dari kapasitor seri adalah untuk mengurangi tegangan jatuh pada jaringan. Pada jaringan yang dipasang kapasitor seri, reaktansi negatifnya akan bertambah sehingga reaktansi jaringan dapat diperkecil. Lokasi pemasangan kapasitor dapat dilakukan pada beberapa tempat dan harus dipertimbangkan lokasi yang paling tepat berdasarkan tinjauan ekonomisnya dan keadaan sistim itu sendiri, tetapi selain daripada itu dalam merencanakan penempatan kapasitor kita harus memperhitungkan harga dari unit kapasitor yang kita gunakan. Kesemuanya itu kita kembalikan kepada keadaan sistim dan kebutuhan KVAR sistim tersebut.

## II.2 Saluran Transmisi

Di dalam saluran transmisi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam

keadaan operasi maupun dalam perancangan harus selalu diperhatikan tegangan

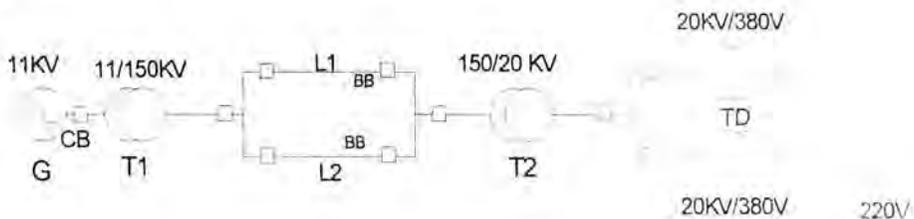
pada setian titik dalam saluran. Besar perubahan tegangan yang diperbolehkan biasanya berkisar antara  $-10\%$  sampai  $+5\%$ .

Untuk daya yang sama, maka daya guna penyaluran akan naik karena rugi-rugi transmisi turun, apabila tegangan transmisi ditinggikan.

Namun peninggian tegangan transmisi berarti juga kenaikan isolasi dan biaya peralatan dan gardu induk. Oleh karena pemilihan tegangan transmisi dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan, jumlah rangkaian, jarak penyaluran, keandalan, biaya peralatan, serta penentuan tegangan yang standarisasi terhadap peralatan yang ada. 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 30KV hanya diperkenankan untuk daerah khusus dimana tegangan distribusi primer 20KV tidak dipergunakan. Tegangan nominal 150 KV tidak dianjurkan dan hanya diperkenankan berdasarkan hal-hal khusus. Penentuan daerah di atas disesuaikan dengan International Electrotechnical Commission (IEC)



Gambar 2.2 Diagram Satu Sistem Tenaga Listrik.

**Keterangan :**

- G = generator (11KV)
- T1 = trafo daya step-up (11-150KV)
- T2 = trafo daya step-down (150-20KV)
- L1, L2 = saluran transmisi (150KV)
- CB = circuit breaker
- BB = bus-bar (rel daya)
- TD = trafo distribusi

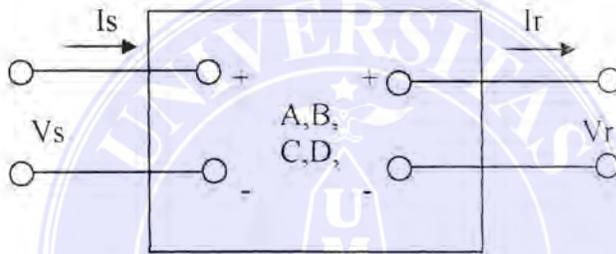
Keuntungan transmisi dengan tegangan yang lebih tinggi akan menjadi lebih jelas jika kita melihat pada kemampuan transmisi suatu saluran transmisi. Kemampuan itu biasanya dinyatakan dalam Mega Volt Ampere (MVA). Kemampuan transmisi dari saluran yang sama panjangnya berubah-ubah kira-kira sebanding dengan kuadrat tegangannya, tetapi kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat ditetapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan thermal dari penghantar, jatuh tegangan yang diperbolehkan, keandalan, dan persyaratan kestabilan sistim. Kebanyakan faktor-faktor tersebut masih tergantung pula pada panjangnya saluran.

Suatu saluran transmisi tersebut selalu dapat digambarkan sebagai kotak dengan dua jepitan masuk dan dua jepitan keluar, dan karena memenuhi persyaratan dari kutub empat, maka saluran transmisi dapat dilayani sebagai kutub empat. Oleh karena itu rangkaian listrik yang Pasif, Linier dan Bilateral, selalu

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran ....

- Pasif berarti tidak ada sumber
- Linier berarti impedansinya tidak tergantung dari besar arus
- Bilateral berarti impedansinya sama dilihat dari kedua pihak atau tidak tergantung dari arah arus

Jika karena suatu saluran transmisi memenuhi ketiga syarat di atas, maka saluran transmisi dapat juga direpresentasikan sebagai kutub empat.



Gambar 2.3 Kutub Empat

A, B, C, D adalah konstanta umum dari rangkaian relasi tegangan dan arus untuk suatu kutub empat adalah :

$$V_s = AV_r + BI_s$$

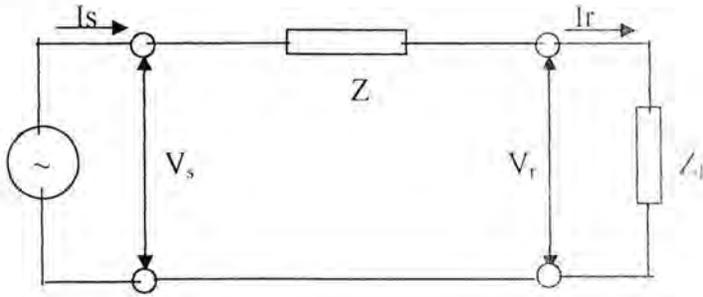
$$I_s = CV_r + DI_r \dots \dots \dots (2.3)$$

dan :

$$V_r = DV_s - BI_s$$

$$I_r = AI_s - CV_s \dots \dots \dots (2.3)$$

- **Saluran Pendek**



Gambar 2.4 Saluran Transmisi Pendek

Relasi tegangan dan arus untuk saluran pendek :

$$V_s = V_r + Z I_r$$

$$I_s = I_r \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan mengeliminir persamaan (2.2) – (2.4) maka :

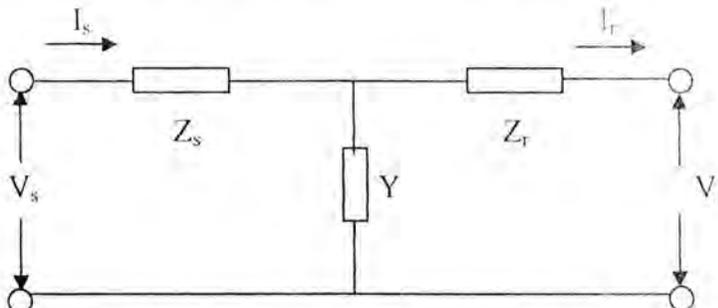
$$A = 1 ; B = Z$$

$$C = 0 ; D = 1$$

- **Saluran Menengah**

- *Nominal T*

Relasi tegangan dan arus untuk saluran menengah nominal T :



