

---

**PENUNTUN PRAKTIKUM  
SISTEM TENAGA**

---



**LABORATORIUM TRANSMISI DAN DISTRIBUSI  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
MEDAN**

---

## **UNIT C**

**Saluran Transmisi Pendek**

**Saluran Transmisi Menengah**

**Kompensasi Shunt Saluran Transmisi Menengah**

---

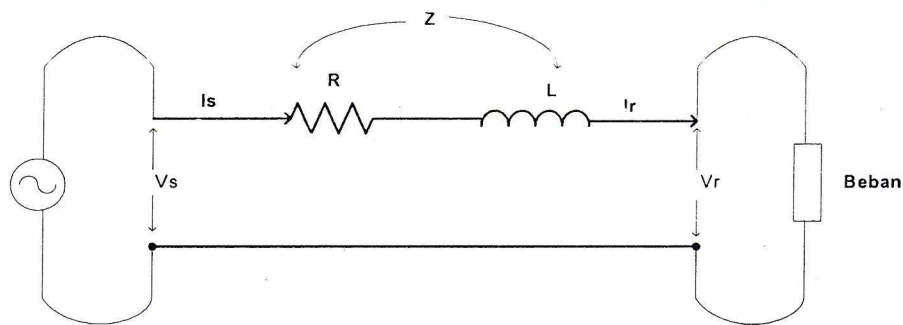
## 7. PERCOBAAN C1: SALURAN TRANSMISI PENDEK

### 7.1 TUJUAN PERCOBAAN

- Mengenal dan memahami hubungan antara arus dan tegangan pada saluran transmisi pendek.
- Mengenal dan memahami konstanta ABCD pada saluran transmisi pendek.
- Memahami pengaruh penambahan kapasitor di sisi beban terhadap faktor daya beban pada saluran transmisi pendek.
- Memahami pengaruh perubahan factor daya dari beban terhadap regulasi tegangan saluran transmisi pendek.
- Mengenal dan memahami diagram aliran daya.

### 7.2 TEORI UMUM

Saluran transmisi pendek didefinisikan sebagai saluran transmisi yang panjangnya kurang dari 80 km. Pada saluran model ini besar kapasitansi ke tanah sangat kecil, dengan demikian besar arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan. Rangkaian ekuivalen saluran transmisi pendek ditunjukkan pada Gambar 7.1 dengan kapasitansi saluran diabaikan.



Gambar 7.1 Rangkaian ekuivalen saluran transmisi pendek

Hubungan tegangan dengan arus pada saluran transmisi pendek adalah sebagai berikut:

$$V_S = V_R + Z \cdot I_R \quad (7.1)$$

$$I_S = I_R \quad (7.2)$$

di mana,

$V_S$  = tegangan saluran terhadap netral pada ujung pengirim

$V_R$  = tegangan saluran terhadap netral pada ujung penerima

$I_S$  = arus pada ujung pengirim

$I_R$  = arus pada ujung penerima

Pengaturan tegangan atau voltage regulation ( $VR$ ) didefinisikan sebagai:

$$VR(\%) = \frac{|V_{R(NL)}| - |V_{R(FL)}|}{|V_{R(FL)}|} \times 100\% \quad (7.3)$$

di mana,

$|V_{R(NL)}|$  = tegangan skalar ujung beban pada beban nol (No Load)

$|V_{R(FL)}|$  = tegangan skalar ujung beban pada beban penuh (Full Load)

Untuk saluran transmisi pendek  $|V_{R(NL)}| = |V_S|$ , dan  $|V_{R(FL)}| = |V_R|$ , maka:

$$VR(\%) = \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|} \times 100\% \quad (7.4)$$

