



UNIVERSITAS  
INDONESIA

*Veritas, Probitas, Iustitia*

DEPARTEMEN  
**TEKNIK  
ELEKTRO**

# Modul Praktikum *Rangkaian Listrik*



## Laboratorium Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTPL)

Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Indonesia (FTUI)

**MODUL I**  
***BRIEFING PRAKTIKUM***

Jadwal briefing praktikum akan diberitahukan lebih lanjut. Seluruh praktikan wajib hadir karena kegiatan ini termasuk dalam komponen penilaian.



## MODUL II

### DASAR KELISTRIKAN DAN ANALISIS *MESH*

#### I. TUJUAN

1. Mengetahui pengertian listrik, arus, dan tegangan
2. Menggunakan analisis *mesh* dalam suatu rangkaian listrik
3. Memahami penggunaan super *mesh*
4. Menyederhanakan penyelesaian persamaan tegangan dan arus dari suatu rangkaian listrik

#### II. DASAR TEORI

##### 1. Dasar Kelistrikan

Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang diakibatkan adanya perpindahan muatan listrik. Dalam membahas dasar kelistrikan, terdapat kaitan erat dengan tegangan, arus dan hambatan.

Tegangan (V) didefinisikan sebagai perubahan usaha yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan sebesar 1 C, yang dapat dirumuskan dalam suatu persamaan

$$V = \frac{dW}{dQ} (\text{Volt})$$

Arus (I) didefinisikan sebagai banyaknya muatan yang mengalir per satuan waktu, yang dapat dirumuskan dalam suatu persamaan

$$I = \frac{dQ}{dt} (\text{Ampere})$$

Syarat arus dapat mengalir yaitu adanya sumber tegangan, adanya hambatan dan adanya kawat penghantar (rangkaian tertutup).



Hambatan (resistansi) merupakan parameter setiap bahan dalam membatasi arus listrik. Resistansi dapat juga didefinisikan sebagai tabrakan antara elektron bebas (yang mengalir pada penghantar) dengan muatan tak bebas yang ada di ikatan atom bahan. Besarnya resistansi bergantung pada bahan jenis, panjang dan luas penampang bahan tersebut.

Resistansi dapat dirumuskan dalam suatu persamaan

$$R = \rho \frac{l}{A} (\text{Ohm})$$

## 2. Elemen Listrik

Elemen listrik dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan sifat keaktifannya, yaitu elemen aktif dan elemen pasif.

Elemen aktif memiliki ciri-ciri yaitu dapat menyuplai daya, dapat mengontrol arus/tegangan pada rangkaian, serta memiliki fungsi gain. Contohnya adalah baterai, aki, diode dan transistor.

Elemen pasif memiliki ciri-ciri yaitu hanya dapat menyerap daya, tidak dapat mengontrol arus/tegangan, serta tidak memiliki fungsi gain. Contohnya adalah resistor, induktor dan kapasitor.

Sumber daya dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sumber bebas (*independent sources*) dan sumber tak bebas (*dependent sources*).

- Independent Sources*: suatu sumber yang besaran dan sifatnya tidak dipengaruhi oleh elemen lainnya.
- Dependent Sources*: suatu sumber yang besaran dan sifatnya dipengaruhi oleh elemen lainnya.

Sumber dependent dibagi menjadi empat jenis, yaitu:

- Voltage-Controlled Voltage Source (VCVS)*
- Voltage-Controlled Current Source (VCCS)*
- Current-Controlled Current Source (CCCS)*
- Current-Controlled Voltage Source (CCVS)*



### 3. Hukum-hukum Dasar

#### a. Hukum Ohm

*“Besarnya arus listrik ( $I$ ) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau Konduktor akan berbanding lurus dengan beda potensial / tegangan ( $V$ ) yang diterapkan kepadanya dan berbanding terbalik dengan hambatannya ( $R$ )”*

atau dapat juga dikatakan bahwa tegangan yang ada di suatu penghambat berbanding lurus dengan arus yang ada di penghambat tersebut.

Hukum Ohm dirumuskan dalam suatu persamaan

$$V = I \cdot R$$

Dengan  $V$  adalah tegangan,  $I$  adalah arus yang mengalir dan  $R$  adalah hambatan dalam suatu rangkaian.

#### b. Hukum Kirchoff I (*Kirchoff's Current Law*, KCL)

*“Jumlah kuat arus yang masuk dalam titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan”*

Hukum Kirchoff I dirumuskan dalam suatu persamaan

$$\Sigma I_{\text{masuk}} = \Sigma I_{\text{keluar}}$$

#### c. Hukum Kirchoff II (*Kirchoff's Voltage Law*, KVL)

*“Dalam rangkaian tertutup, jumlah aljabar GGL ( $E$ ) dan jumlah penurunan potensial sama dengan nol”*

Hukum Kirchoff II dirumuskan dalam suatu persamaan

$$\Sigma V = 0$$



#### 4. Analisis Mesh

Pada analisis *Mesh*, perlu diperhatikan beberapa hal :

1. Rangkaian harus sebidang
2. Elemen aktif yang digunakan merupakan sumber tegangan
3. Elemen pasif yang digunakan merupakan impedansi
4. Menggunakan hukum Ohm dan Kirchoff II
5. Menentukan arus setiap rangkaian tertutup
6. Membuat persamaan tegangan

Cara mendapatkan persamaan *Mesh* :

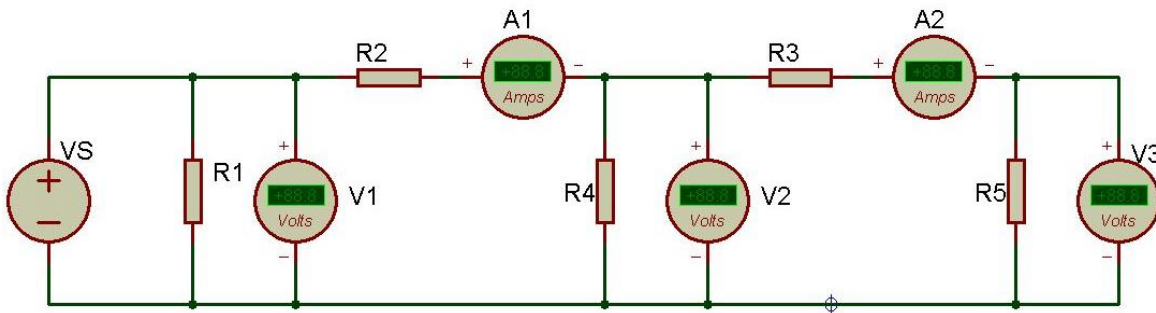
1. Tentukan harga setiap elemen dan sumber
2. Buat arus *Mesh* searah jarum jam pada setiap *Mesh*
3. Jika rangkaian hanya mengandung sumber tegangan, gunakan hukum tegangan Kirchoff mengelilingi setiap *Mesh*
4. Jika rangkaian mengandung sumber arus, untuk sementara ubahlah rangkaian yang diberikan dengan mengganti setiap sumber seperti itu dengan rangkaian terbuka. Dengan menggunakan arus – arus *Mesh* yang ditentukan ini, pakailah hukum Kirchoff II mengelilingi setiap *Mesh* atau super *Mesh* di dalam rangkaian ini.