Gambar 2.5 Nominal T Saluran Menengah

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran Transmisi

$$V_s = (1 + YZ_s) V_r + (Z_s + Z_r + Z_s + Z_s + YZ_r) I_r$$

$$I_s = YV_r + (1 + YZ_r) I_r$$

Jadi :

$$A = 1 + YZ_s$$

$$B = Z_s + Z_r + Z_s + YZ_r$$

$$C = Y$$

$$D = 1 + YZ_r \dots \dots \dots (2.5)$$

Dan bila :

$$Z_s = Z_r = Z/2$$

Maka :

$$A = 1 + (YZ) / 2$$

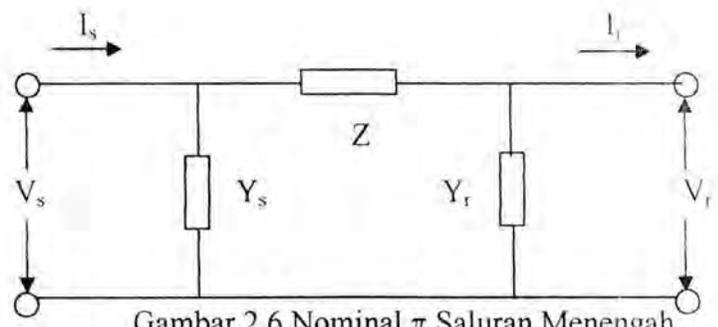
$$B = Z = (Z^2 Y) / 4$$

$$C = Y$$

$$D = A \dots \dots \dots (2.6)$$



- Nominal Pi (π)



Gambar 2.6 Nominal π Saluran Menengah

Relasi tegangan dan arus untuk saluran menengah nominal Pi (π) :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$V_s = (1 + Y_r Z) \cdot V_r + Z I_r$$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id) 7/12/23

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran ....

$$I_s = (Y_s + Y_r + Y_s Z Y_r) V_r + (1 + Y_s Z) I_r$$

Jadi :

$$A = 1 + Y_r Z$$

$$B = Z$$

$$C = Y_s + Y_r + Y_s Z Y_r$$

$$D = 1 + Y_s Z$$

Dan bila :

$$Y_s = Y_r = Y/2$$

Maka :

$$A = 1 + (YZ) / 2$$

$$B = Z$$

$$C = Y + (Y^2 Z) / 4$$

$$D = 1 + (YZ) / 2$$



### - Saluran Panjang

Untuk kawat panjang persamaannya adalah :

$$V_s = V_r (\cosh \gamma.l) + I_r (Z_k \sinh \gamma.l)$$

$$I_s = I_r (\cosh \gamma.l) + V_r [ (\sinh \gamma.l) / Z_k ]$$

Jadi :

$$A = D = \cosh \gamma.l$$

$$B = Z_k \sinh \gamma.l$$

$$C = (\sinh \gamma.l) / Z_k$$

Suatu saluran transmisi perlu tidaknya penanganan kapasitas dapat dilihat dari  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

panjangnya saluran yang diklasifikasikan sebagai berikut :

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

- Manto Purno, Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran
- pada saluran pendek (kurang dari 80 km) arus pengisian atau kapasitansi saluran sangat kecil sehingga dapat diabaikan
- pada saluran menengah (80 sampai 250 km) kapasitansi dapat dipusatkan pada satu titik atau pada dua titik nominal
  - pada saluran panjang (lebih 250 km) kapasitansi saluran adalah besar dan dianggap merata di sepanjang saluran

### II.3 Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah merupakan gabungan dari beberapa kapasitor yang diserikan, dan merupakan salah satu penghantar listrik yang khusus untuk pemakaian pada saluran panjang dan saluran transmisi tegangan tinggi. Kapasitor seri biasanya dipasang pada salah satu ujung saluran dan bila saluran lebih panjang maka dipasang pada kedua ujung saluran.

Pemasangan kapasitor seri di tengah-tengah saluran akan lebih baik, tetapi memerlukan biaya yang lebih mahal karena harus menambah gardu khusus untuk instalasi kapasitor seri tersebut.

Kapasitor seri akan menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan pada saluran transmisi, dan mengurangi kerugian saluran. Dalam kapasitor seri daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus beban. Pemakaian kapasitor seri secara umum dapat dikatakan memakai biaya yang lebih tinggi, hal ini disebabkan karena peralatan perlindungan untuk kapasitor seri lebih kompleks dan kapasitor seri biasanya didesain untuk daya yang lebih besar untuk mengatasi pengembangan beban nantinya.

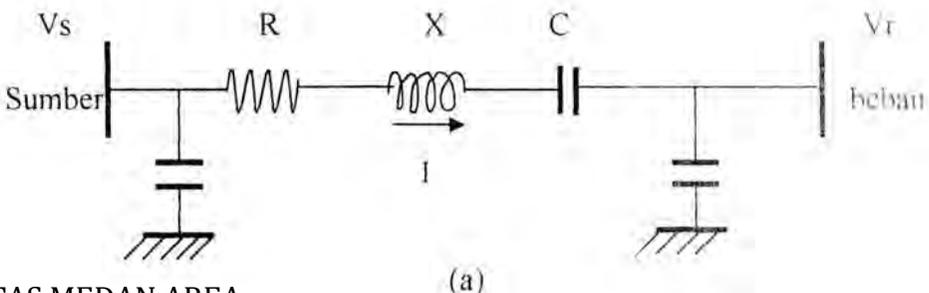
Kapasitor seri lebih efektif untuk mengkompensasikan reaktansi seri. dengan demikian akan menaikkan limit daya statis atau menaikkan stabilitas saluran, memperbaiki faktor daya, memperbaiki tingkat tegangan pada sistim, mengurangi kerugian saluran dan mengurangi fluktuasi tegangan.

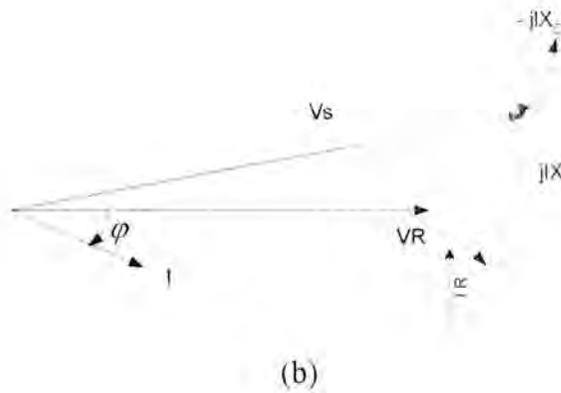
Salah satu hal yang perlu diperhatikan dengan kompensasi seri adalah derajat kompensasi. Derajat kompensasi tidak boleh terlalu besar, derajat kompensasi 100% jelas tidak diperbolehkan, karena akan menimbulkan resonansi seri dan dapat membahayakan.

