

1875/HD/91

MAKALAH

HUKUM RANGKAIAN DAN TEOREMA RANGKAIAN



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Oleh :

Drs. Amirin Supriyatno, MPd

Disampaikan Pada Penataran Keterampilan Teknik Dasar
Tingkat Nasional Dosen FPTK IKIP Jakarta, Surabaya,
Ujung Pandang, Bandung, Medan dan Padang
Pada Tanggal 17 November 1989 s.d. 17 Maret 1990
di FPTK IKIP Padang

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
IKIP PADANG
1990

DAFTAR ISI

A. HUKUM-HUKUM RANGKAIAN 1

1. Hukum Kirchoff I 1

2. Hukum Kirchoff III 2

3. Metoda Perhitungan Dalam Rangkaian 4

B. TEOREMA RANGKAIAN 11

1. Teorema Superposisi 11

2. Teorema Thevenin 13

3. Teorema Norton 18

4. Hubungan Teorema Thevenin dan Norton 22

DAFTAR BUKU BACAAN

MILIK UPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITELUKAN TGL	Des 1991
SUMBER HARTA	H0
KONVOKASI	KKI
NO. VE TARIS	1075 / H0 / g1 - h 0 (2)
GALL NO	62L.3 Sup h 1

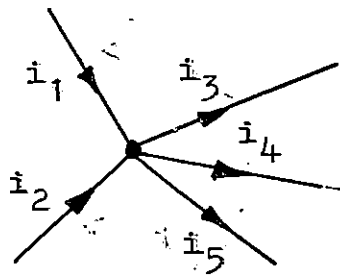
PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG LEMU
TEKNIK DIPINDA
KHUSUS UPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

A. HUKUM-HUKUM RANGKAIAN

Dalam menganalisa rangkaian listrik, diperlukan hukum rangkaian yang cocok untuk digunakan. Dalam membantu membuat laporan hasil praktekum, baik praktek teknik listrik maupun Sistem rangkaian dan piranti, hukum rangkaian dan metodenya sangat dibutuhkan. Analisa dalam pratek teknik listrik atau pun praktek Sistem rangkaian danpiranti merupakan bagian pokok dari tubuh laporan hasil praktikum, karena tanpa analisa kita tidak dapat menyimpulkan. Adapun hukum rangkaian antara lain :

1. Hukum Kirchoff I

Hukum Kirchoff I ini memusatkan pada besarnya arus yang mengalir dalam suatu rangkaian tertutup. Dalam bahasa asing hukum Kirchoff I ini lebih dikenal dengan Kirchoff's Current Low. Menurutt Joseph A Edminister (1972 : 4) hukum Kirchoff I adalah : The sum of the currents entering a junction is equal to the current leaving the junction. Selanjutnya mengatakan : If the current to ward a junction are considered positive and those away from the some junction negative, then this low states that the algebraic sum of all current meeting at a common junction is zero. Dari penjelasan di atas dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Titik Cabang.

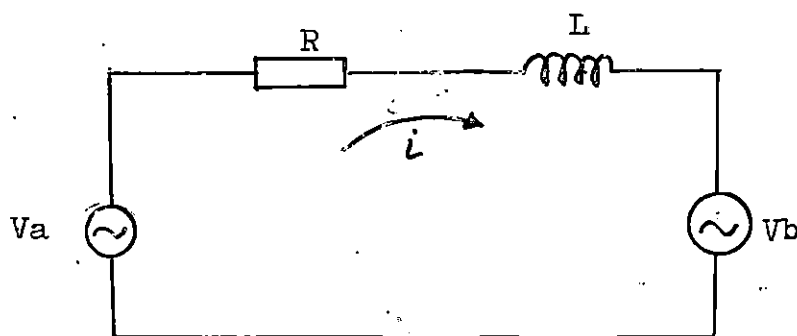
Jumlah arus yang masuk = jumlah arus yang keluar, atau dapat ditulis : $i_1 + i_2 = i_3 + i_4 + i_5$

Dari persamaan di atas dapat pula ditulis sebagai berikut

$$i_1 + i_2 - i_3 - i_4 - i_5 = 0.$$

2. Hukum Kirchoff II.

Hukum Kirchoff II ini memusatkan perhatiannya pada besarnya tegangan dalam suatu rangkaian, sebagai akibat komponen yang dilalui/dialiri arus listrik. Dalam bahasa asing disebut Kirchoff's Voltage Law (KVL). Menurut Joseph A Edminister : The sum of the potensial around any closed circuit equals the sum the drops of potensial in that circuit. Dapat juga dikatakan bahwa : the algebraic sum the potensial differences around a closed circuit is zero. Untuk lebih jelasnya ikuti gambar berikut ini.



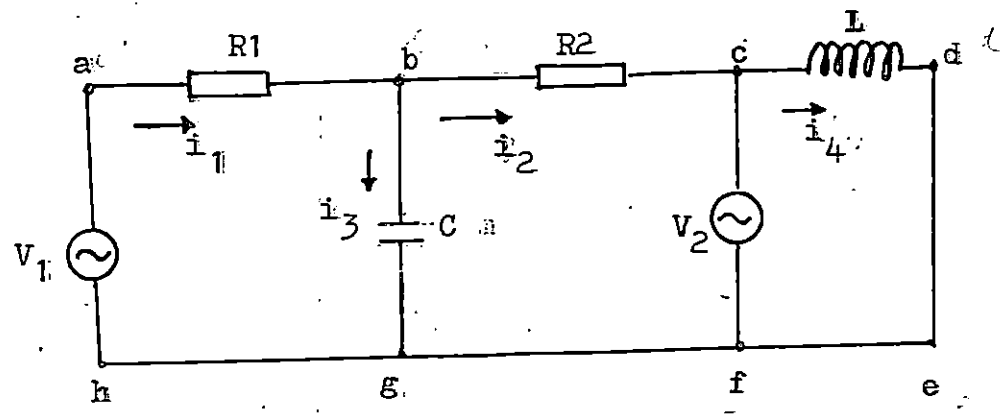
Gambar 2 Rangkaian tertutup.