### III. PERALATAN PERCOBAAN

1. Sumber Tegangan DC = 1 buah
2. Voltmeter DC = 3 buah
3. Amperemeter DC = 2 buah
4. Tahanan = 5 buah
5. Kabel – kabel



#### IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 1

#### V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Susunlah rangkaian percobaan seperti gambar 1
2. Catat tegangan V1, V2, V3 dan arus A1, A2 untuk sumber tegangan yang berubah–ubah sesuai dengan tabel percobaan

#### VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Hitung besarnya I1 dan I2 dengan analisis *Mesh* untuk setiap perubahan sumber tegangan (V1)
2. Carilah kesalahan pengukuran untuk setiap perubahan sumber tegangan (V1) dan hitung kesalahan rata – ratanya.
3. Gambar grafik V1 terhadap V2, V3, A1,A2 dan tuliskan persamaan yang menyatakan hubungan tersebut.



## MODUL III

### LINEARITAS DAN ANALISIS SIMPUL

#### I. TUJUAN

1. Menyelidiki rangkaian yang bersifat linear.
2. Menggunakan analisis Simpul dalam suatu rangkaian listrik
3. Memahami penggunaan super simpul
4. Menyederhanakan penyelesaian persamaan tegangan dan arus dari suatu rangkaian listrik

#### II. DASAR TEORI

##### 1. Linearitas

Suatu fungsi atau persamaan matematis dapat dikatakan linear apabila kedua kuantitas saling berbanding lurus dengan satu sama lain. Ada dua cara untuk membuktikan sebuah persamaan/fungsi linear, yaitu aditivitas dan homogenitas.

$$\textit{Aditivitas} \quad : f(x + y) = f(x) + f(y).$$

$$\textit{Homogenitas} \quad : f(ax) = af(x) \text{ untuk semua } a.$$

Rangkaian linear dapat dibentuk dari sumber-sumber bebas, sumber tak bebas linear dan elemen linear. Besarnya tegangan yang diberikan pada suatu rangkaian linear akan sebanding dengan besarnya arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut.

Contoh dari elemen linear adalah resistor, inductor, dan kapasitor. Sedangkan contoh dari non-linear ialah *BJT*, Dioda, Transistor.

##### 2. Analisis Simpul

Pada analisis simpul, perlu diperhatikan beberapa hal :

1. Elemen aktif yang digunakan merupakan sumber arus
2. Elemen pasif yang digunakan merupakan admitansi





3. Menggunakan hukum Ohm dan Kirchoff I
4. Menentukan tegangan simpul
5. Membuat persamaan arus

Cara untuk mendapatkan persamaan simpul :

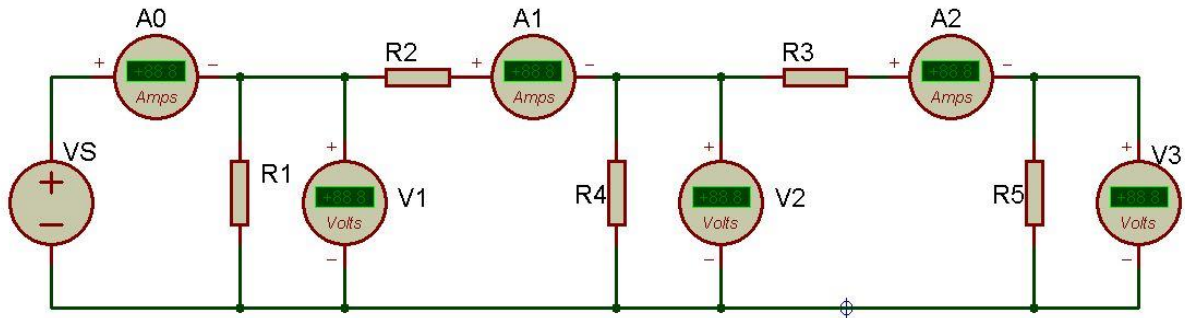
1. Tunjukkan semua nilai elemen dan sumber. Setiap sumber arus harus mempunyai nilai referensinya.
2. Pilih salah satu simpul sebagai referensi. Tuliskan tegangan simpul pada setiap simpul yang besarnya diukur terhadap referensi.
3. Jika hanya mengandung sumber arus, gunakan hukum Kirchoff I pada setiap simpul non referensi.
4. Jika rangkaian mengandung sumber tegangan, ubahlah sementara rangkaian yang diberikan dengan mengganti setiap sumber semacam itu dengan sebuah rangkaian pendek. Dengan menggunakan tegangan simpul ke referensi yang ditetapkan. Pakailah hukum Kirchoff I pada setiap simpul atau simpul arus super dalam rangkaian yang diubah ini.

### III. PERALATAN PERCOBAAN

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| a. Sumber Tegangan DC | = 1 buah |
| b. Voltmeter DC       | = 3 buah |
| c. Amperemeter DC     | = 3 buah |
| d. Tahanan            | = 5 buah |
| e. Kabel              |          |



#### IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 1

#### V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Susunlah rangkaian percobaan seperti gambar 1!
2. Yang diatur nilainya adalah arus yang keluar dari *power supply DC*, sehingga atur nilai  $V_0$  dengan mengubah tegangan pada *power supply DC*
3. Catat tegangan  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  dan arus  $A_1$ ,  $A_2$  untuk sumber arus ( $A_0$ ) yang berubah – ubah sesuai tabel percobaan

#### VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

##### Linearitas

1. Buatlah grafik  $V(t)$  vs  $I(t)$  berdasarkan percobaan pada milimeter blok!

##### Analisis Simpul

1. Hitung besarnya  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  dengan analisis simpul untuk setiap perubahan sumber arus.
2. Carilah kesalahan pengukuran untuk setiap perubahan nilai sumber arus dan hitung kesalahan rata – ratanya.
3. Gambar grafik nilai sumber arus terhadap  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  dan tuliskan persamaan yang menyatakan hubungan tersebut.



## MODUL IV

### ANALISIS SUPERPOSISI DAN THEVENIN

#### I. TUJUAN

1. Menentukan tegangan pada suatu rangkaian linear bila terdapat lebih dari satu sumber tegangan
2. Memahami penggunaan teorema Thevenin
3. Membuktikan teorema Thevenin pada suatu rangkaian listrik
4. Menyederhanakan penyelesaian persamaan tegangan dan arus dari suatu rangkaian listrik

#### II. DASAR TEORI

Dalam kelistrikan, komponen listrik dapat dikategorikan menjadi komponen linear dan non-linear. Contoh komponen linear adalah resistor, induktor dan kapasitor, sedangkan contoh komponen non-linear adalah transistor dan dioda.

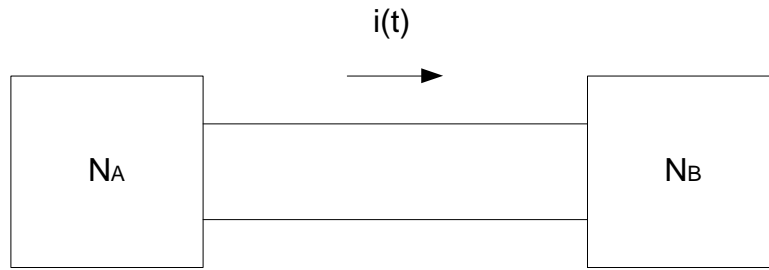
Dalam rangkaian yang linear, ada beberapa teorema yang dapat digunakan untuk menyederhanakan analisis dan perhitungan rangkaian:

##### 1. Superposisi

Di dalam setiap jaringan penahan linear yang mengandung beberapa sumber, tegangan atau arus yang melewati setiap tahanan atau sumber dapat dihitung dengan melakukan penjumlahan aljabar dari semua tegangan atau arus masing-masing yang dihasilkan oleh setiap sumber bebas yang bekerja sendiri, dengan semua tegangan bebas lain diganti oleh rangkaian hubung singkat dan semua sumber arus yang lain diganti oleh rangkaian terbuka.