### II.3.1 Pengaruh Kapasitor Seri Terhadap Gangguan

Pada saluran tranmisi panjang, dimana  $X_L$  jauh lebih besar daripada  $R$ , maka untuk memperkecil besarnya jatuh tegangan pada saluran transmisi panjang pengaruh  $X_L$  terhadap jatuh tegangan harus diperkecil dan ini dapat dilakukan dengan mempergunakan kapasitor yang dipasang seri pada saluran transmisi.

Dengan pemasangan kapasitor seri tersebut, reaktansi ekivalen akan berkurang, dengan demikian jatuh tegangan juga berkurang, sehingga pengaturan tegangan menjadi lebih baik.





Gambar 2.7 : (a) Diagram Satu Garis Saluran Yang Dikompensasikan Dengan Kapasitor Seri  
(b) Diagram Vektor Tegangan

Dari vektor tegangan dapat dilihat dengan adanya kapasitor yang dipasang seri pada saluran transmisi, akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V = IR \cos \phi + (IX_L - IX_C) \sin \phi$$

$$V = IR \cos \phi + I(X_L - X_C) \sin \phi \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$X_c$  = reaktansi kapasitif dari kapasitor

$V_c$  = tegangan dari kapasitor

$X_c$  = reaktansi induktif

Dari persamaan (2.7) terlihat bahwa dengan adanya kapasitor yang dipasang seri pada saluran transmisi, maka impedansi saluran akan bertambah kecil, akibatnya jatuh tegangan akan bertambah kecil

### 11.3.2 Pengaruh Kapasitor Seri Terhadap Penyaluran Daya

Dengan pemasangan kapasitor seri, reaktansi seri akan berkurang, sehingga limit daya statis bertambah besar. Besar daya yang disalurkan adalah :

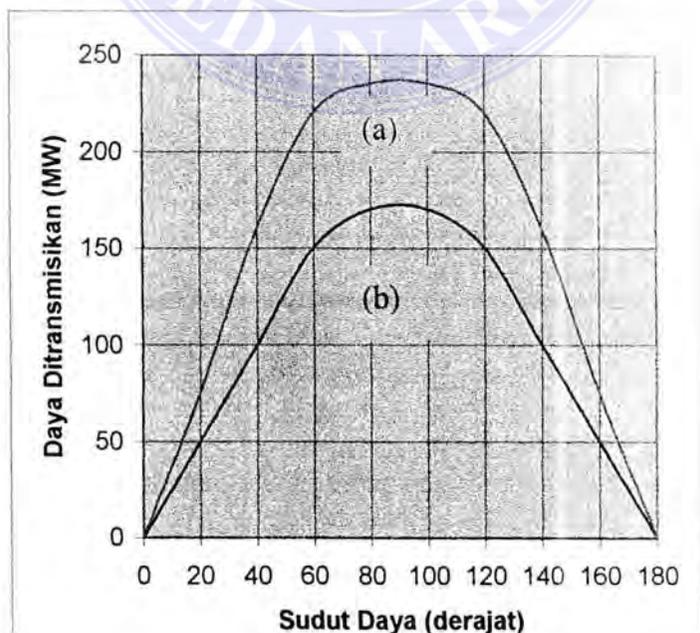
$$P_r = \frac{|V_s||V_r|}{|B|} \sin \delta \dots\dots\dots (2.8)$$

Untuk saluran menengah dengan representasi nominal  $P_i$  dan tahanan diabaikan, maka harga  $|B|$  diberikan oleh  $X$  yaitu reaktansi seri saluran. Jadi bila pada saluran dipasang kapasitor seri maka reaktansi berubah menjadi  $X-X_C$  dimana  $X_C$  adalah reaktansi kapasitif dari kapasitor seri.

Daya yang disalurkan menjadi :

$$P_r = \frac{|V_s||V_r|}{X - X_C} \sin \delta \dots\dots\dots (2.9)$$

Maka besar daya yang disalurkan bertambah dengan adanya pemasangan kapasitor seri.



Gambar 2.8 : Kurva sudut daya dari saluran transmisi

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran ....  
Keterangan:

- a. kurva (a) adalah dengan kapasitor
- b. kurva (b) adalah tanpa kapasitor

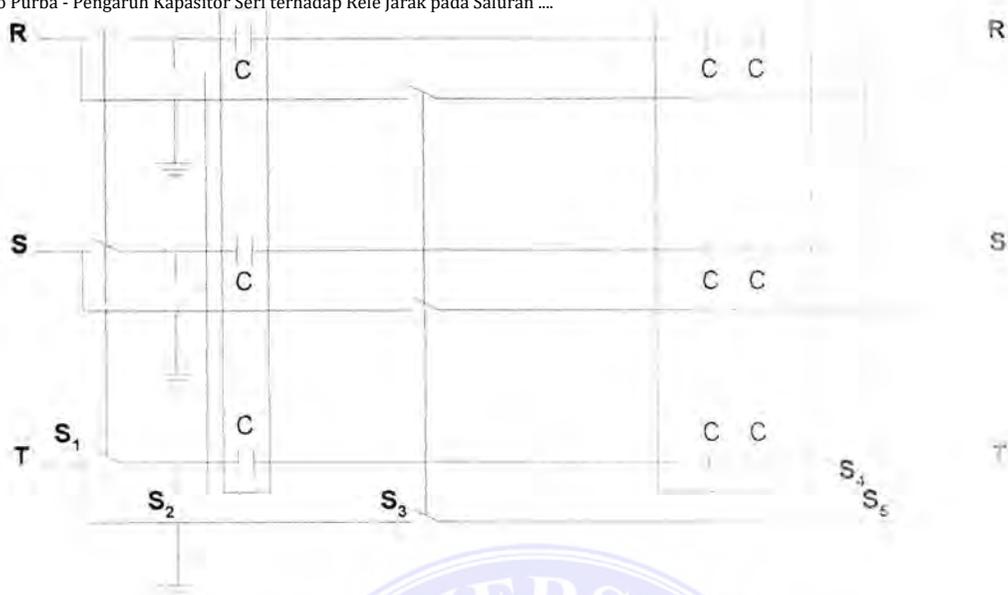
Untuk sudut daya yang sama dengan adanya kapasitor seri akan terdapat penambahan daya yang ditransmisikan, sedangkan untuk daya transmisi yang sama dengan adanya kapasitor seri, daya transmisi tersebut dapat dicapai pada sudut  $\delta$  yang lebih kecil dibandingkan dengan tanpa kapasitor. Jadi dengan demikian kapasitor seri dapat juga menambah kestabilan sistim.