Dari gambar di atas dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut :

$$V_a - V_b = Ri + L(di/dt) \quad , \text{ atau}$$

$$V_a - V_b - Ri - L(di/dt) = 0$$

Berikut ini suatu rangkaian tertutup yang mempunyai dua sumber tegangan dan beberapa komponen. Untuk mencari berapa besarnya arus yang mengalir, atau mencari besarnya tegangan drop pada komponen tersebut di gunkan hukum Kirchoff.



Gambar 3. Rangkaian tertutup dengan beberapa komponen.

Persamaan-persamaan yang kita dapatkan pada gambar di atas adalah sebagai berikut :

Untuk hukum Kirchoff I

Pada titik b.

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0 \dots\dots\dots (1)$$

Pada titik c.

$$i_2 + i_4 - i_5 = 0 \dots\dots\dots (2)$$

Untuk hukum Kirchoff II

Pada lintasan a-b-g-h-a.

$$i_1 R_1 + 1/C \int i_3 dt - V_1 = 0 \dots\dots\dots (3)$$

Pada lintasan a-b-c-f-g-h-a.

$$i_1 R_1 + i_2 R_2 + V_2 - V_1 = 0 \dots\dots\dots (4)$$

Pada lintasan c-d-e-f-c.

$$L di_4/dt - V_2 = 0 \dots\dots\dots (5)$$

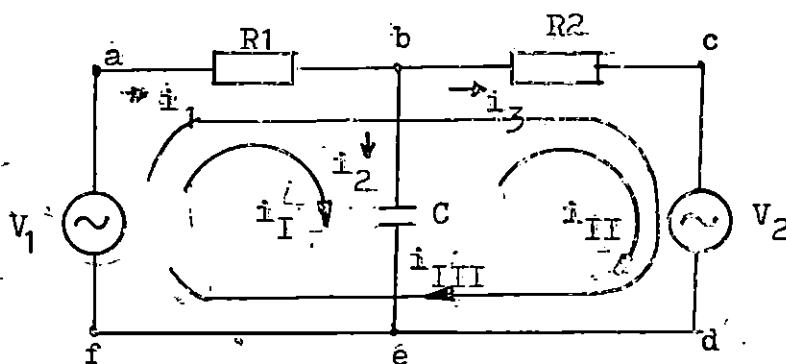
Pada lintasan a-b-c-d-f-g-h-a.

$$i_1 R_1 + i_2 R_2 + L \frac{di}{dt} - V_1 = 0 \dots\dots\dots(6)$$

3. Metoda Perhitungan Dalam Rangkaian

a. Metoda Arus Loop.

Metoda arus loop ini merupakan suatu cara untuk menyelesaikan persoalan rangkaian dimana persamaan-persamaan hukum Kirchoff untuk arus terlukis secara implisit, pada diagram rangkaianannya, dan persamaan untuk tegangannya ditulis secara eksplisit serta harus diselesaikan untuk arus yang tak diketahui. Pengertian arus loop yaitu merupakan arus yang dimisalkan mengalir dalam lintasan tertutup. Arus loop ini sebenarnya tidak dapat diukur. Agar lebih jelas ikuti contoh penentuan arus loop dibawah ini.



Gambar 4. Arus loop

Arus loop yang ada pada :

1. lintasan a-b-e-f-a : i_I
2. lintasan b-c-d-e-b : i_{II}
3. lintasan a-b-c-d-e-f-a : i_{III}

Catatan : arah arus loop boleh/dapat dimisalkan sembarang, asalkan arus loop tersebut mengalir dalam lintasan tertutup.

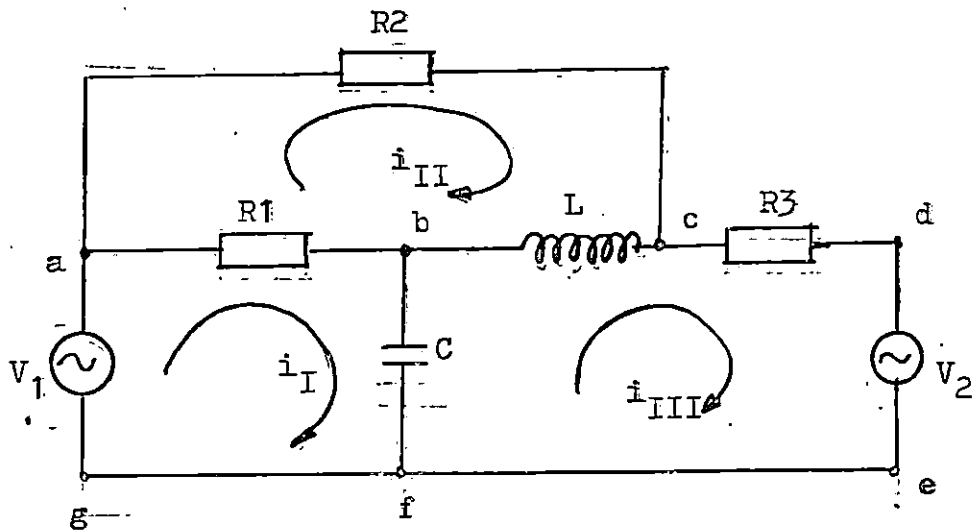
Kaitan antara arus loop dengan arus cabang, dalam rangkaian di atas adalah sebagai berikut :

arus cabang	arus loop
$a - b = i_1$	$i_I + i_{III}$
$b - c = i_2$	$i_I - i_{II}$
$b - e = i_3$	$i_{II} + i_{III}$