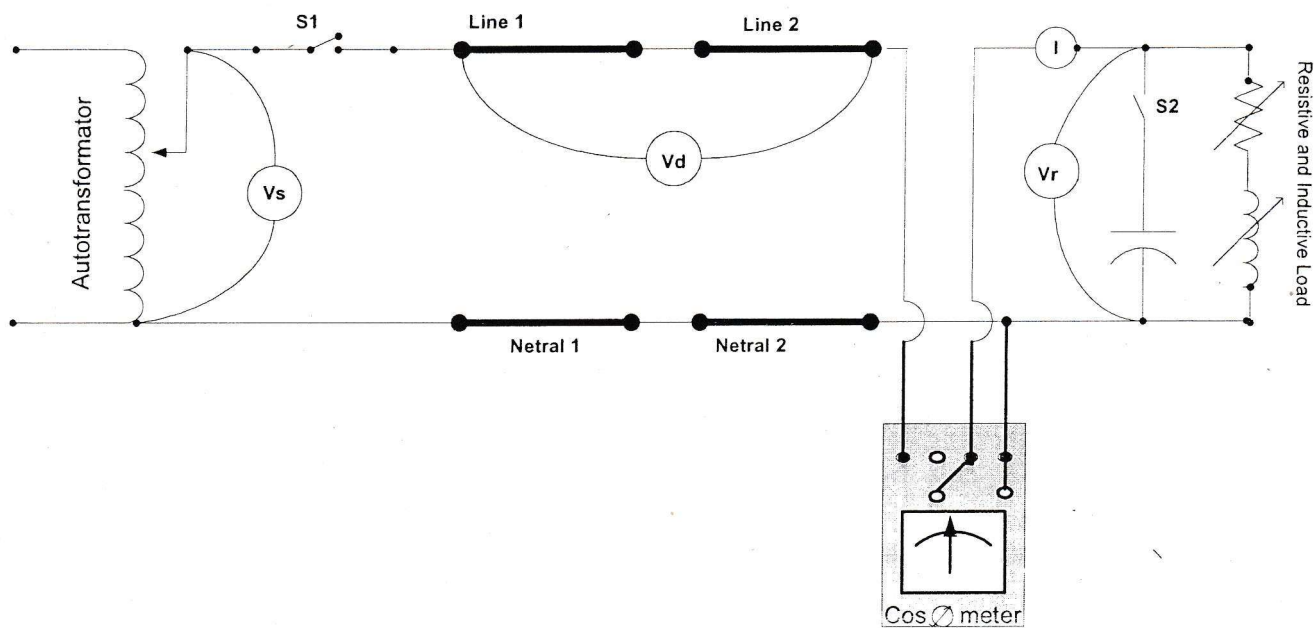
### 7.3 RANGKAIAN PERCOBAAN

Lihat Gambar 7.2.

### 7.4 PROSEDUR PERCOBAAN

#### a. Tanpa Perbaikan Faktor Daya

1. Buat rangkaian percobaan seperti pada Gambar 7.2.
2. Setelah dirangkai periksa dengan teliti kembali bersama asisten apakah hubungan rangkaian percobaan tersebut sudah sesuai dan terhubung dengan baik.
3. Siapkan beban resistif dan induktif yang besarnya ditentukan asisten.



Gambar 7.2 Rangkaian percobaan saluran transmisi pendek

4. Saklar  $S_1$  ditutup dan Autotransformer diatur tegangan keluarannya ( $V_S$ ) sehingga tegangan pada sisi penerima ( $V_R$ ) adalah sebesar yang ditentukan asisten.
5. Catat besarnya  $V_S$ ,  $I$ ,  $V_D$ , dan  $\text{Cos } \phi$  yang ditunjukkan pada alat ukur.
6. Tambah beban dengan menutup saklar beban sesuai petunjuk asisten dengan menjaga tegangan sisi penerima tetap konstan.
7. Lakukan langkah 5 dan 6 seterusnya sehingga didapatkan 3 data.
8. Jika percobaan sudah selesai, turunkan tegangan autotransformer perlahan-lahan sampai menjadi nol.

#### b. Dengan Perbaikan Faktor Daya

1. Dengan rangkaian percobaan yang sama, paralelkan kapasitor melalui saklar  $S_2$  di sisi penerima sebesar yang ditentukan asisten.
2. Siapkan beban dengan nilai yang sama untuk setiap langkah seperti pada percobaan tanpa perbaikan faktor daya atau tanpa kapasitor.

3. Saklar  $S_1$  ditutup dan autotransformer diatur tegangan keluarannya ( $V_S$ ) sehingga tegangan pada sisi penerima ( $V_R$ ) sama seperti pada percobaan tanpa kapasitor.
4. Catat besarnya  $V_S$ ,  $I$ ,  $V_D$ , dan  $\cos \phi$  yang diunjukkan pada alat ukur.
5. Tambah beban dengan menutup saklar beban yang besarnya seperti pada percobaan tanpa kapasitor dengan menjaga tegangan sisi penerima tetap konstan.
6. Lakukan langkah 5 dan 6 seterusnya sehingga didapatkan 3 data.
7. Jika percobaan sudah selesai, turunkan tegangan autotransformer perlahan-lahan sampai menjadi nol.