#### II.4 Susunan Kapasitor Seri

Pada transmisi ada tiga kemungkinan dimana kapasitor seri itu ditempatkan yaitu:

- pada ujung pengirim sistim
- pada titik tengah sistim, dan
- pada ujung penerima sistim

Modul ini disusun di dalam plat form yang dapat dikontrol dari luar secara manual seperti yang ditunjukkan pada gbr di bawah ini



Gambar 2.9 Susunan Kapasitor Seri Pada masing-masing fasa Transmisi

Keterangan Gambar :

- C = kapasitas masing-masing modul kapasitor
- S1, S4 = saklar penghubung atau pembuka kapasitor seri dengan sistem
- S2 = saklar pentanahan
- S3 = external by-pass kapasitor seri
- S5 = saklar untuk pentanahan jaringan transmisi di sisi beban
- R,S,T = masing-masing fasa transmisi

Pada masing-masing lokasi penempatan kapasitor seri diletakkan pada masing-masing fasa jaringan yang akan dikompensasikan. Setiap bank kapasitor dibagi atas beberapa modul, dimana modul ini terdiri dari beberapa unit kapasitor, setiap modul dilengkapi dengan “spark gap” atau “gap proteksi” untuk perlindungan terhadap arus hubung singkat.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

## BAB III

# PENGGUNAAN RELE JARAK PADA SALURAN TRANSMISI

### III.1 Umum

Sistim pengamanan bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya, dan keselamatan umum yang disebabkan karena gangguan yang meningkatkan kelangsungan pelayanan konsumen. Cara, macam dan tingkat pengamanan yang diterapkan tergantung pada banyak faktor (antara lain : sistim yang ada termasuk cara pentanahannya, peralatan, kondisi dan peraturan setempat dan macam beban), dan merupakan kompromi praktis yang memungkinkan untuk cukup memenuhi kebutuhan dan yang sebanding dengan biayanya.

Macam dan karakteristik beban sangat mempengaruhi perencanaan pengamanan, dan macam dan karakteristik beban pulalah yang banyak menentukan perencanaan suatu sistim distribusi. Untuk daerah padat beban misalnya di pusat perkotaan, jaringan yang dibutuhkan adalah kabel tanah dengan sistim tertutup, dan dengan demikian layak untuk digunakan pengamanan yang lebih tingkatnya dan lebih mahal, sebaliknya untuk daerah luar kota pada umumnya yang kepadatan bebannya rendah, jaringan yang diperlukan cukup saluran udara radial, dengan pengamanan yang lebih sederhana dan murah sesuai dengan tingkat keandalan yang masih dapat diterima pemakaiannya. Jadi perencanaan suatu sistim pengaman pada hakekatnya tidak dapat dipisahkan.

melainkan harus terpadu (integrated) dalam perencanaan sistim transmisi atau distribusi.

Pengaman yang dilakukan pada peralatan-peralatan listrik yang terpasang di jaringan adalah untuk menghindari kondisi abnormal operasi itu sendiri.

Pelaksanaan dari pengamanan, bila kita perinci lebih lanjut adalah sebagai berikut:

- Untuk menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan-peralatan listrik akibat gangguan. Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.
- Untuk melokalisir daerah gangguan menjadi sekecil mungkin atau membatasi kemungkinan terjadinya kecelakaan atau kerusakan
- Untuk memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen, dan juga mutu listrik yang baik atau mengurangi frekwensi pemutusan tetap karena gangguan
- Untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik dan secepatnya membebaskan pemadaman karena gangguan

Semua sistim pengamanan untuk saluran transmisi tersebut dapat dibagi menjadi tiga sub bagian, yaitu : Pemutus rangkaian (CB – Circuit Breaker), Transduser dan Rele.

Pada tugas akhir ini, penulis akan membahas sistim pengaman dengan rele, khususnya rele jarak (Distance Relay). Dimana tugas rele ialah membedakan gangguan di dalam daerah perlindungannya dengan semua keadaan sistim yang lain.

### III.2 Rele Jarak (Distance Relay)

Impedansi suatu saluran transmisi adalah sebanding dengan panjangnya, untuk pengukuran jarak pada suatu saluran transmisi diinginkan suatu jenis rele yang mampu mengukur impedansi saluran transmisi tersebut sampai ke titik tertentu.

Jenis rele tersebut disebut rele jarak (Distance Relay) yang didesain agar “energize” hanya untuk gangguan-gangguan (faults) yang terjadi di antara lokasi rele jarak dan suatu titik pilihan pada suatu saluran transmisi, sedemikian rupa sehingga diperoleh diskriminasi atau selektifitas, artinya rele tersebut hanya akan mengelimir gangguan pada saluran transmisi yang diproteksinya.

Prinsip dasar pengukuran jarak tersebut adalah membandingkan arus gangguan yang dirasakan oleh rele jarak terhadap gangguan di titik atau lokasi dimana rele jarak terpasang. Dengan membandingkan kedua besaran itu, impedansi saluran transmisi dari lokasi rele jarak sampai titik atau lokasi gangguan dapat diukur.

Jadi rele jarak adalah peralatan pendeteksi gangguan pada jaringan berdasarkan nilai perbandingan besaran tegangan dan arus listrik yang mengalir pada dua buah kumparan yang terhubung ke rele jarak, dengan perkataan lain rele jarak akan memastikan pembukaan apabila impedansi yang diterima dari adanya gangguan lebih besar dari impedansi settingnya.

### III.3 Prinsip Kerja Rele Jarak

Selama terjadinya gangguan hubung singkat pada saluran transmisi akan mengakibatkan timbulnya arus yang besar serta turunnya tegangan pada saluran transmisi.