2. Teorema Thevenin



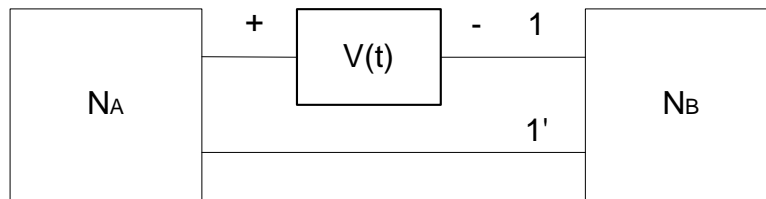
Gambar 1

$N_A$  : Rangkaian yang berisi elemen pasif dan aktif

$N_B$  : Rangkaian yang berisi elemen pasif saja

Dari  $N_A$  ke  $N_B$  mengalir arus  $i(t)$

1. Pasang sumber tegangan  $V(t)$  yang besarnya sedemikian sehingga tidak mengalir arus dari  $N_A$  ke  $N_B$



Gambar 2

2.  $i(t) = 0$  berarti  $N_A$  dan  $N_B$  dapat diputuskan di terminal 1 – 1'
3. Persamaan tegangan di 1 – 1' dalam keadaan rangkaian terbuka:
4.  $-V_{1-1'} + V(t) = 0$ ;  $V(t) = V_{1-1'}$
5.  $V_{1-1'}$  adalah tegangan rangkaian dalam keadaan terbuka ( $V$  open circuit)
6. Hitung  $V(t) = V_{1-1'}$
7. Baliklah polaritas  $V(t)$  dan hapuslah sumber tegangan/arus pada  $N_A$
8. Maka dari  $N_A$  ke  $N_B$  mengalir arus  $i(t)$  yang sama seperti semula

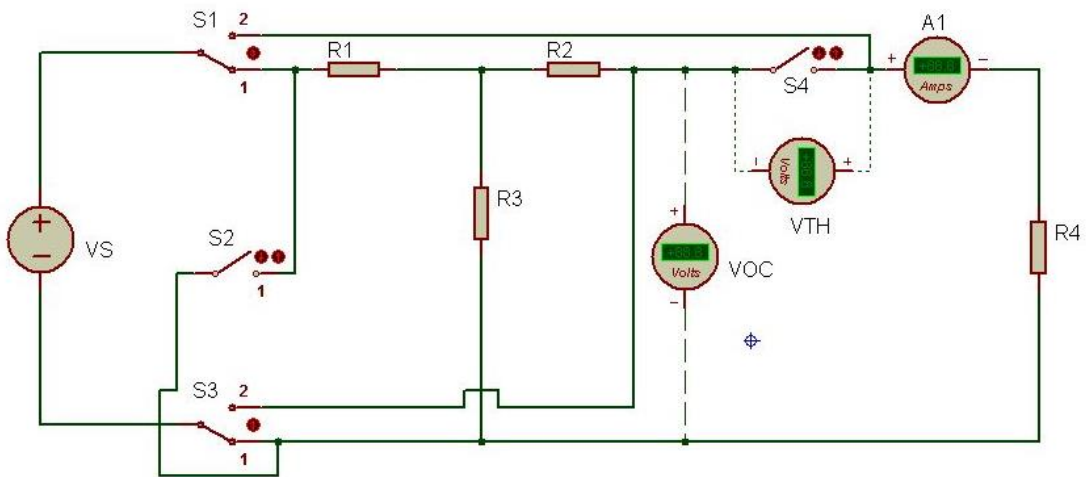


### III. PERALATAN PERCOBAAN

- a. Sumber Tegangan DC = 1 buah
- b. Voltmeter DC = 1 buah
- c. Amperemeter DC = 1 buah
- d. Tahanan = 4 buah
- e. Kabel

### IV. RANGKAIAN PERCOBAAN

#### Teorema Thevenin



Gambar 1

### V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Buatlah rangkaian seperti pada gambar 1
2. Hidupkan catu daya dan lakukan pemanasan selama beberapa saat dan atur pada posisi sumber tegangan
3. Masukkan S1&S3 pada posisi 1 kemudian masukkan S4. Catat  $V_a$  dan arus beban  $I_L$  *close loop*. Ulangi untuk tegangan yang berbeda-beda
4. Kembalikan besarnya catu daya pada posisi 0
5. Buka S4 kemudian pasang voltmeter dengan kutub (+) pada ujung rangkaian Thevenin



dan kutub (-) pada referensi (dalam gambar pada Voc). Catat Voc dengan Vs sama seperti butir 3.

6. Kembalikan besarnya catu daya pada posisi 0
7. Pindahkan S1&S3 pada posisi 2 dan masukkan S2, kemudian pindahkan posisi voltmeter dengan kutub (+) pada ujung beban dan kutub (-) pada ujung rangkaian Thevenin (dalam gambar  $V_{TH}$ ). Catat arus beban  $I_L$  dengan tegangan yang sama dengan Voc pada butir 4.

## VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Apakah arus beban  $I_L$  pada V.1.3 dan V.1.7 besarnya sama? Jelaskan!
2. dengan tidak mengubah rangkaian percobaan, apakah  $I_L$  pada V.1.7 dapat dibuat menjadi 2 x  $I_L$  pada V.1.3 ? jelaskan!
3. Bandingkan hasil pengukuran Voc terhadap hasil perhitungan sebenarnya? Hitung % kesalahannya!



## MODUL V

### ANALISIS NORTON

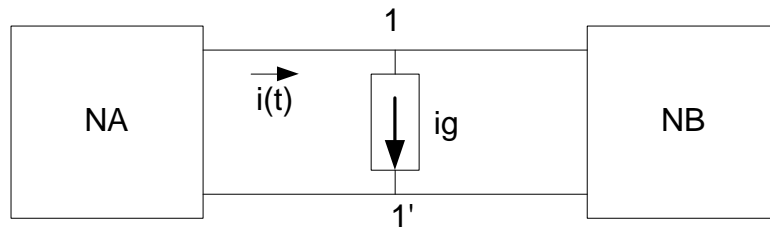
#### I. TUJUAN

1. Memahami penggunaan teorema Norton
2. Membuktikan teorema Norton pada suatu rangkaian listrik
3. Menyederhanakan penyelesaian persamaan tegangan dan arus dari suatu rangkaian listrik

#### II. DASAR TEORI

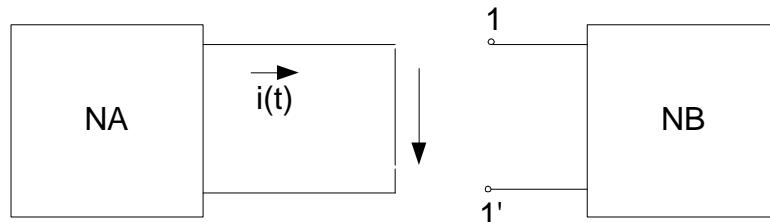
##### Teorema Norton

1. Pasang sumber arus seperti pada gambar 3 yang besarnya sedemikian sehingga arus  $i(t)$  sama besar  $i_g$ , dan ke  $N_B$  tidak mengalir arus



Gambar 1

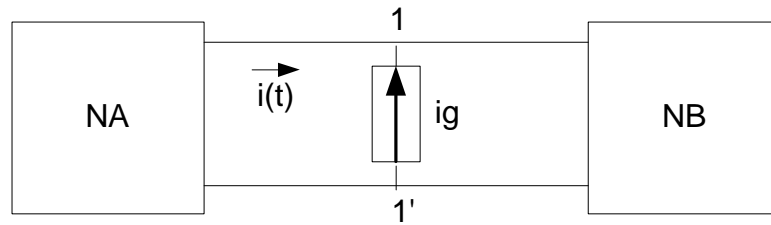
2. Hal ini berarti  $i(t) = i_g$ . Rangkaian terhubung singkat di terminal 1-1'.  $N_A$  dan  $N_B$  dilepas di 1-1'.