## **8. PERCOBAAN C2:**

### **SALURAN TRANSMISI MENENGAH**

#### **8.1 TUJUAN PERCOBAAN**

- a. Mengetahui dan memahami hubungan antara arus dan tegangan pada saluran transmisi menengah.
- b. Mengetahui dan memahami konstanta ABCD pada saluran transmisi menengah.
- c. Memahami pengaruh penambahan kapasitor di sisi beban terhadap faktor daya beban pada saluran transmisi menengah.
- d. Memahami pengaruh perubahan faktor daya dari beban terhadap regulasi tegangan (voltage regulation) saluran transmisi menengah.
- e. Mengetahui dan memahami diagram aliran daya.

#### **8.2 TEORI UMUM**

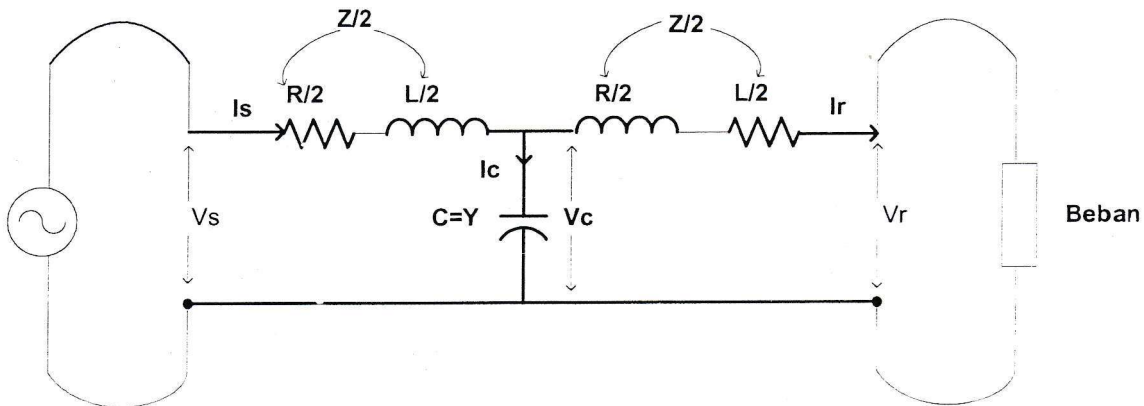
Saluran transmisi menengah didefinisikan sebagai saluran transmisi yang mempunyai panjang dari 80 km sampai 250 km. Pada saluran model ini besar kapasitansi ke tanah cukup besar sehingga tidak dapat diabaikan. Tetapi belum sangat besar sehingga dapat dianggap sebagai kapasitansi yang terpusat ( lumped capacitance ).

Kapasitansi yang terpusat pada saluran transmisi menengah dapat dipusatkan dalam satu titik atau dua titik. Sehingga saluran transmisi menengah dibedakan menjadi dua model, yaitu:

1. Saluran transmisi menengah nominal T yaitu saluran transmisi dengan kapasitansi dipusatkan pada satu titik.
2. Saluran transmisi menengah nominal PI yaitu saluran transmisi dengan kapasitansi dipusatkan pada dua titik

### 8.2.1 SALURAN TRANSMISI MENENGAH NOMINAL T

Pada saluran menengah Nominal T kapasitansi dipusatkan pada satu titik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.1 .



Gambar 8.1 Rangkaian ekivalen saluran menengah nominal T

Hubungan tegangan dan arus pada saluran transmisi menengah nominal T adalah

$$V_S = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) V_R + \left(Z + \frac{Z^2 Y}{4}\right) I_R \quad (8.1)$$

$$I_S = YV_R + \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) I_R \quad (8.2)$$

di mana,

$Z$  = impedansi seri total per fasa,

$Y$  = admitansi shunt total per fasa ke netral.