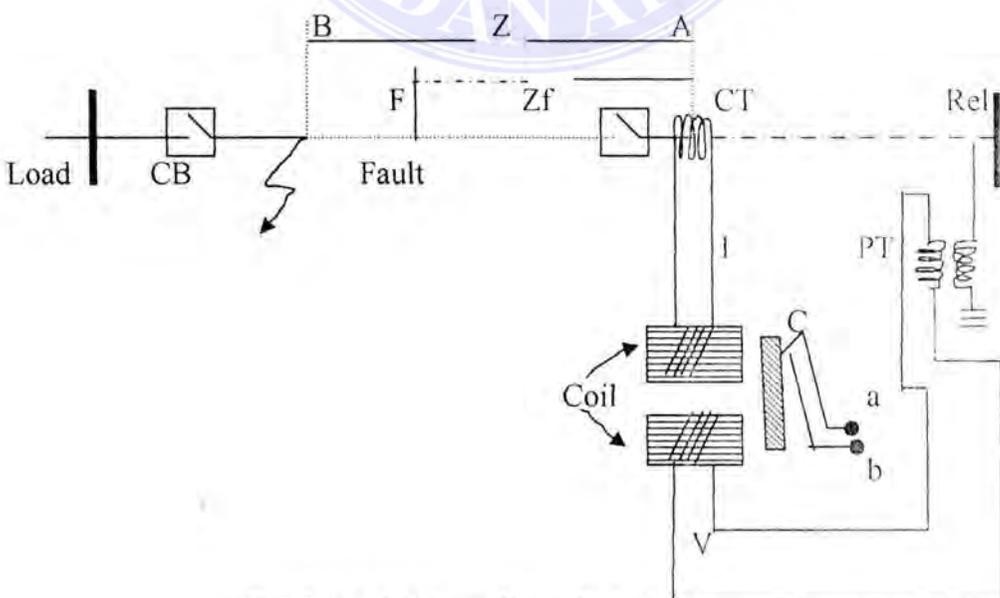
$$V = I_f Z \longrightarrow Z = \frac{V}{I_f} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:  $Z$  = Impedansi (Ohm)

$V$  = Tegangan

$I_f$  = Arus gangguan

Sehingga bila terjadi gangguan dan penurunan harga impedansi, besaran inilah yang digunakan sebagai besaran ukur bagi rele jarak. Perbandingan  $V/I$  ini diukur melalui transformator tegangan (PT) yang mengukur tegangan dan transformator arus (CT) yang mengukur harga arus untuk setiap keadaan sistim, seperti pada gambar berikut:



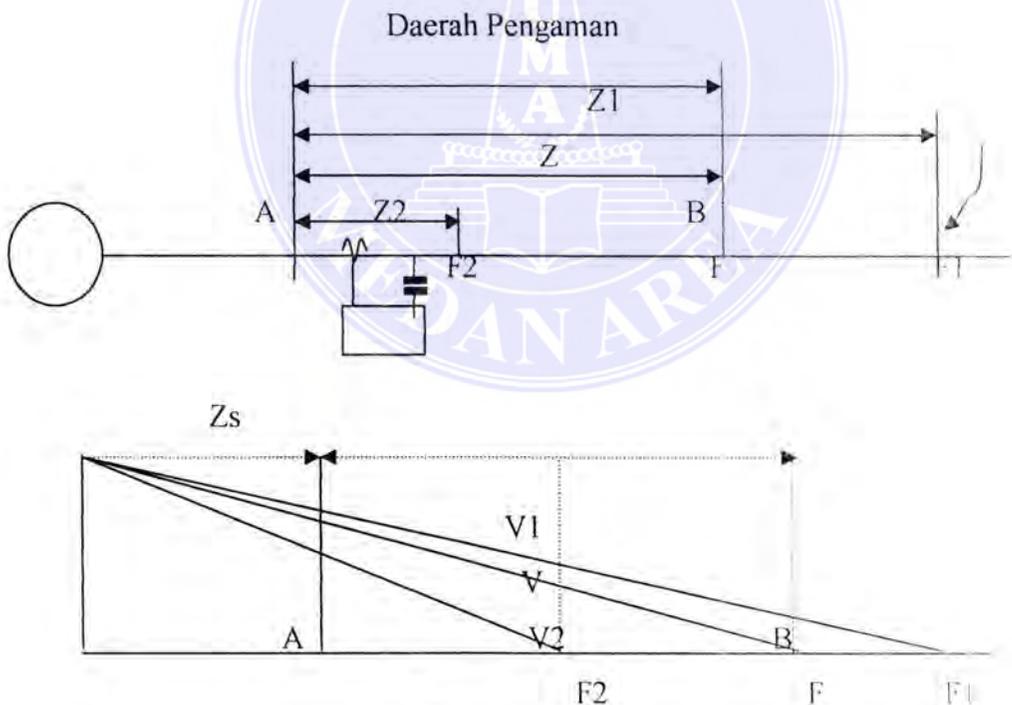
Gambar 3.1 Prinsip Kerja Rele Jarak

Semakin dekat gangguan ke lokasi rele maka tegangan yang dirasakan oleh rele jarak melalui transformator tegangan (PT) akan semakin kecil dan bila dianggap tahanan gangguan tetap maka:

$$Z = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (3.2)$$

Jadi nilai Z (Impedansi) akan semakin kecil. Harga impedansi yang diukur oleh rele jarak tergantung pada jarak gangguan ke lokasi rele. Oleh karena itulah tersebut disebut rele jarak.

Prinsip kerja rele pada beberapa tempat gangguan:



Gambar 3.2 Prinsip Kerja Rele Pada Beberapa Tempat Gangguan

### Gangguan di F (batas pengaman)

Tegangan yang diukur di A adalah V

Perbandingan tegangan dan arus di A

$$\frac{V}{I_f} = \frac{I_f Z}{I_f} = Z \dots\dots\dots (3.3)$$

Rele dalam batas kesetimbangan atau rele pickup

Gangguan di  $F_1$  di luar daerah pengamanan

tegangan yang diukur di A adalah  $V_1 > V$

$$V_1 = I_2 \cdot Z_2$$

Perbandingan tegangan dan arus di A

$$\frac{V_1}{I_{f1}} = \frac{I_{f1} \cdot Z_1}{I_{f1}} = Z_1 \dots\dots\dots (3.4)$$

jika  $V_1 > V_1 Z_1 > Z$  rele tidak bekerja

Gangguan di  $F_2$  di dalam daerah pengamanan

tegangan yang diukur di A adalah  $V_2 < V$

$$V_2 = I_{f2} \cdot Z_2$$

Perbandingan tegangan dan arus di A

$$\frac{V_2}{I_{f2}} = \frac{I_{f2} \cdot Z_2}{I_{f2}} = Z_2 \dots\dots\dots (3.5)$$

jika  $V_2 > V_2 Z_2 > Z$  rele akan bekerja

dan selanjutnya nilai  $V/I$  ini disebut sebagai impedansi kerja relay jarak dan

prinsip inilah yang dipakai oleh rele jarak dalam pengoperasiannya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

### III.4 Jenis-Jenis Rele Jarak

Rele jarak yang mempunyai prinsip kerja yang berdasarkan pengukuran besaran impedansi reaktansi dan admitansi antar lokal rele dan titik gangguan besaran yang diukur berada dalam daerah proteksinya. Dengan demikian rele jarak dapat diklasifikasikan berdasarkan besaran ukurnya sehingga dapat diklassifikasikan sebagai berikut:

- Rele impedansi ( mengukur besaran  $Z$  )
- Rele reaktansi ( mengukur besaran  $X$  )
- Rele Mho ( mengukur Admitansi  $Y$  )