Gambar 2

3. Hitung arus hubung singkat  $i_g$
4. Baliklah polaritas  $i_g$  dan hapuslah semua elemen aktif pada  $N_A$
5. Maka dari  $N_A$  ke  $N_B$  mengalir arus  $i(t)$  yang sama seperti semula.



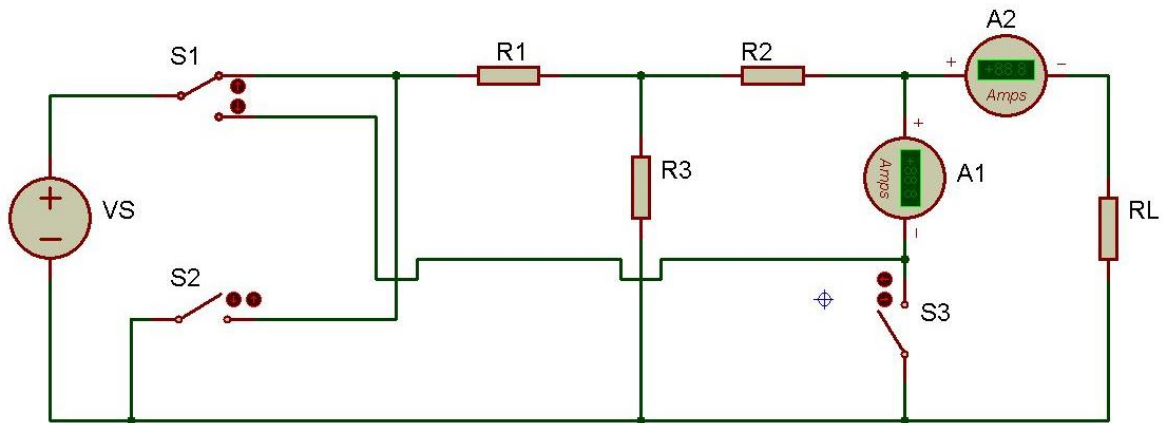


Gambar 3

### III. PERALATAN PERCOBAAN

- a. Sumber Tegangan DC = 1 buah
- b. Voltmeter DC = 1 buah
- c. Amperemeter DC = 1 buah
- d. Tahanan = 4 buah
- e. Kabel

### IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 1

### V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Buat rangkaian seperti gambar 4
2. Hidupkan catu dan atur pada posisi sumber tegangan





3. Masukkan S1 pada posisi 1. Catat  $V_s$  dan arus beban  $I_L$  (A2) close loop. Ulangi untuk tegangan yang berbeda-beda.
4. Masukkan S3. Catat arus arus hubung singkat  $I_{sc}$  (A1) dengan  $V_s$  yang sama seperti butir 3.
5. Kembalikan besarnya catu daya pada posisi 0. Tutup S2, buka S3 dan pindahkan S1 pada posisi 2. atur sumber catu daya pada posisi sumber arus. Tukar polaritas amperemeter A1 dan catat arus beban  $I_L$  (A2) untuk arus yang sama (A1) seperti pada butir 4.

## VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Apakah arus beban  $I_L$  pada V.2.3 dan V.2.5 besarnya sama? Jelaskan!
2. Apakah arus beban  $I_L$  pada percobaan Norton dan Thevenin sama untuk nilai  $v_s$  yang sama? Mengapa?
3. Bandingkan hasil pengukuran  $I_{sc}$  dengan hasil perhitungan! Hitung 5 kesalahannya!
4. Cari  $R_{TH}$  dari hasil percobaan dan bandingkan dengan  $R_{TH}$  hasil perhitungan sebenarnya! Hitung % kesalahannya!
5. Buat grafik  $V_{oc}$  vs  $I_{sc}$  pada  $V_s$  yang sama!



## MODUL VI

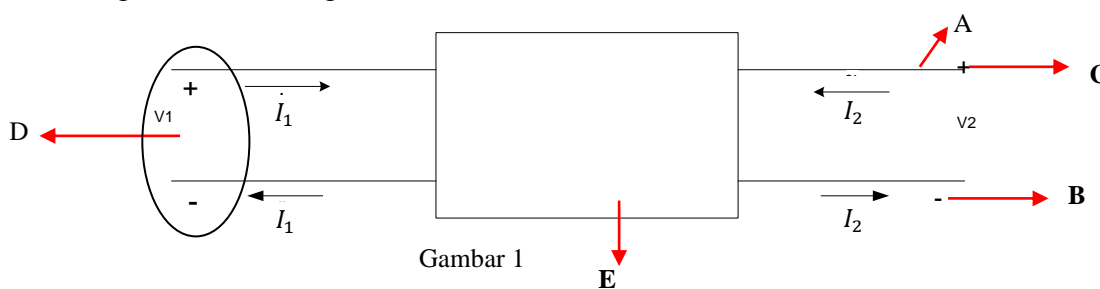
### RANGKAIAN KUTUB EMPAT

#### I. TUJUAN

1. Menentukan parameter admitansi dan impedansi dari suatu rangkaian kutub empat
2. Menggunakan parameter rangkaian tersebut untuk menyederhanakan dan mensistematisasikan analisis jaringan dengan dua titik singgah yang linear

#### II. DASAR TEORI

Rangkaian kutub empat adalah suatu rangkaian yang memiliki sepasang terminal pada sisi input dan output. Sepasang terminal ini biasa juga disebut *port*. Rangkaian kutub empat banyak dipergunakan dalam jaringan sistem komunikasi, sistem kontrol, sistem daya dan rangkaian elektronik. Rangkaian kutub empat atau sering disebut sebagai jaringan 2 *port* digambarkan sebagai berikut:



A=Terminal                      C=Kutub positif   E=Blackbox  
 B=Kutub negatif                D=Port

Syarat suatu rangkaian kutub empat adalah kondisi *port* saat arus yang masuk sama dengan arus yang keluar pada *port* yang sama. Suatu rangkaian disebut resiprokal apabila tegangan yang terukur pada *port* 2 terhadap arus pada *port* 1 sama dengan tegangan yang terukur ada *port* 1 terhadap arus pada *port* 2. Syarat lain adalah dimana tidak boleh ada sumber dependen pada rangkaian yang resiprokal. Sedangkan, rangkaian dikatakan simetri bila impedansi input sama dengan impedansi outputnya.



Simetris

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2}$$

Resiprokal

$$\frac{V_1}{I_2} = \frac{V_2}{I_1}$$

Port Condition

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

Analisis suatu rangkaian kutub empat didasarkan atas arus dan tegangan masukan dan keluaran sehingga terdapat banyak persamaan yang menggambarkan hubungan tersebut. Hubungan tersebut kemudian dinamakan dengan parameter.