Pengaturan tegangan untuk nominal  $T$  adalah sebagai berikut,

$$V_{R(NL)} = \frac{V_S}{1 + \frac{ZY}{2}}; \quad V_{R(FL)} = V_R \quad (8.3)$$

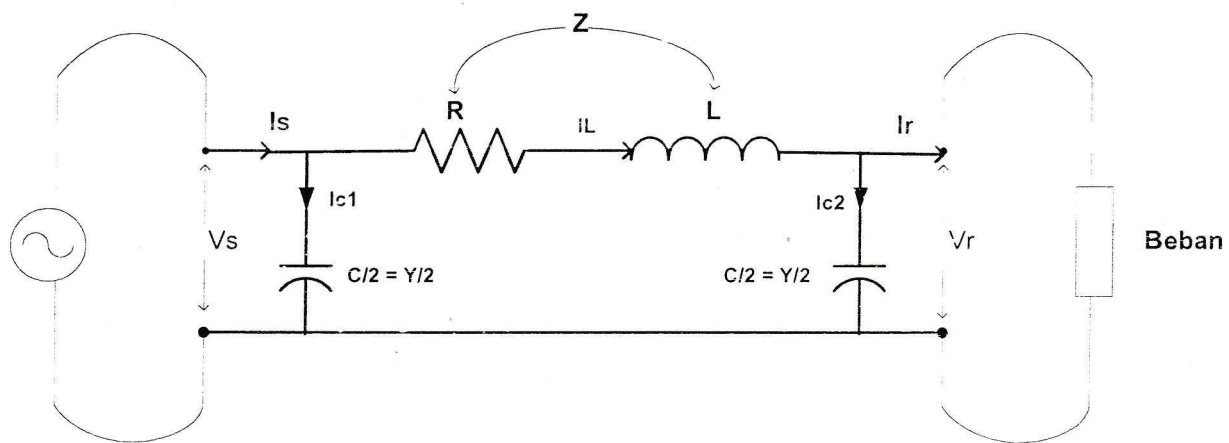
maka,

$$VR(\%) = \frac{|V_{R(NL)}| - |V_{R(FL)}|}{|V_{R(FL)}|} \times 100\% \quad (8.4)$$

$$V_R(\%) = \frac{\left| \frac{V_S}{1 + \frac{ZY}{2}} - |V_R| \right|}{|V_R|} \times 100\% \quad (8.5)$$

### 8.2.2 SALURAN TRANSMISI MENENGAH NOMINAL PI

Pada saluran menengah nominal PI kapasitansi dipusatkan pada dua titik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.1.



Gambar 8.2 Rangkaian ekuivalen saluran menengah nominal PI

Hubungan tegangan dan arus pada saluran transmisi menengah nominal PI adalah:

$$V_S = \left( 1 + \frac{ZY}{2} \right) V_R + Z \cdot I_R \quad (8.6)$$

$$I_S = \left( Y + \frac{ZY^2}{4} \right) V_R + \left( 1 + \frac{ZY}{2} \right) I_R \quad (8.7)$$