Langkah-langkah yang perlu dikerjakan dalam menggunakan metoda arus loop :

- 1) mencari jumlah persamaan yang digunakan dengan memperhatikan jumlah cabang dan jumlah junction. Adapun banyaknya persamaan = jumlah cabang - jumlah junction ditambah satu.
- 2) Arus loop dapat dipilih sedemikian rupa, sehingga didapat perhitungan yang lebih mudah.
- 3) Buatlah persamaan loop dengan cara/menggunakan hukum kirchoff II (KVL) pada beberapa buah loop yang ada, sehingga didapat jumlah persamaan yang diperlukan.
- 4) Bila ada sumber arus, sebaiknya gunakan sifat sumber arus tersebut (jangan menggunakan KVL melalui sumber arus).

Sebagai contoh kita ikuti rangkaian berikut ini, yang mana terdiri dari sebuah sumber tegangan dan beberapa komponen serta satu buah sumber arus. Dari rangkaian tertutup tersebut diminta berapa besarnya arus yang melalui R_2 .



Gambar 5. Rangkaian tertutup dengan sumber tegangan dan sumber arus.

Untuk mencari jumlah persamaan yang digunakan, maka dilihat jumlah cabang, ada 6 (fga, ab, ac, bf, bc, dan cdef), jumlah junction, ada 4 (a, b, c, e=f=g). Jadi jumlah persamaan ada : $6 - 4 + 1 = 3$ persamaan. Selanjutnya menentukan arus loop, dan diusahakan agar hanya ada satu arus loop yang melalui R_2 . Kita tentukan arus loopnya adalah : i_1 , i_2 , dan i_3 .

Persamaan yang didapat :

Pada loop a-b-f-g-a memberikan persamaan :

$$V_{ab} + V_{bf} + V_{ga} = 0$$

$$(i_1 - i_3) R_1 + 1/C \int (i_1 - i_2) dt + 0 - V = 0 \dots (1)$$

Pada loop a-b-c-a memberikan persamaan :

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{ca} = 0$$

$$(i_1 - i_3) R_1 + L \frac{d(i_2 - i_3)}{dt} - i_3 R_2 = 0 \dots (2)$$

Pada loop b-c-d-e-f-b memberikan persamaan :

$$V_{bc} + V_{cd} + V_{de} + V_{ef} + V_{fb} = 0$$

$$L \frac{d(i_2 - i_3)}{dt} + i_2 R_3 + V_x + 0 + 1/C (i_2 - i_1) dt$$

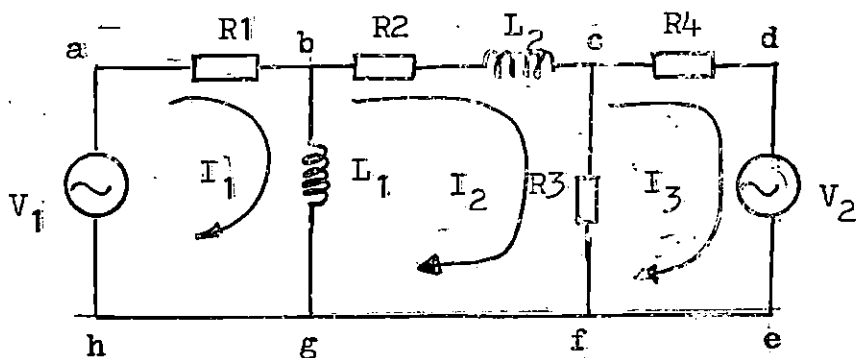
Dari hasil persamaan ini ternyata terdapat V_x yang tidak diketahui sehingga persamaan tersebut akan menyulitkan.

Untuk itu kita gunakan sifat sumber arus yang diketahui,

$$\text{yaitu : } i_2 = -i_3 \dots\dots\dots (3)$$

Dari persamaan (1), (2) dan (3) maka akan dapat dihitung besarnya arus i_3 yang melalui tahanan R_2 .

Contoh selanjutnya menggunakan angka, yang terlukis pada gambar 6 di bawah ini. Besarnya $V_1 = 30 \angle 0^\circ$, $V_2 = 20 \angle 0^\circ$, $R_1 = 5 \text{ ohm}$, $R_2 = 2 \text{ ohm}$, $R_3 = 4 \text{ ohm}$, $R_4 = 6 \text{ ohm}$, $X_{L1} = j5 \text{ ohm}$, dan $X_{L2} = j3 \text{ ohm}$. Diminta berapa besarnya arus I_3 .