Parameter rangkaian kutub empat dibedakan atas:

- a. Parameter admitansi (Y)
- b. Parameter impedansi (Z)
- c. Parameter hibrid (h)
- d. Parameter tranmisi (abcd)
- e. Parameter inver transmisi
- f. Parameter inverse-hibrid (g)

Parameter admitansi didapat dengan menuliskan persamaan arus sebagai fungsi dari tegangan jaringannya.

$$I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2$$

$$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2$$

$$\begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \end{vmatrix}$$

Parameter impedansi didapat dengan menuliskan persamaan tegangan terminal sebagai fungsi dari arus jaringannya.



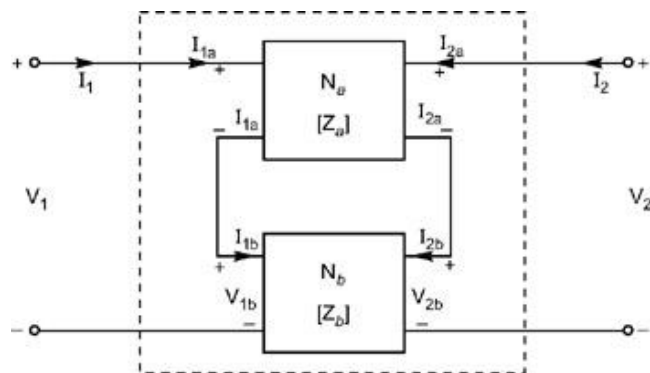
$$V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$$

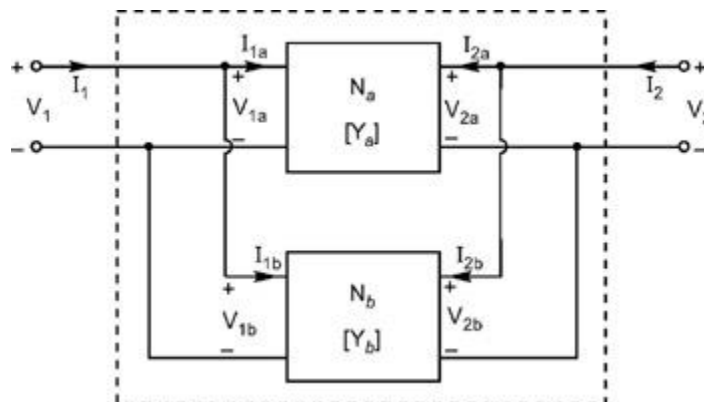
$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Hubungan antar rangkaian kutub empat disebut interkoneksi dan terdapat tiga jenis interkoneksi pada rangkaian kutub empat, yaitu:

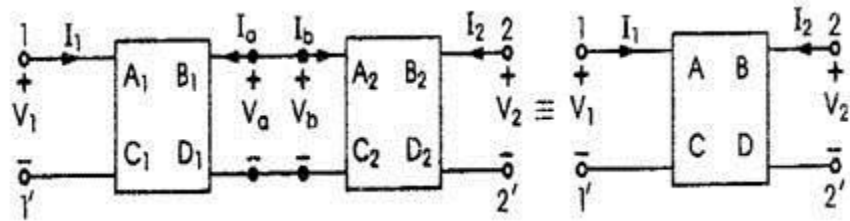
### 1. Interkoneksi Hubung Seri



### 2. Interkoneksi Hubung Paralel



3. Interkoneksi Hubung Cascade



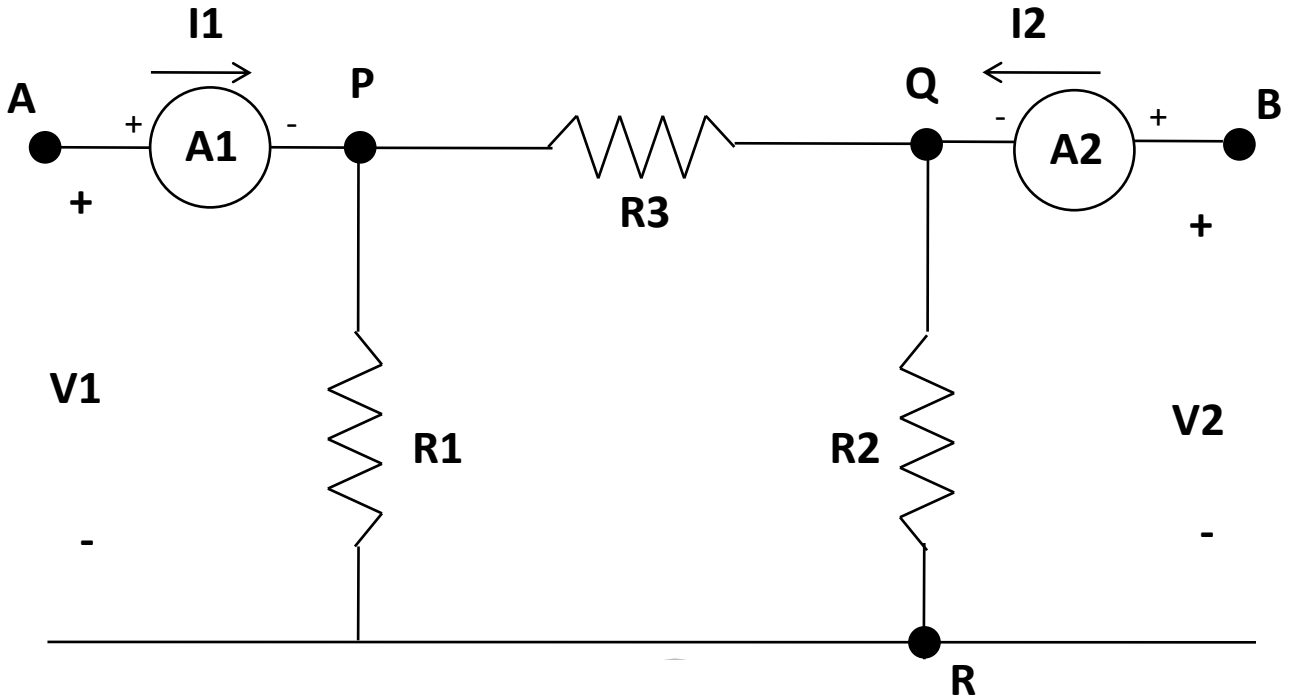
III. PERALATAN PERCOBAAN

- a. 1 catu daya
- b. 2 Amperemeter DC
- c. 2 Voltmeter DC
- d. Tahanan
- e. Kabel-kabel