Pengaturan tegangan untuk nominal PI adalah sebagai berikut,

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

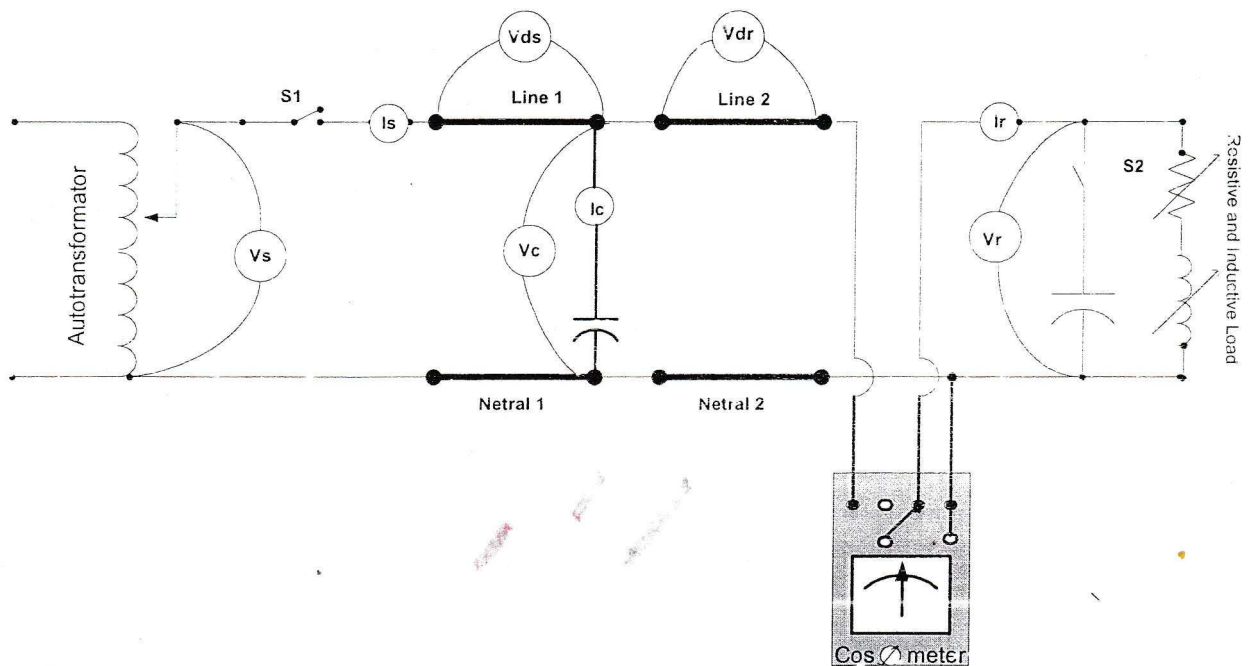
maka,

$$VR(\%) = \frac{|V_{R(NL)}| - |V_{R(FL)}|}{|V_{R(FL)}|} \times 100\% \quad (8.8)$$

$$VR(\%) = \frac{\left| \frac{V_S}{1 + \frac{ZY}{2}} - |V_R| \right|}{|V_R|} \times 100\% \quad (8.9)$$

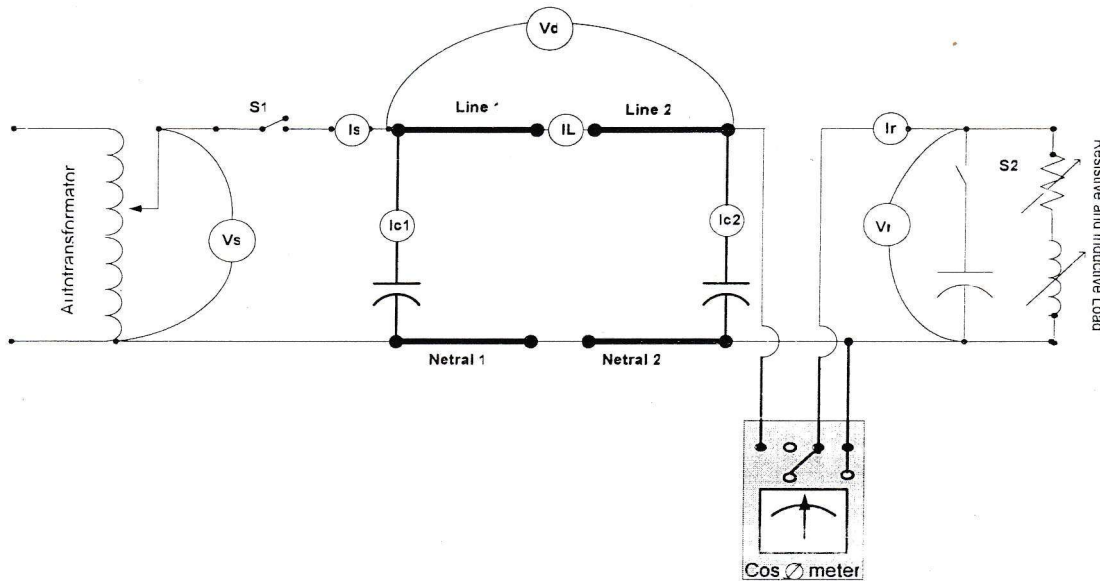
### 8.3 RANGKAIAN PERCOBAAN

#### 8.3.1 RANGKAIAN PERCOBAAN NOMINAL T



Gambar 8.3 Rangkaian percobaan saluran transmisi menengah nominal T

### 8.3.1 RANGKAIAN PERCOBAAN NOMINAL PI



Gambar 8.4 Rangkaian percobaan saluran transmisi menengah nominal PI

## 8.4 PROSEDUR PERCOBAAN

### 8.4.1 PROSEDUR PERCOBAAN NOMINAL T

#### a. Tanpa Perbaikan Faktor Daya

1. Buat rangkaian percobaan seperti pada Gambar 8.3.
2. Setelah dirangkai periksa dengan teliti kembali bersama asisten apakah hubungan rangkaian percobaan tersebut sudah sesuai dan terhubung dengan baik.
3. Siapkan beban resistif dan induktif yang besarnya ditentukan asisten.
4. Saklar  $S_1$  ditutup dan autotransformer diatur tegangan keluarannya ( $V_S$ ) sehingga tegangan pada sisi penerima ( $V_R$ ) adalah sebesar yang ditentukan asisten.
5. Catat besarnya  $V_S$ ,  $I_S$ ,  $V_{DS}$ ,  $V_{DR}$ ,  $V_C$ ,  $I_C$ ,  $V_R$ ,  $I_R$  dan  $\cos \phi$  yang ditunjukkan pada alat ukur.
6. Tambah beban dengan menutup saklar beban sesuai petunjuk asisten dengan menjaga tegangan sisi penerima tetap konstan.
7. Lakukan langkah 5 dan 6 seterusnya sampai didapatkan 3 data.
8. Jika langkah 1 s/d 7 sudah selesai dilaksanakan, turunkan tegangan autotransformer perlahan-lahan sampai menjadi nol.