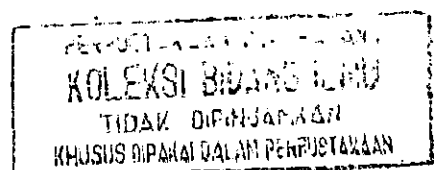


Gambar 6. Rangkaian

Dari gambar rangkaian tersebut telah diberikan tanda arah arus dan arus yang mengalir di setiap cabang, sehingga dapat dibuat persamaan menurut ketentuan arus tersebut. Jadi persamaan untuk tiap-tiap loop dapat ditentukan.

Untuk loop a-b-g-h-a

$$I_1 (R_1 + jX_{L1}) + I_2 R_1 + I_3 R_1 = V_1$$



$$I_1 (5 + j5) + I_2 5 + I_3 5 = 30 \angle 0^\circ \dots\dots (1)$$

Untuk loop a-b-c-f-g-h-a

$$I_1 R_1 + I_2 (R_1 + R_2 + jX_{L2} + R_4) + I_3 (R_1 + R_2 + jX_{L2}) = 0.$$

$$I_1 5 + I_2 (13 + j3) + I_3 (7 + j3) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Untuk loop a-b-c-d-e-f-g-h-a

$$I_1 R_1 + I_2 (R_1 + R_2 + jX_{L2}) + I_3 (R_1 + R_2 + R_3 + jX_{L2}) = -20 \angle 0^\circ.$$

$$I_1 5 + I_2 (7 + j3) + I_3 (11 + j3) = -20 \angle 0^\circ \dots(3)$$

Dari persamaan (1), (2) dan (3) dicari besarnya arus I_3 , sehingga di dapat besarnya $I_3 = 1,38 \angle -209,15^\circ$ Amper.

b. Metoda Node Voltage

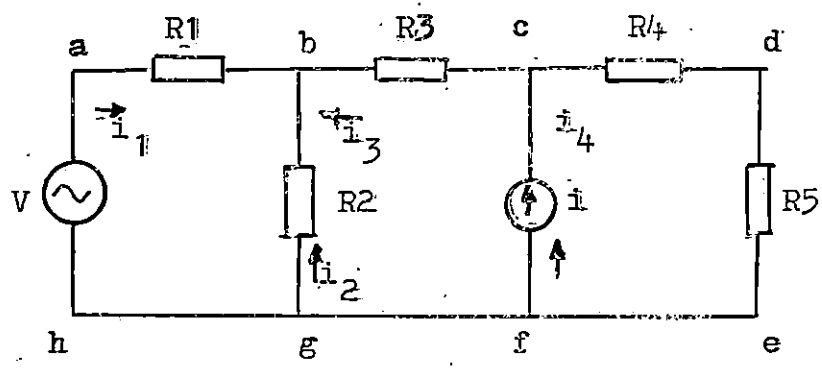
Metoda node voltage dalam analisa rangkaian adalah merupakan cara dimana persamaan hukum Kirchoff untuk tegangan digambarkan secara implisit pada diagram rangkaiannya, sehingga hanya persamaan hukum Kirchoff untuk arus saja yang perlu diselesaikan untuk tegangan yang tak diketahui. Cara ini memungkinkan kita untuk menentukan banyaknya variabel tegangan sedikit mungkin.

Langkah-langkah yang harus ditempuh untuk menyelesaikan dengan menggunakan metoda ini adalah sebagai berikut :

- 1) menentukan jumlah persamaan, yaitu dengan menentukan jumlah junction dikurangi dengan satu
- 2) pilih salah satu node sebagai titik referensi
- 3) Nyatakan tegangan node yang lain terhadap titik referensi

- 4) gunakan hukum Kirchoff I atau hukum Kirchoff untuk arus pada semua junction yang bukan titik referensi.
- 5) hitung tegangan-tegangan node
- 6) bila perlu hitung arus cabang dengan menggunakan sifat elemen rangkaian.
- 7) bila dalam rangkaian terdapat sumber arus, gunakanlah sifat sumber arus

Contoh : Dari rangkaian tertutup dibawah ini hitung besarnya tegangan V_b dan V_d .



Gambar 7. Rangkaian tertutup dengan titik referensi.

Dari rangkaian di atas terdapat junction = 3 (b, c, e=f=g=h), jadi jumlah persamaan ada 2. Kita ambil titik referensi titik g, berarti titik ini sama dengan titik e, f, h
 Tegangan titik referensi : $V_e = V_f = V_g = V_h = 0$.

Arus cabang : i_1, i_2, i_3 dan i_4 .

V_a : tegangan titik a terhadap titik referensi h

$$V_a = V_a - V_h = V$$

$$V_b = V_b - V_g = V_b$$

$$V_c = V_c - V_f = V_c$$

$$V_{de} = V_d - V_e = V_d$$

Menurut hukum Kirchoff I : pada titik b

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$\frac{V_a - V_b}{R_1} + \frac{V_g - V_b}{R_2} + \frac{V_c - V_b}{R_3} = 0 \quad \text{atau}$$

$$\frac{V_a - V_b}{R_1} + \frac{V_b}{R_2} + \frac{V_c - V_b}{R_3} = 0 \quad \dots\dots(1)$$

Pada titik c

$$-i_3 - i_4 + i = 0$$

$$-\frac{V_c - V_b}{R_3} - \frac{V_c - V_d}{R_4} + i = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dari persamaan (1) dan persamaan (2) dapat dihitung besarnya V_b dan V_d .