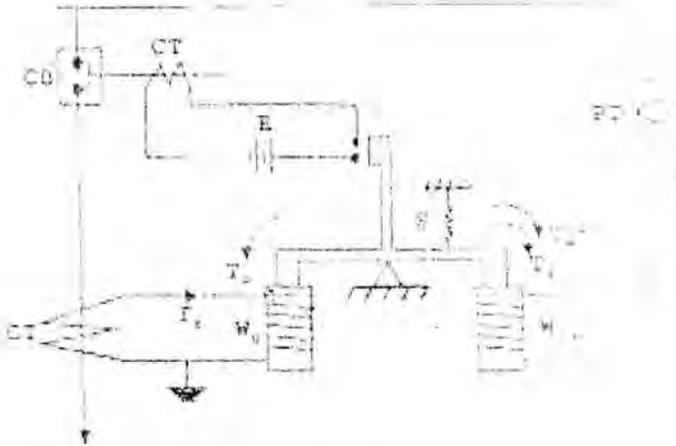
Khususnya rele impedansi dapat dibagi berdasarkan prinsip kerjanya yaitu :

Impedansi rele jarak tipe magnetik dan impedansi rele jarak tipe induksi

#### III.4.1 Impedansi Rele Jarak Tipe Magnetik

Impedansi merupakan perbandingan antara besaran tegangan dengan besaran arus atau  $Z = V/I$  . dalam keadaan normal tegangan akan diberikan pada transformator tegangan. Arus yang mengalir pada transformator adalah sebanding dengan besar arus yang mengalir pada line maka dalam keadaan ini rele tidak akan bekerja

Akan tetapi bila terjadi gangguan pada daerah proteksi maka arus yang mengalir pada transformator arus akan bertambah sedangkan tegangan yang dihubungkan ke transformator tegangan akan semakin kecil maka dalam keadaan seperti ini rele akan bekerja.



Gambar 3.3 Impedansi Rele Jarak Tipe Magnetik

$T_m$  = momen mekanis yang dihasilkan oleh pegas dan gesekan momen ini searah dengan momen penahan

$T_r$  = momen penahan yang dihasilkan oleh belitan tegangan ( $W_r$ )

$T_o$  = momen kerja yang dihasilkan oleh belitan arus  $W_o$  yang dihubungkan ke transformator arus (CT) pada line yang diproteksi

CB = circuit breaker

CT = transformator arus

E = sumber tegangan DC ke Trip Coil

PT = potensial transformator

$I_r$  = Arus CT

$W_o$  = belitan rele untuk CT

$W_r$  = belitan rele untuk PT

S = pegas

$T_c$  = trip coil.

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran ....  
 $K_1$  dan  $K_2$  adalah faktor keseimbangan

$T_o < T_r + T_m$  rele tidak bekerja

$T_o > T_r + T_m$  rele bekerja

$T_o = T_r + T_m$  rele pickup

Rele akan pickup:

$$K_1 I_r^2 = K_2 V_r^2 + T_m$$

$$\frac{V_r}{I_r} = \sqrt{\left( \frac{K_1}{K_2} - \frac{T_m}{K_2 I_r^2} \right)}$$

jika :

$$\frac{V_r}{I_r} = Z$$

$$\frac{T_m}{K_2 I_r^2} \text{ diabaikan}$$

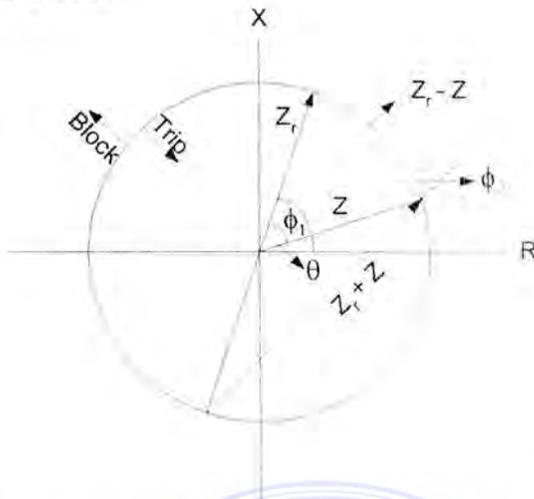
$$Z = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}} \quad (3.6)$$

atau :

$$I = \sqrt{\frac{K_2}{K_1}} V$$



Karakteristik rele impedansi :



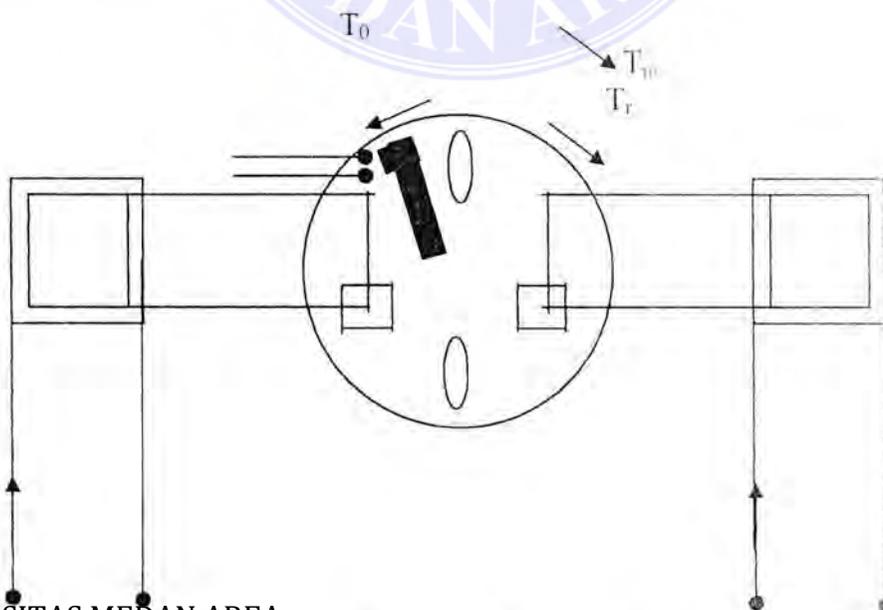
Gambar 3.4 Karakteristik Impedansi Rele Jarak Tipe Magnetik

### III.4.2. Impedansi Rele Jarak Tipe Induksi

Prinsip kerja dari impedansi rele tipe induksi hampir sama seperti cara kerja impedansi rele jarak tipe magnetik, yaitu rele pick up bila :

$$T_0 = T_r + T_m$$

Perbedaannya adalah pada momen penyebabnya.



Gambar 3.5 Impedansi Rele Jarak Tipe Induksi

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran ....

Momen penyebab dari impedansi rele tipe induksi :

$T_m$  = momen mekanis yang ditimbulkan oleh gesekan.

$T_r$  = momen penahan yang ditimbulkan oleh adanya shading ring pada kumparan tegangan.

$T_o$  = momen yang timbul karena adanya shading coil pada kumparan arus.