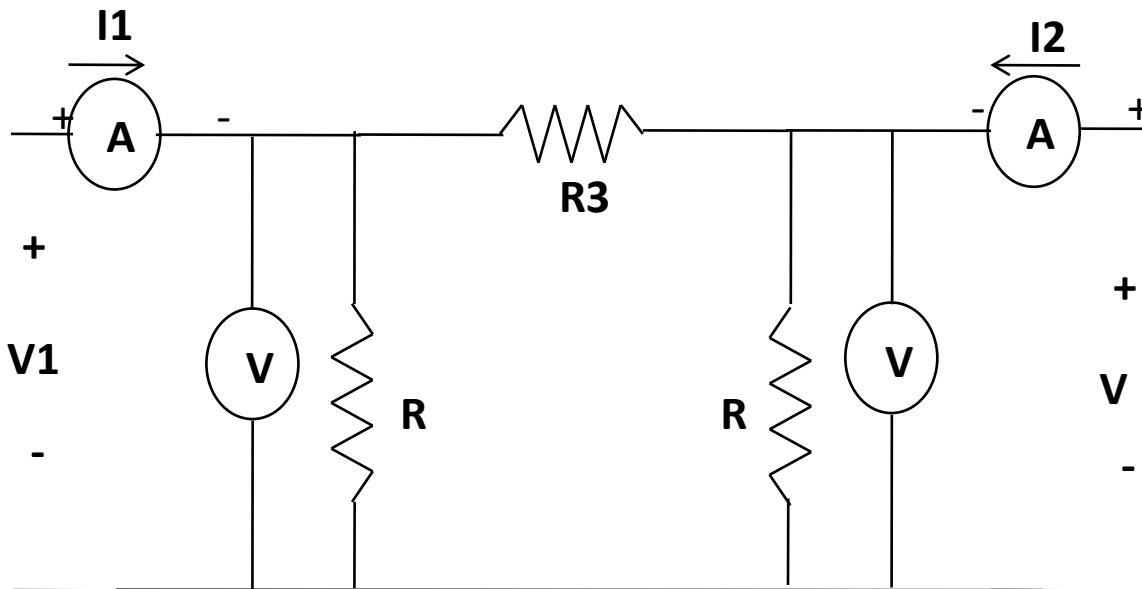
#### IV. RANGKAIAN PERCOBAAN

##### 1. Parameter Admitansi



Gambar 2

##### 2. Parameter Impedansi



Gambar 3



## V. PROSEDUR PERCOBAAN

### A. Parameter Admitansi

1. Susun rangkaian seperti Gbr. 4.2
2. Hubungkan titik B dengan R, dan titik S dengan P
3. Berikan catu daya pada V1 dan balik polaritas A2.
4. Hidupkan *power supply*. Catat arus I1 dan I2 untuk tiap kenaikan tegangan V1
5. Kembalikan catu daya ke posisi nol (0), matikan *power supply*
6. Hubungkan titik A dengan R dan S dengan Q
7. Berikan catu daya pada V2 dan balik polaritas A1 dan A2
8. Hidupkan *power supply*. Catat arus I1 dan I2 untuk tiap kenaikan tegangan V2
9. Kembalikan catu daya ke posisi nol (0), matikan *power supply*

### B. Parameter Impedansi

1. Susun rangkaian seperti Gambar. 4.3
2. Berikan catu daya pada V1
3. Hidupkan *power supply*. Catat tegangan V1 dan V2 untuk setiap kenaikan I1
4. Kembalikan catu daya ke posisi nol (0), matikan *power supply*
5. Berikan catu daya pada V2
6. Hidupkan *power supply*. Catat besar arus V1 dan V2 untuk tiap kenaikan I2
7. Kembalikan catu daya ke posisi nol (0), matikan *power supply*

## VI. PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan rangkaian kutub empat?
2. Jelaskan alasan dibutuhkanannya analisis rangkaian kutub empat dalam analisis rangkaian listrik?
3. Buat matriks *hybrid*, *inverse hybrid*, transmisi dan *inverse* transmisi dari rangkaian percobaan praktikum!



## MODUL VII

### RANGKAIAN AC

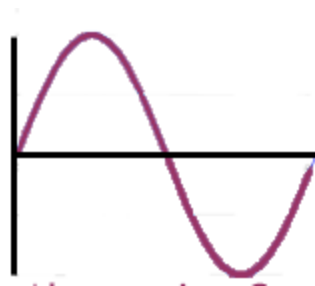
#### I. TUJUAN

1. Menganalisis perbedaan AC dan DC
2. Menganalisis rangkaian AC
3. Menganalisis sifat-sifat elemen-elemen aktif maupun pasif dalam rangkaian AC
4. Menyelesaikan persamaan tegangan dan arus dari suatu rangkaian listrik dengan sumber AC
5. Dapat mengaplikasikan persamaan *laplace* untuk menyelesaikan persamaan rangkaian listrik sederhana

#### II. DASAR TEORI

##### 1. *Alternating Current (AC)*

*Alternating current* dalam pengertian umumnya adalah arus bolak-balik. Secara ilmiah, pengertian AC adalah arus yang berubah-ubah dalam hal polaritas dan besarnya seiring dengan jalannya waktu. Pada umumnya, grafik AC digambarkan dalam bentuk grafik sinusoidal :



Faktor-faktor berikut adalah yang membedakan antara AC dan DC:

- Polaritas
- Frekuensi
- Daya





- Faktor daya
- Pembangkitan
- Sifat Elemen L dan C

## 2. Induktor

Sebuah induktor atau reaktor adalah elemen pasif (kebanyakan berbentuk torus) yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melintasinya. Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet ditentukan oleh induktansinya, dalam satuan Henry. Biasanya sebuah induktor adalah sebuah kawat penghantar yang dibentuk menjadi kumparan, lilitan membantu membuat medan magnet yang kuat di dalam kumparan dikarenakan hukum induksi Faraday

## 3. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektris umumnya yang secara fisis terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan bahan isolator atau dielektrik. Kapasitansi adalah ukuran kemampuan kapasitor menyimpan energi dalam medan listrik. Kapasitansi dinyatakan dalam farad. 1 farad berarti kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik 1 coulomb apabila diberi tegangan 1 volt.

## 4. Daya pada Rangkaian AC

- Daya Aktif (P)  
Adalah daya yang terpakai untuk menghasilkan energi yang sebenarnya
- Daya Reaktif (Q)  
Adalah daya yang timbul akibat adanya komponen yang bersifat induktif dan kapasitif
- Daya Semu (S)  
Adalah daya yang dibangkitkan dan ditransmisikan oleh pembangkit listrik dan



merupakan hasil perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan.

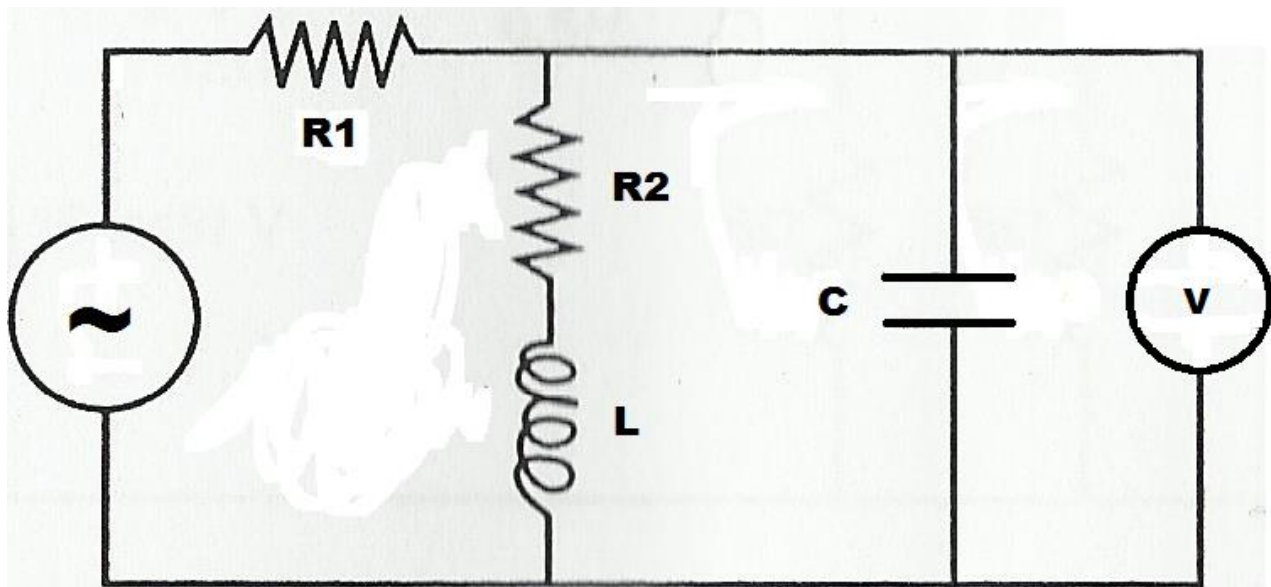
### 5. Transformasi Laplace

Transformasi Laplace adalah suatu teknik untuk menyederhanakan permasalahan dalam suatu sistem yang mempunyai masukan dan keluaran dengan melakukan transformasi dari suatu domain ke domain yang lain. Metode ini digunakan dalam menganalisis rangkaian AC untuk menyelesaikan persamaan arus dan tegangan.