b. Dengan Perbaikan Faktor Daya

1. Dengan rangkaian percobaan yang sama, paralelkan kapasitor dengan menutup saklar  $S_2$  di sisi penerima sebesar yang ditentukan asisten.
2. Siapkan beban dengan nilai yang sama untuk setiap langkah seperti pada percobaan tanpa kapasitor.
3. Saklar  $S_1$  ditutup dan autotransformer diatur tegangan keluarannya sehingga tegangan pada sisi penerima sama seperti pada percobaan tanpa kapasitor.
4. Catat besarnya  $V_S$ ,  $I_S$ ,  $V_{DS}$ ,  $V_{DR}$ ,  $V_C$ ,  $I_C$ ,  $I_R$ , dan  $\cos \phi$  yang ditunjukkan pada alat ukur.
5. Tambah beban dengan menutup saklar beban yang besarnya seperti pada percobaan tanpa kapasitor dengan menjaga tegangan sisi penerima tetap konstan.
6. Lakukan langkah 5 dan 6 seterusnya sehingga didapatkan 3 data.
7. Jika langkah 1 s/d 6 sudah selesai dilaksanakan, turunkan tegangan autotransformer perlahan-lahan sampai menjadi nol.

**8.4.2 PROSEDUR PERCOBAAN NOMINAL PI**

a. Tanpa Perbaikan Faktor Daya

1. Buat rangkaian percobaan seperti pada Gambar 8.4 .
2. Setelah dirangkai periksa dengan teliti kembali bersama asisten apakah hubungan rangkaian percobaan tersebut sudah sesuai dan terhubung dengan baik.
3. Siapkan beban resistif dan induktif yang besarnya ditentukan asisten.
4. Saklar  $S_1$  ditutup dan autotransformer diatur tegangan keluarannya sehingga tegangan pada sisi penerima adalah sebesar yang ditentukan asisten.
5. Catat besarnya  $V_S$ ,  $I_S$ ,  $V_D$ ,  $I_L$ ,  $I_{C1}$ ,  $I_{C2}$ ,  $I_R$  dan  $\cos \phi$  yang ditunjukkan pada alat ukur.
6. Tambah beban dengan menutup saklar beban sesuai petunjuk asisten dengan menjaga tegangan sisi penerima tetap konstan.
7. Lakukan langkah 5 dan 6 seterusnya sampai didapatkan 3 data.

8. Jika langkah 1 s/d 7 sudah selesai dilaksanakan, turunkan tegangan autotransformer perlahan-lahan sampai menjadi nol.

b. Dengan Perbaikan Faktor Daya

1. Dengan rangkaian percobaan yang sama, paralelkan kapasitor dengan menutup saklar  $S_1$  di sisi penerima sebesar yang ditentukan asisten.
2. Siapkan beban dengan nilai yang sama untuk setiap langkah seperti pada percobaan tanpa kapasitor.
3. Saklar  $S_1$  ditutup dan autotransformer diatur tegangan keluarannya sehingga tegangan pada sisi penerima sama seperti pada percobaan tanpa kapasitor.
4. Catat besarnya  $V_S$ ,  $I_S$ ,  $V_D$ ,  $I_L$ ,  $I_{C1}$ ,  $I_{C2}$ ,  $I_R$  dan  $\cos \phi$  yang ditunjukkan pada alat ukur.
5. Tambah beban dengan menutup saklar beban yang besarnya seperti pada percobaan tanpa kapasitor dengan menjaga tegangan sisi penerima tetap konstan.
6. Lakukan langkah 5 dan 6 seterusnya sehingga didapatkan 3 data.
7. Jika langkah 1 s/d 6 sudah selesai dilaksanakan, turunkan tegangan autotransformer perlahan-lahan sampai menjadi nol.

## 9. PERCOBAAN C3:

### KOMPENSASI SHUNT SALURAN TRANSMISI MENENGAH

#### 9.1 TUJUAN

Memahami pengaruh kompensasi shunt pada saluran transmisi menengah terhadap pengaturan tegangan.