### III. 4.3. Rele Reaktansi

Rele Reaktansi sebagai besaran ukuran rele jarak yang diperoleh dari bagian khayal impedansi Z atau :

$$X = Z \sin \theta \frac{V}{I} \sin \theta$$

Pada dasarnya rele reaktansi menggunakan perbandingan fasa antara dua sinyal, misalkan  $S_1$  dan  $S_2$ . Jika masing-masing sudut fasa  $S_1$  dan  $S_2$  adalah positif, maka rele akan beroperasi. Hasil maksimum yang diperoleh bila  $S_1$  dan  $S_2$  sefase. Karakteristik rele pada umumnya diperoleh bila beda fasa  $90^\circ$ , dimana rele akan beroperasi pada keadaan ini :

$$\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \operatorname{tg} \pm 90^\circ = \pm \infty \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta} = \pm \infty$$

atau :

$$1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta = 0 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$S_1 = K_1 |V| + K_2 |I| \{ \cos(\theta_2 - \theta) + j \sin(\theta_2 - \theta) \}$$

$$S_2 = K_3 |V| + K_4 |I| \{ \cos(\theta_2 - \theta) + j \sin(\theta_2 - \theta) \}$$

Dari gambar III.6 didapatkan :

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id) 7/12/23

Manto Purba - Pengaruh Kapasitor Seri terhadap Rele Jarak pada Saluran ....

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K_2 |I| \sin(\theta_2 - \phi)}{K_1 |V| + K_2 |I| \cos(\theta_2 - \phi)} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{K_4 |I| \sin(\theta_2 - \phi)}{K_3 |V| + K_4 |I| \cos(\theta_2 - \phi)} \dots \dots \dots (3.4)$$

sehingga persamaan (3.2) menjadi :

$$+ \frac{K_2 |I| \sin(\theta_2 - \phi)}{K_1 |V| + K_2 |I| \cos(\theta_2 - \phi)} \cdot \frac{K_4 |I| \sin(\theta_2 - \phi)}{K_3 |V| + K_4 |I| \cos(\theta_2 - \phi)} = 0 \dots \dots \dots (3.5)$$

atau :

$$K_2 K_3 |V|^2 + K_1 K_4 |V| |I| \cos(\theta_2 - \phi) + K_2 K_3 \cos(\theta_2 - \phi) |V| |I| + K_2 K_4 |I|^2 = 0 \dots \dots \dots (3.6)$$

Apabila :

$$K_1 = -K$$

$$K_2 = K_4 = k$$

$$K_3 = 0$$

Maka persamaan (3-6) menjadi :

$$-K K' \cos(90 - \phi) |V| |I| + K'^2 |I|^2 = 0 \dots \dots \dots (3.7)$$

atau :

$$\frac{|V|}{|I|} \cos(90 - \phi) = \frac{K'}{K}$$

atau :

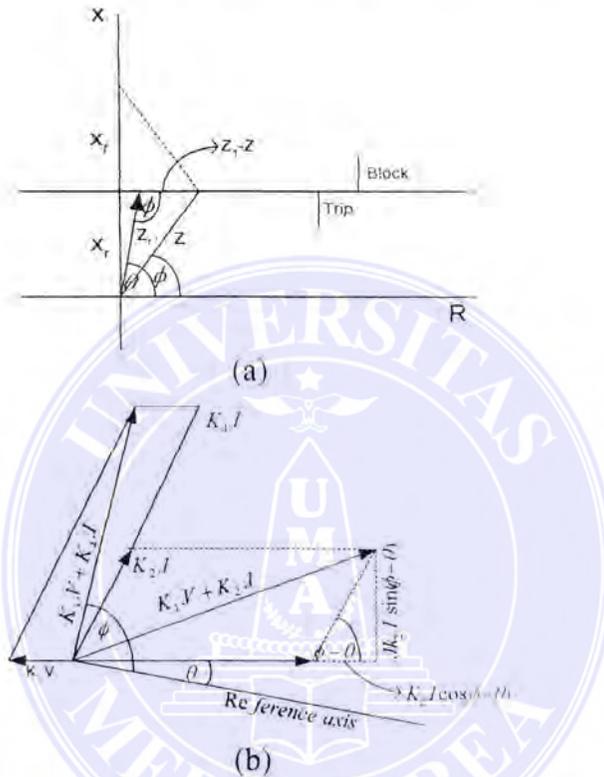
$$Z \sin \phi = \frac{K'}{K} \dots \dots \dots (3.8)$$

$X = Z \sin \phi$ , sehingga persamaan (3.8) menjadi :

$$X = \frac{K'}{K} \dots \dots \dots (3.9)$$

Pada busbar, Pengaruh Kapasitif Seri terhadap Rele R pada Solusi Persamaan (3-9) pada diagram R-X merupakan garis lurus sejajar sumbu R setinggi  $K'/K$ . Rele bekerja bila reaktansi yang terbaca oleh rele  $K'/K$ .

Kelebihan dari rele reaktansi dibandingkan dengan rele impedansi ataupun rele mho adalah bahwa rele ini tidak terpengaruh dengan adanya tahanan gangguan.



Gambar 3.6 : (a) Karakteristik Rele Reaktansi  
(b) Vektor Perbandingan Fasa

### III. 4.4. Rele Mho

Sama halnya dengan rele reaktansi, maka rele mho ini juga menggunakan perbandingan fasa untuk operasinya.

Bila diambil harga :  $K_1 = -K$

$$K_2 = K'$$

$$K_3 = K$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$K_4 = 0$$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

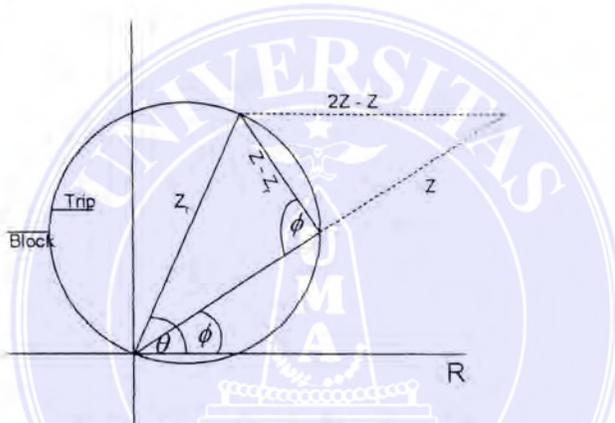
$$-K^2 |V|^2 + K' K \cos(\theta - \phi) |V| |I| = 0$$