## III. PERALATAN PERCOBAAN

- Power Supply AC = 1 buah
- Kapasitor variabel = 1 buah
- Induktor variabel = 1 buah
- Resistor variabel = 1 buah
- Voltmeter AC = 2 buah
- Kabel

## IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



## V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Susunlah rangkaian percobaan seperti gambar pada rangkaian percobaan
2. Catat nilai tegangan yang terukur pada voltmeter
3. Ulangi langkah 2 dengan nilai induktansi dan kapasitansi yang berbeda-beda

## VI. TUGAS DAN PERTANYAAN

1. Apakah yang akan terjadi apabila kapasitor dan induktor dipakai dalam rangkaian dengan sumber DC? Jelaskan!
2. Cari nilai fungsi waktu rangkaian dengan menggunakan rumus *second order*!



## MODUL VIII

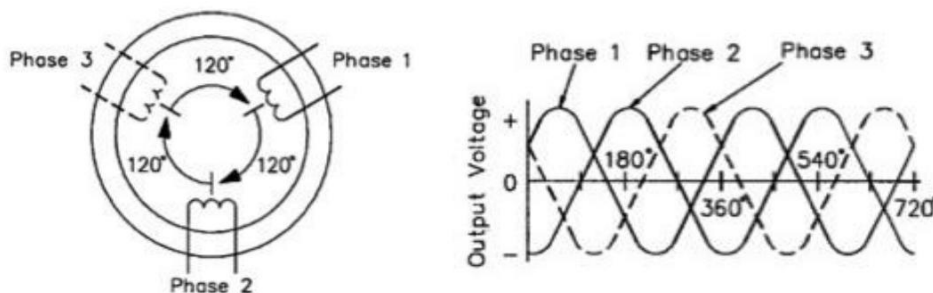
### RANGKAIAN TIGA FASA

#### I. TUJUAN

1. Memahami definisi fasa dan sistem polifasa
2. Mengetahui konfigurasi sistem tiga fasa hubung *wye* dan hubung *delta*
3. Menggambarkan hubungan-hubungan yang diperlukan dalam rangkaian beban tiga fasa hubung *delta*.
4. Membedakan beban simetris dan beban asimetris.
5. Menentukan arus pada saluran fasa untuk beban asimetris.
6. Mengetahui konversi *wye-delta*.

#### II. DASAR TEORI

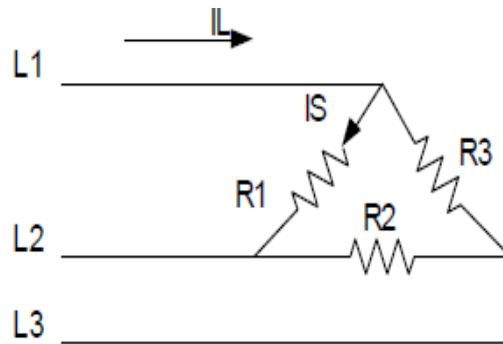
Fasa merupakan perubahan tegangan atau arus terhadap waktu yang direpresentasikan dalam bentuk sudut. Pada suatu sistem listrik, umumnya digunakan rangkaian tiga fasa pada transmisi dan pendistribusian daya. Dipilih rangkaian tiga fasa karena memperhitungkan segi ekonomis dan optimalisasi sistem listrik tersebut. Dalam pembangkitan tiga fasa dibutuhkan suatu generator AC tiga fasa. Berikut adalah gambar dari generator AC tiga fasa:



Rangkaian tiga fasa memiliki dua jenis konfigurasi, yaitu rangkaian hubung bintang dan rangkaian hubung delta.

### A. Hubung Delta

Pada hubung delta, ketiga impedansi pada beban saling dihubungkan secara seri. Ketiga saluran fasa masing-masing dihubungkan dengan simpul antara dua beban.



Gambar 2

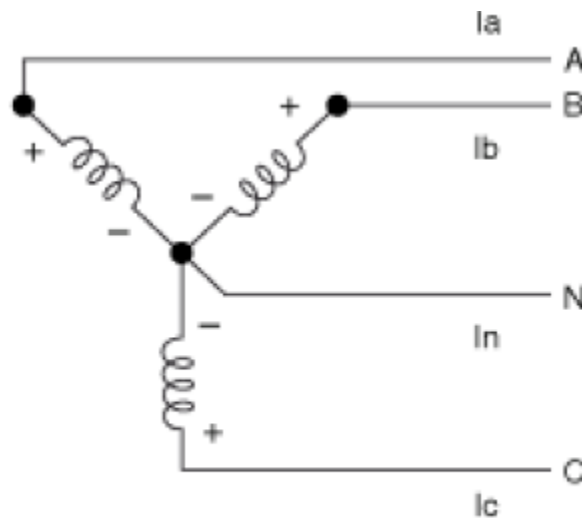
Jika ketiga beban tiga fasa adalah identik, ini disebut beban simetris. Jika ketiga bebannya berbeda, maka disebut beban asimetris.

Pada hubungan *delta*, tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai nilai yang sama, maka  $V_{line} = V_{phase}$ . Tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama, dan hubungan antara kedua arus tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan hukum kirchoff, sehingga  $I_{line} = \sqrt{3} I_{phase}$ .

### B. Hubung Wye

Dalam rangkaian beban bintang, ujung-ujung dari ketiga beban dari masing-masing fasa terhubung dalam satu titik dimana kawat netral terhubung. Masing-masing fasa dari beban tersebut di ujung satunya dihubungkan dengan line yang merupakan jalur keluar/masuk arus (A, B, & C).





Gambar 3

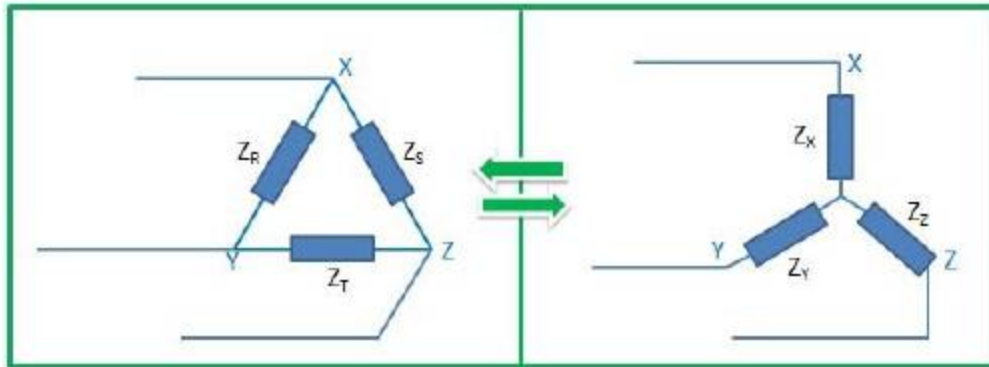
Jika nilai tahanan dari masing-masing fasa dari sistem tiga fasa identik (besar dan sudutnya sama), maka hal ini disebut dengan beban simetris. Jika nilainya berbeda disebut dengan beban asimetris.