B. TEOREMA RANGKAIAN

f. Teorema Superposisi

Dalam setiap rangkaian listrik, tegangan dan arus pada suatu unsur merupakan akibat yang ditimbulkan oleh sumber yang dikenakannya. Jika suatu rangkaian mempunyai beberapa sumber, setiap tegangan dan arus pada unsur-unsurnya dapat dipandang sebagai jumlah beberapa komponen di mana masing-masing komponen disebabkan oleh sebuah sumber. Prinsip superposisi jika diterapkan pada suatu rangkaian resistansi konstan, menyatakan bahwa arus dan tegangan di setiap cabang yang dihasilkan oleh beberapa sumber yang dikenakan secara serentak adalah jumlah aljabar arus atau tegangan yang dihasilkan pada cabang itu oleh masing-masing sumber secara tersendiri. Prinsip ini berdasarkan kenyataan bahwa arus dalam resistansi berbanding lurus dengan tegangannya.

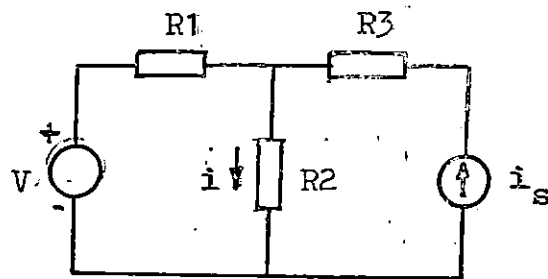
Prinsip superposisi ini dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan rangkaian listrik. Setiap sumber yang bekerja dalam rangkaian itu dapat dianggap berdiri sendiri dan sumber-sumber yang lain dianggap sama dengan nol. Komponen tegangan atau arus yang dihasilkan oleh masing-masing sumber itu dihitung sendiri-sendiri, tanggapan keseluruhan pada setiap cabangnya adalah jumlah aljabar semua komponen tanggapannya. Dengan demikian secara umum prinsip superposisi dapat dikatakan sebagai berikut :

Dalam suatu rangkaian linier yang mengandung lebih dari

satu sumber (arus atau tegangan), respon dapat diperoleh dengan menjumlahkan semua respon yang diperoleh dari masing-masing sumber saja dengan semua sumber yang lain dibuat sama dengan nol (hubung-singkatkan untuk sumber-sumber tegangan dan rangkaian terbuka untuk sumber arus).

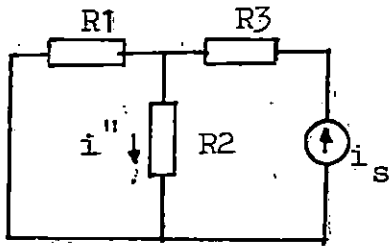
Yang dimaksudkan dengan rangkaian linier adalah rangkaian yang terdiri/tersusun dari sumber independen, sumber dependen yang linier dan elemen-elemen R, L dan C. Sumber dependen linier adalah sumber dependen yang arus atau tegangannya sebanding dengan pangkat satu dari tegangan atau arus lain, atau sebanding dengan jumlah pangkat satu besaran-besaran tersebut.

Contoh : Diketahui rangkaian berikut : R_1, R_2 masing-masing 10 k ohm, $R_3 = 11$ k ohm. Tegangan sumber $V = 2 e^{-3t}$ volt dan $i_s = 20$ mA. Hitung berapa besarnya i



Gambar 8.

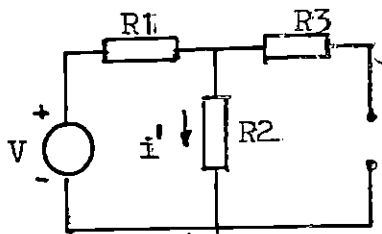
Jawab : Dengan menggunakan teorema superposisi maka besarnya arus i adalah i' (oleh adanya V) + i'' (oleh adanya i_s). Keadaan pertama dianggap hanya i_s yang bekerja, sumber tegangan V dihubung singkat. Maka gambar rangkaiannya akan seperti pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9.

$$\begin{aligned}
 i''' &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} i_s \\
 &= \frac{10 \text{ k}}{10 \text{ k} + 10 \text{ k}} \times 20 \text{ mA} \\
 &= 10 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

Kedua, dianggap hanya sumber V yang bekerja, i_s dibuka (rangkaiannya akan menjadi seperti pada gambar 10 berikut ini).



Gambar 10.

$$\begin{aligned}
 i' &= \frac{V}{R_1 + R_2} \\
 &= \frac{2 e^{-3t} \text{ volt}}{10 \text{ k} + 10 \text{ k}} \\
 &= 0,1 e^{-3t} \text{ mA}
 \end{aligned}$$

Jadi besarnya $i = i' + i'' = (0,1 e^{-3t} + 10) \text{ mA}$.

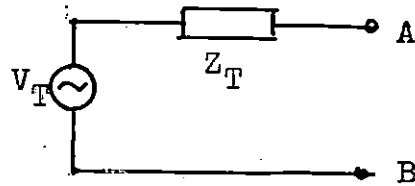
2. Teorema Thevenin

Suatu rangkaian aktif dengan dua buah kutub yang terdiri dari elemen linier, sumber tegangan dan/atau sumber arus yang dependen maupun independen, dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan ekuivalen (V_T) yang seri dengan sebuah impedansi ekuivalen (Z_T). Untuk rangkaian resistif, teorema Thevenin menyatakan bahwa setiap rangkaian kutub dua linier yang terdiri dari resistansi-resistansi dan sumber-sumber boleh dinyatakan dengan suatu rangkaian setara, ds.