Atau:

$$Y \cos(\theta - \phi) = \frac{K'}{K}$$

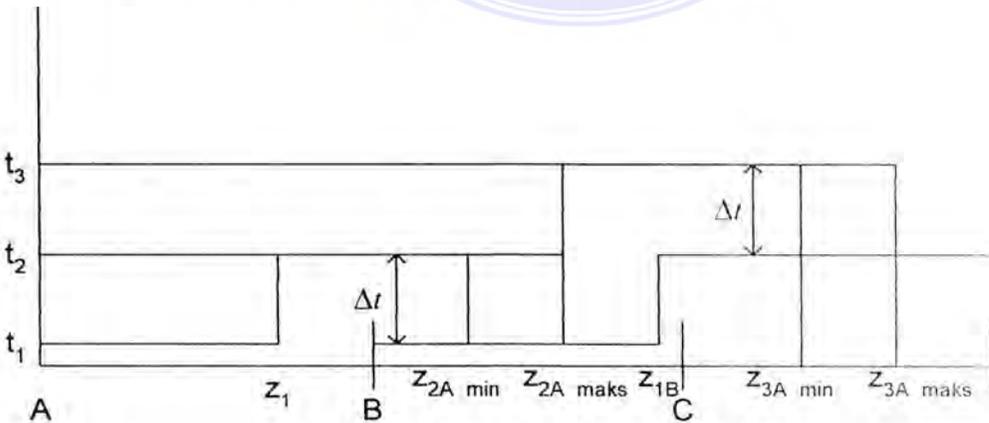
Persamaan (3-10) pada diagram R-X menggambarkan sebuah lingkaran yang melalui titik (0,0) dengan jari-jari sebesar  $K/K'$ .

Karakteristik rele mho :



Gambar 3.7 Karakteristik Rele Mho

### III.5. Penyetelan Rele Jarak



Gambar 3.8 : Penyetelan Rele Jarak

Daerah I:

UNIVERSITAS MEDAN AREA ( $\alpha = 0,8 - 0,9$ )

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

$(0,2 - 0,1) Z_{AB}$  untuk menjangkau kesalahan jangkauan yang mungkin

terjadi, misalnya kesalahan CT, PT dan relenya sendiri.

Daerah 2 :

$$Z_{2\Delta\text{min}} = \beta Z_{AB} \text{ ohm} \quad (\beta = 1,1 - 1,2)$$

Supaya pasti dapat menjangkau ril B

$$Z_{2\Delta\text{maks}} = \alpha (Z_{AB} + \alpha k Z_{BC}) \text{ ohm}$$

Supaya dapat menjangkau sejauh mungkin untuk pengaman cadangan  $Z_{2B}$

tetap selektif.

Daerah 3 :

$$Z_{3\Delta\text{min}} = \beta Z_{AB} + k Z_{BC} \text{ ohm}$$

supaya pasti dapat sebagai pengaman cadangan seksi B dan C.

$$Z_{3\Delta\text{maks}} = \alpha (Z_{AB} + k_1 (Z_{BC} + \alpha k_2 Z_{C1})) \text{ ohm}$$

### Penyetelan Waktu

Yang penting menentukan  $\Delta t$  supaya pengaman tetap cepat tetapi selektif.

$$\Delta t = 0,4 - 0,6 \text{ det}$$

Jika terjadi overlap pada daerah yang sama misalnya daerah 2 ( $Z_{2\Delta\text{Maks}} < Z_{2\Delta\text{Min}}$ )

a.  $Z_{2\Delta\text{maks}} < Z_{AB}$

Diambil penyetelan  $Z_{2\Delta\text{Min}}$  dengan  $t_{2\Delta} = t_{2B} + \Delta t$

( $\Delta t$  diambil 0,4 det)

b.  $Z_{2\Delta\text{maks}} > Z_{AB}$

Diambil penyetelan  $Z_{2\Delta\text{Maks}}$  dengan  $t_{2\Delta} = t_{2B} + \Delta t$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Daerah antara  $Z_{2\Delta\text{Maks}} - Z_{2\Delta\text{Min}}$  diamankan dengan  $Z_{3\Delta}$ .

## KESIMPULAN

- Penggunaan kapasitor seri pada saluran transmisi adalah dimaksudkan untuk menambah kestabilan, kemampuan daya penyaluran dan memperbaiki faktor daya
- Adanya kapasitor seri pada saluran transmisi juga dapat mereduksi regulasi tegangan dan mengurangi kerugian saluran
- Kapasitor seri pada pada umumnya dipergunakan untuk mengkompensasikan saluran yang panjang atau saluran transmisi jarak jauh dengan tegangan ekstra tinggi atau tegangan ultra tinggi
- Kapasitor seri dapat ditempatkan pada ujung pengirim, titik tengah dan ujung penerima transmisi. Ditinjau dari segi penempatan kapasitor pada saluran transmisi, maka pemasangan kapasitor seri pada titik tengah saluran akan lebih baik, tetapi memerlukan biaya yang lebih mahal, karena harus menambah gardu khusus untuk instalasi kapasitor seri tersebut
- Akibat adanya kapasitor seri pada saluran transmisi akan mempengaruhi kerja rele jarak, apabila terjadinya gangguan pada sistim atau saluran transmisi

- Untuk mengurangi pengaruh kapasitor seri terhadap rele jarak adalah dengan memperkecil penentuan  $Z$  (impedansi) operasi dari rele jarak sehingga jarak ukur yang dirasakan oleh rele jarak dapat sesuai dengan teraannya atau dengan penambahan pemakaian rele arah, yang gunanya untuk melihat arah dalam daerah yang dilindungi



## SARAN-SARAN

1. Pada saluran transmisi ada baiknya dipasang kapasitor seri untuk menghindari besarnya jatuh tegangan yang terjadi.
2. Pemasangan kapasitor pada saluran transmisi berakibat timbulnya beberapa masalah gangguan, maka ada baiknya dipasang kapasitor seri.
3. Pemasangan kapasitor seri pada saluran transmisi membutuhkan biaya yang besar, maka sebaiknya pemasangan kapasitor seri ditempatkan pada ujung penerima dan pengirim sistem saluran transmisi.



**DAFTAR PUSTAKA**

1. William D. and Stevenson, Jr., “Analisa Sistem Tenaga Listrik”, Erlangga, Jakarta, 1990.
2. Prof. Ir. T. S. Hutauruk, M. Sc., “Transmisi Daya Listrik”, Erlangga, Jakarta, 1993
3. A.S. Pabla dan Ir. Abdul Hadi, “Sistem Distribusi Daya Listrik”, Erlangga, Jakarta, 1986.
4. Zuhail, “Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya”, PT. Gramedia, Jakarta, 1988.
5. DR. A. Arismunandar dan DR. S. Kuwahara, “Teknik Tenaga Listrik”, Jilid II, Pradnya Paramita, Jakarta, 1993.
6. S.B Crary, L.E. Saline, “Location of Series Capacitors in High Voltage Transmission System”, AIEE, 1953.
7. M. Titarenko and I. Noskov – Dukelsky, “Protective Relaying In Electric Power Systems”, Moscow.S