Pada hubungan *wye*, arus saluran dan arus fasa mempunyai nilai yang sama, maka  $I_{line} = I_{phase}$ . Tetapi, tegangan saluran dan tegangan fasa tidak sama karena  $V_{line} = \sqrt{3} V_{phase}$ .

### C. Konversi Delta-Wye

Suatu rangkaian *delta* (segitiga) dapat diubah menjadi rangkaian *wye* (bintang), begitu pula sebaliknya. Cara konversinya adalah dengan menggunakan rumus di bawah ini.





Gambar 4

$$Z_R = \frac{Z_X Z_Y + Z_X Z_Z + Z_Y Z_Z}{Z_Z}$$

$$Z_S = \frac{Z_X Z_Y + Z_X Z_Z + Z_Y Z_Z}{Z_Y}$$

$$Z_T = \frac{Z_X Z_Y + Z_X Z_Z + Z_Y Z_Z}{Z_X}$$

$$Z_X = \frac{Z_R Z_S}{Z_R + Z_S + Z_T}$$

$$Z_Y = \frac{Z_R Z_T}{Z_R + Z_S + Z_T}$$

$$Z_Z = \frac{Z_S Z_T}{Z_R + Z_S + Z_T}$$

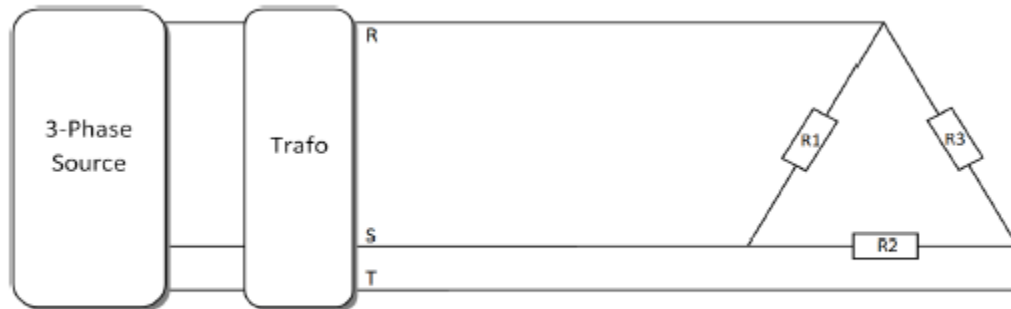
### III. PERALATAN PERCOBAAN

- a. 1 set 3-Phase Power Supply
- b. 1 set Transformer Circuit
- c. 4 buah Amperemeter
- d. 1 buah Multimeter
- e. 3 buah Resistor Variabel
- f. 1 set kabel konektor



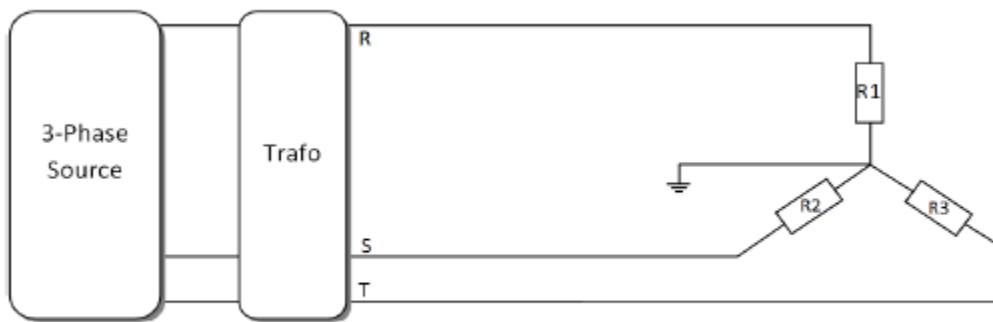
## IV. GAMBAR RANGKAIAN PERCOBAAN

### Hubung Delta



Gambar 5

### Hubung Wye



Gambar 6

## V. PROSEDUR PERCOBAAN

### PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS PADA HUBUNG DELTA

#### Percobaan 1

1. Buat rangkaian percobaan hubung *delta* (Gambar 5) dengan  $R_1 = R_2 = R_3 = 220$  ohm (simetris).
2. Ukur arus saluran IL pada saluran tiga fasa dan arus fasa I<sub>ph</sub> pada resistor tiga fasa dengan menggunakan amperemeter.
3. Ukur tegangan saluran dan fasa dengan menggunakan multimeter.





4. Bandingkan arus saluran dengan arus fasa.

### **Percobaan 2**

1. Buat rangkaian percobaan secara asimetris dengan mengganti nilai tahanan R3 menjadi 110 ohm.
2. Ukur arus fasa dan arus saluran.
3. Ukur tegangan fasa dan tegangan saluran.
4. Bandingkan arus saluran dengan arus fasa.

## **PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS PADA HUBUNG BINTANG**

### **Percobaan 1**

1. Susunlah rangkaian hubung *wye* (Gambar 6), dengan  $R_1 = R_2 = R_3 = 220$  ohm (simetris).
2. Dengan menggunakan amperemeter, hitung arus line  $I_l$  dan arus fasa  $I_{Ph}$ , juga arus netral,  $I_n$ .
3. Dengan multimeter, hitung tegangan fasa  $V_{Phase}$  dan tegangan line  $V_{Line}$  (tegangan antar fasa).
4. Bandingkan tegangan saluran dengan tegangan fasa.

### **Percobaan 2**

1. Buat rangkaian percobaan secara asimetris dengan mengganti nilai tahanan R3 menjadi 110 ohm.
2. Hitung arus pada masing-masing fasa, arus netral, tegangan fasa dan tegangan antar fasa.

## **VI. TUGAS DAN PERTANYAAN**

### **A. Hubung Delta**

1. Tuliskan hubungan antara arus saluran dengan arus fasa dan tegangan antar fasa dengan tegangan fasa dalam rangkaian *delta* simetris!
2. Apakah akibatnya jika salah satu fasa dilepas pada rangkaian hubung *delta*?



3. Apakah akibatnya jika dua fasa dilepas pada rangkaian hubung *delta*?
4. Apakah akibatnya jika salah satu saluran (*line*) dilepas pada rangkaian hubung *delta*?

### B. Hubung Bintang

1. Tuliskan hubungan antara arus saluran dengan arus fasa dan tegangan antar fasa dengan tegangan fasa dalam rangkaian *star* simetris!
2. Apa yang terjadi jika pada rangkaian *star* asimetris kawat saluran netral dilepas dari rangkaian?
3. Gambar diagram vektor tegangan fasa pada saat kawat saluran netral dilepas dari rangkaian!



## MODUL IX

### *POST TEST*

*Post test* merupakan tes akhir mengenai materi yang telah diujikan dalam praktikum Rangkaian Listrik. Seluruh praktikan wajib mengikuti *post test* ini karena termasuk komponen penilaian. Waktu dan tempat pelaksanaan *post test* akan diberi tahu lebih lanjut.



## REFERENSI

- Johnson, David E. *Electric Circuit Analysis*.1997. Prentice Hall
- Ramdhani, Mohammad. *RANGKAIAN LISTRIK*. 2008. Penerbit Erlangga
- dan sumber buku lain