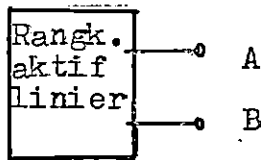
yang berupa sebuah tegangan dengan resistansi serinya. Rangkaian ini sering disebut rangkaian equivalent Thevenin.



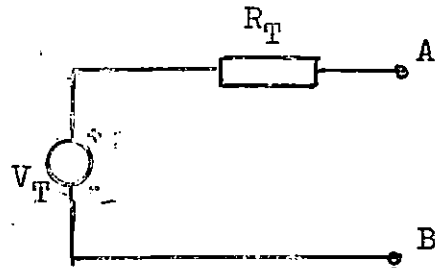
(a)



(b)



(c)



(d)

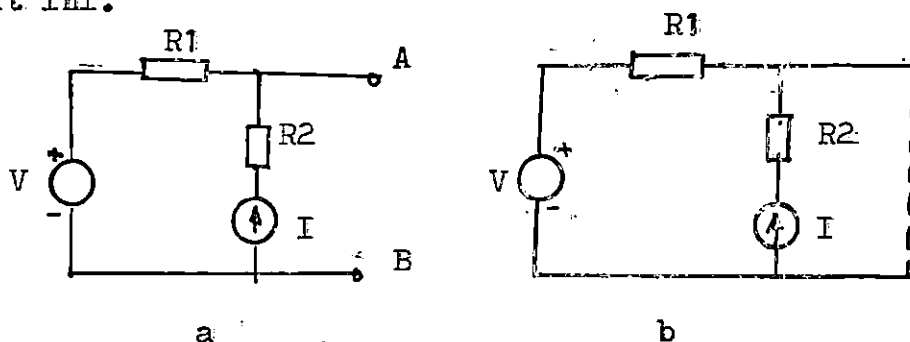
Gambar 11. Rangkaian Equivalent Thevenin.

- (a) rangk. aktif linier ac
- (b) rangk. equivalent Thevenin
- (c) rangk. aktif linier (dc)
- (d) rangk. equivalent Thevenin

a. Teorema Thevenin untuk sumber arus bolak-balik

Pada teorema Thevenin, impedansi equivalent Z_T dan tegangan equivalent (V_T) dari rangkaian aktif linier merupakan rangkaian seri. Tegangan equivalent V_T merupakan tegangan rangkaian terbuka yang diukur pada terminal AB. Dan impedansi Z_T adalah impedansi rangkaian pada terminal AB, bila sumber di set sama dengan nol. Polaritas dari tegangan equivalent V_T harus dipilih sedemikian rupa sehingga arus yang mengalir pada suatu impedansi lain yang dihubungkan mempunyai arah yang sama, seperti yang ditimbulkan oleh impedansi asli dari rangkaian.

dilihat ke arah rangkaian dengan semua sumber, diganti dengan resistansi dalamnya bila rangkaian tidak mengandung sumber yang dependen. Bila terdapat sumber dependen atau sumber independen atau kedua-duanya, dimana arus hubung pendek (I_{sc}) adalah arus yang melalui kedua kutub bila kedua kutub tersebut dihubung singkat. Jadi tahanan equivalen $R_T = V_T / I_{sc}$. Untuk lebih jelasnya kita lihat contoh berikut ini.



Gambar 14.

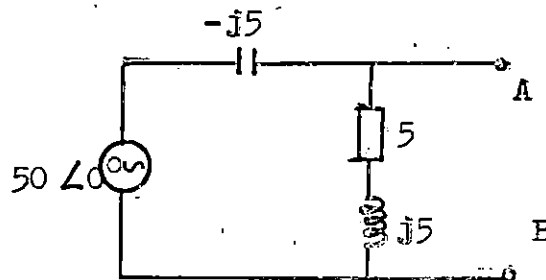
Besarnya tegangan equivalen V_T :

$$\begin{aligned}
 V_T &= V_{AB} \\
 &= I R_1 + V \\
 I_{sc} &= I_1 + I \\
 &= V/R_1 + I \\
 &= \frac{V + I R_1}{R_1} =
 \end{aligned}$$

Jadi R_T (resistansi equivalen) :

$$\begin{aligned}
 R_T &= V_T / I_{sc} \\
 &= \frac{I R_1 + V}{V + I R_1} \times R_1 = R_1
 \end{aligned}$$

Untuk mengenal lebih jelas, mari kita ikuti contoh berikut ini : Suatu rangkaian seperti pada gambar 12, dibawah ini mempunyai tegangan $V = 50 \angle 0^\circ$, $-j5$ dan $5 + j5$. Hitunglah besarnya arus yang mengalir pada impedansi $Z_1 = 5 - j5$ dan $Z_2 = 10 \angle 0^\circ$ yang dihubungkan secara bergantian pada terminal AB.



Gambar 12.