#### 9.2 TEORI UMUM

Kemampuan kerja saluran transmisi, terutama dari yang panjang menengah dan lebih panjang, dapat diperbaiki dengan kompensasi reaktif jenis seri atau shunt. Kompensasi seri terdiri dari suatu "bank" kapasitor yang dihubungkan seri dengan masing-masing penghantar fasa saluran. Kompensasi seri memperkecil impedansi seri saluran, yang merupakan penyebab utama jatuh tegangan dan merupakan faktor terpenting dalam penentuan daya maksimum yang dapat dikirimkan oleh saluran. Kompensasi shunt dilakukan dengan menempatkan induktor antara masing-masing saluran dan netral untuk mengurangi sebagian atau menghilangkan sama sekali susceptansi shunt saluran tegangan tinggi, yang terutama penting pada keadaan beban yang ringan di mana tegangan ujung penerima dapat menjadi sangat tinggi, jika tidak diadakan kompensasi.

Pada saluran transmisi menengah dan panjang, arus pengisian  $I_{chg}$  akibat adanya kapasitansi saluran tidak dapat lagi diabaikan, dan nilainya didefinisikan sebagai,

$$I_{chg} = B_C \times V_{ln} \quad (9.1)$$

di mana  $B_C$  adalah susceptansi kapasitif total saluran dan  $V_{ln}$  adalah tegangan ke netral yang diizinkan. Jika kita menghubungkan induktor antara saluran ke netral pada salah satu ujung atau pada kedua ujung saluran maka susceptansi induktif total menjadi  $B_L$  dan arus pengisian menjadi

$$\begin{aligned} I_{chg} &= (B_C - B_L) \times V_{ln} \\ &= B_C V_{ln} \left( 1 - \frac{B_L}{B_C} \right) \end{aligned} \quad (9.2)$$

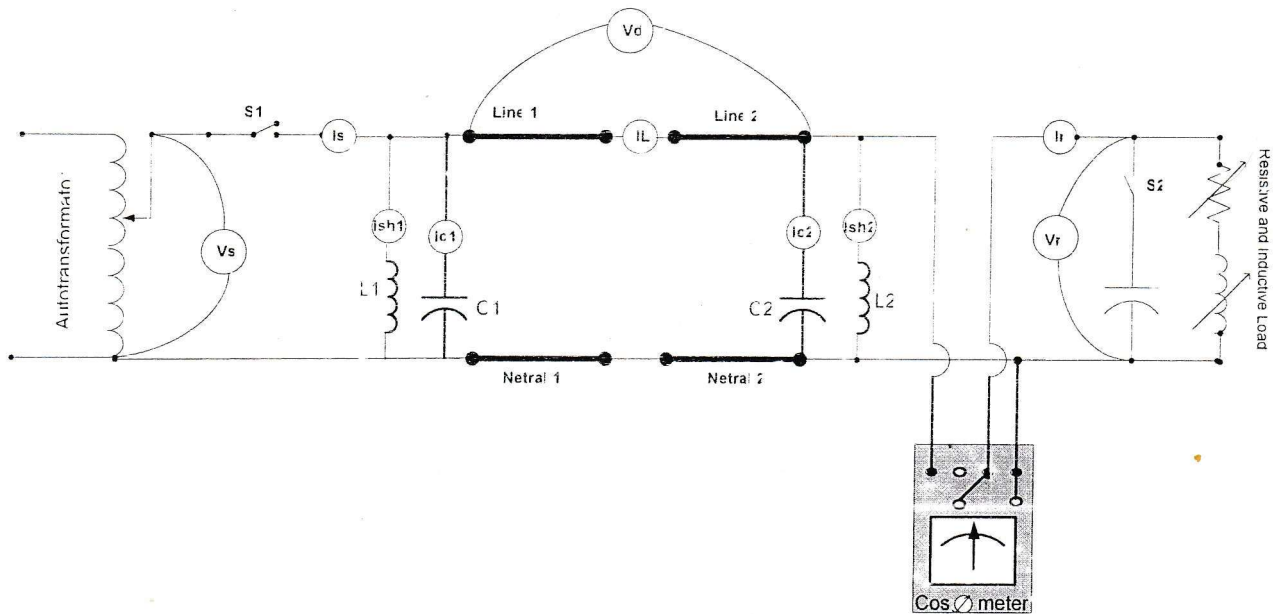
Kita lihat bahwa arus pengisian diperkecil oleh faktor yang terdapat di dalam kurung. Faktor ini disebut faktor kompensasi shunt dan nilainya adalah  $B_L/B_C$ .

### 9.3 RANGKAIAN PERCOBAAN

Lihat Gambar 9.1.