Jawab :

Dengan melihat gambar di atas, maka besarnya arus $I = V/5 + j5 - j5$ atau

$$\begin{aligned} &= \frac{50 \angle 0^\circ}{5} = 10 \angle 0^\circ \end{aligned}$$

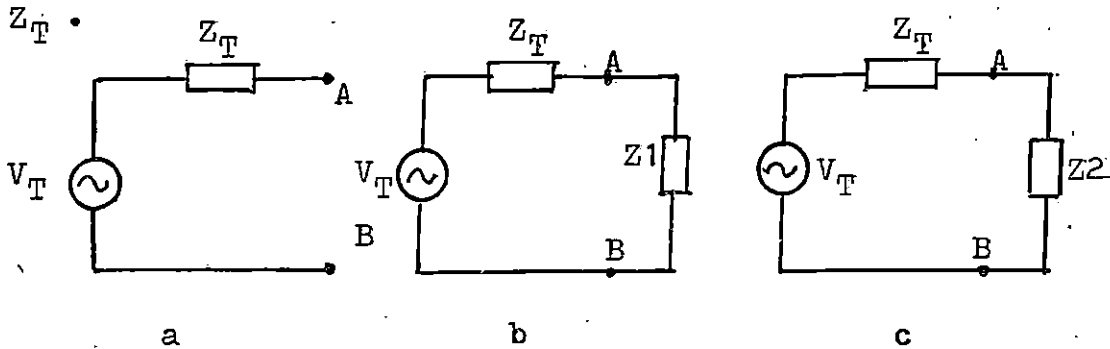
Tegangan ekuivalen V_T sama dengan tegangan V_{AB} yaitu tegangan drop pada impedansi $5 + j5$.

$$\begin{aligned} V_T = V_{AB} &= I (5 + j5) \\ &= 10 \angle 0^\circ (25 \angle \text{arc tg } 5/5) \\ &= 70,7 \angle 45^\circ \text{ volt.} \end{aligned}$$

Impedansi pada terminal AB = Z_T adalah :

$$\begin{aligned} Z_T &= \frac{(5 + j5) (-j5)}{5 + j5 - j5} \\ &= 25 - j25 / 5 = 5 - j5 \end{aligned}$$

Bentuk rangkaian equivalen Thevenin adalah seperti pada gambar 13a, dengan sumber tegangan V_T yang diseri dengan



Gambar 13.

Untuk menjawab pertanyaan di atas maka gambar rangkaianannya seperti gambar 13b, 13c. Dengan demikian dapat dihitung besarnya arus yang mengalir I_1

$$I_1 = \frac{V_T}{Z_T + Z_1} = \frac{70,7 \angle 45^\circ}{5 - j5 + 5 - j5} = 5 \angle 90^\circ$$

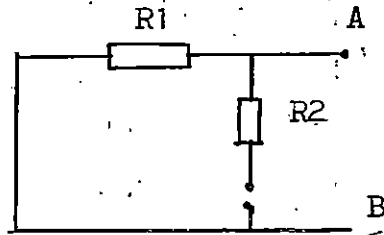
$$I_2 = \frac{V_T}{Z_T + Z_2} = \frac{70,7 \angle 45^\circ}{5 - j5 + 10} = 4,47 \angle 63,43^\circ$$

b. Teorema Thevenin untuk arus searah

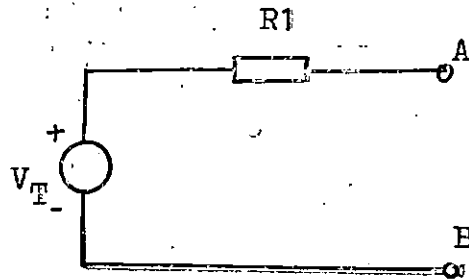
Suatu rangkaian aktif dengan dua buah kutub yang terdiri dari elemen linier, sumber tegangan dan/atau sumber arus secara umum dapat digantikan dengan sebuah sumber tegangan V_T (tegangan equivalen) yang dihubungkan seri dengan sebuah resistansi R_T (tahanan equivalen). Tegangan equivalen V_T atau tegangan terminal V_{AB} adalah tegangan antara kedua terminal dalam keadaan terbuka (open circuit).

Sedangkan resistansi equivalen R_T adalah resistansi yang

Karena pada contoh di atas hanya ada sumber independen V dan I , maka R_T dapat juga dihitung dengan cara mengganti sumber V dan I dengan resistansi dalamnya sehingga rangkaianannya menjadi :

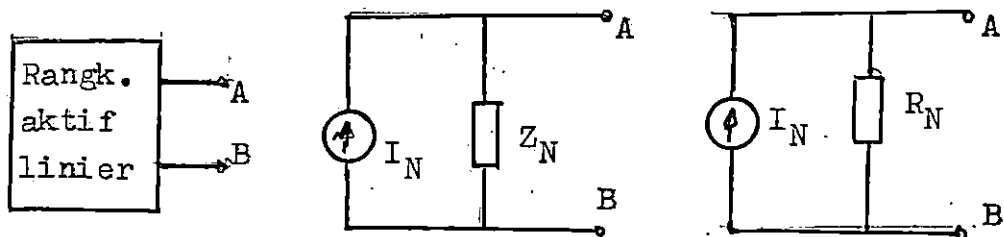


Rangkaian ekuivalennya menjadi :