### 9.4 PROSEDUR PERCOBAAN

1. Buat rangkaian percobaan seperti pada Gambar 9.1.
2. Untuk keadaan tanpa kompensasi shunt, mula-mula lepas L1 dan L2.
3. Atur tegangan pada sisi beban pada nilai tertentu, ini menjadi tegangan beban penuh.
4. Kemudian catat tegangan pada sisi beban jika beban dilepas dari rangkaian, ini menjadi tegangan tanpa beban.



Gambar 9.1 Rangkaian percobaan kompensasi shunt

5. Untuk keadaan dengan kompensasi shunt, hubungkan L1 dan L2, lakukan kembali langkah 3 dan 4.
6. Tentukan masing-masing pengaturan tegangan untuk tanpa kompensasi dan dengan kompensasi dan tulis hasilnya pada tabel data.

## LEMBARAN DATA UNIT C

### I. PERCOBAAN SALURAN TRANSMISI PENDEK

Data masing-masing Line:

$$R = 1,7 \Omega$$

$$L = 2,8 \text{ mH}$$

Besar tegangan sisi penerima :  $V_R =$  Volt (konstan)

Tabel data percobaan tanpa perbaikan faktor daya

No	$V_s$ (V)	I (A)	$V_D$ (V)	$\text{Cos } \emptyset$	$V_R$ (V)	Beban	
						R ( $\Omega$ )	L (mH)
						8 X	6 X
						9 X	7 X

Tabel data dengan perbaikan faktor daya

Besar kapasitor untuk perbaikan faktor daya  $C =$   $\mu\text{F}$

No	$V_s$ (V)	I (A)	$V_D$ (V)	$\text{Cos } \emptyset$	$V_R$ (V)	Beban	
						R ( $\Omega$ )	L (mH)

## II. PERCOBAAN SALURAN TRANSMISI MENENGAH NOMINAL T

Data masing-masing Line:

$$R = 1,7 \Omega$$

$$L = 2,8 \text{ mH}$$

$$C = 57,9 \mu\text{F}$$

Besar tegangan sisi penerima :  $V_R =$             Volt (Konstan)

Tabel data tanpa perbaikan faktor daya

No	Vs (V)	Is (A)	V <sub>DS</sub> (V)	V <sub>DR</sub> (V)	V <sub>c</sub> (V)	I <sub>c</sub> (A)	I <sub>R</sub> (A)	V <sub>R</sub> (V)	Cos∅	Beban	
										R(Ω)	L(mH)

Tabel data dengan perbaikan faktor daya

Besar kapasitor untuk perbaikan faktor daya C =            μF

No	Vs (V)	Is (A)	V <sub>DS</sub> (V)	V <sub>DR</sub> (V)	V <sub>c</sub> (V)	I <sub>c</sub> (A)	I <sub>R</sub> (A)	V <sub>R</sub> (V)	Cos∅	Beban	
										R(Ω)	L(mH)

### III. PERCOBAAN SALURAN TRANSMISI MENENGAH NOMINAL PI

Data masing-masing line

$$R = 1,7 \Omega$$

$$L = 2,8 \text{ mH}$$

$$C_1 = 28,95 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 28,95 \mu\text{F}$$

Besar tegangan sisi penerima  $V_R =$             Volt (konstan)

Tabel data percobaan tanpa perbaikan faktor daya

No	Vs (V)	Is (A)	V <sub>D</sub> (V)	I <sub>L</sub> (A)	I <sub>c1</sub> (A)	I <sub>c2</sub> (A)	I <sub>R</sub> (A)	V <sub>R</sub> (V)	CosØ	Beban	
										R(Ω)	L(mH)

Tabel data percobaan dengan perbaikan faktor daya

Besar kapasitor untuk perbaikan faktor daya  $C =$              $\mu\text{F}$

No	Vs (V)	Is (A)	V <sub>D</sub> (V)	I <sub>L</sub> (A)	I <sub>c1</sub> (A)	I <sub>c2</sub> (A)	I <sub>R</sub> (A)	V <sub>R</sub> (V)	CosØ	Beban	
										R(Ω)	L(mH)

#### IV. PERCOBAAN KOMPENSASI SHUNT

$C = 28,95 \mu F$

$L = 350,32 \text{ mH}$

	$I_{\text{CHG}}$ (Amp)	$V_{\text{RNL}}$ (Volt)	$V_{\text{RFL}}$ (Volt)	Voltage Regulation (%)
Tanpa kompensasi				
Dengan kompensasi shunt				