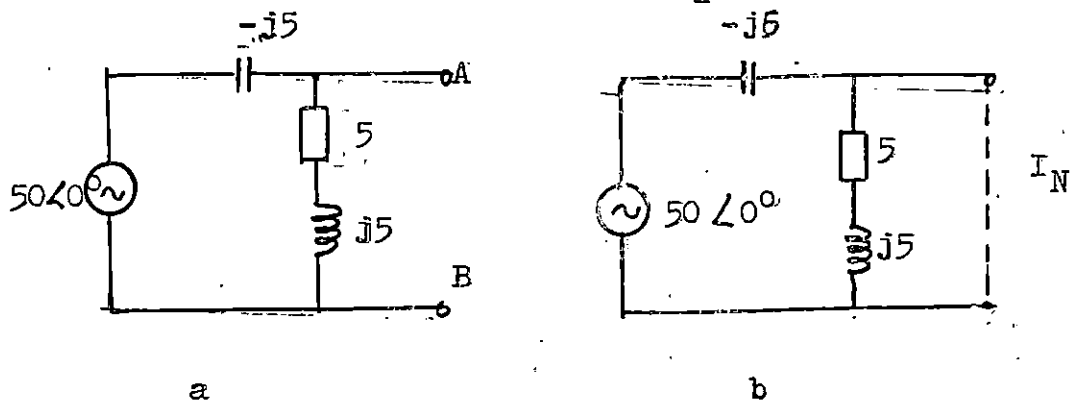
3. Teorema Norton

Suatu rangkaian aktif dengan dua kutub yang terdiri elemen linier, sumber tegangan dan/atau sumber arus yang dependen maupun independen, dapat diganti dengan sebuah sumber arus I_N paralel dengan sebuah resistansi R_N . Untuk sumber arus bolak-balik maka resistansi R_N dapat digantikan dengan impedansi Z_N . Gambar berikut ini menyatakan rangkaian ekuivalen Norton dari rangkaian aktif linier.



Arus I_N merupakan arus hubung pendek terhadap terminal rangkaian aktif linier. Dan Z_N merupakan impedansi pada ujung AB bila semua sumber internal di set pada kedudukan nol. Sehingga pada sebuah rangkaian aktif linier impedansi ekuivalen Z pada norton dan Thevenin adalah indentik. Arus yang melalui impedansi yang dihubungkan terhadap rangkaian ekuivalen Norton harus mempunyai arah yang sama seperti arus yang melalui impedansi yang dihubungkan terhadap jala-jala aktif yang semula.

Contoh : Dari rangkaian contoh soal pada teorema Thevenin buatlah rangkaian ekuivalen Norton dan hitung berapa arus yang mengalir pada Z_1 . Dan selanjutnya berapa besarnya arus pada Z_2 .



Gambar 18.

a. rangkaian aktif linier

b. rangkaian ekuivalen Norton.

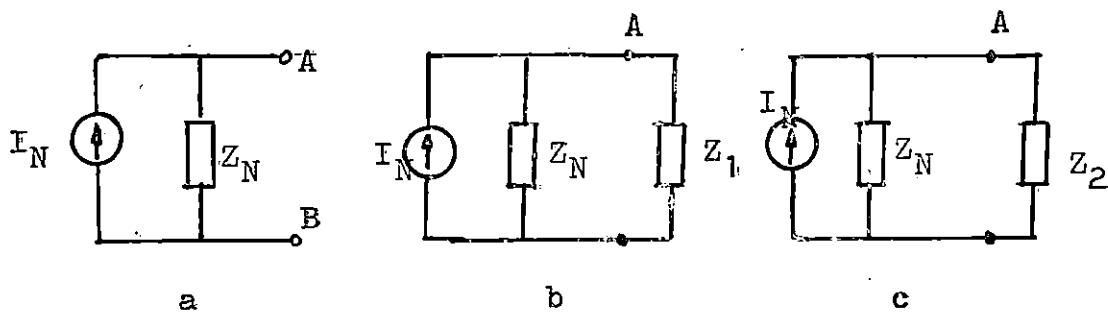
Jawab : Perhatikan gambar 18b. Bila ujung AB dihubungkan pendek maka arus I_N atau arus hubung pendek :

$$I_N = \frac{50 \angle 0^\circ}{-j5} = 10 \angle 90^\circ$$

Bila sumber di set pada kedudukan nol, maka besarnya impedansi Z equivalen atau Z_N adalah :

$$Z_N = \frac{-j5 (5 + j5)}{5 + j5 - j5} = 5 - j5$$

Selanjutnya gambar rangkaian equivalen Norton seperti pada gambar 19a



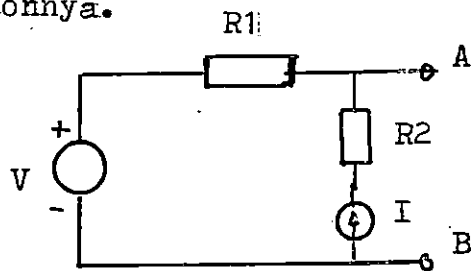
Gambar 19.

Untuk menghitung besarnya arus yang mengalir pada Z_1 kita lihat gambar 19b, dan besarnya arus pada Z_2 kita lihat gambar 19c.

$$\begin{aligned} I_1 &= \left(\frac{Z_N}{Z_N + Z_1} \right) I_N \\ &= \left(\frac{5 - j5}{5 - j5 + 5 - j5} \right) 10 \angle 90^\circ = 5 \angle 90^\circ \end{aligned}$$

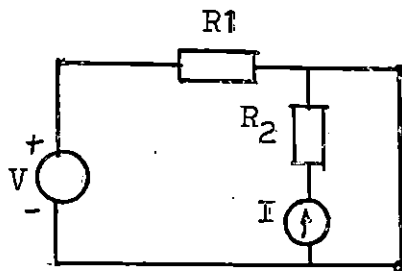
$$\begin{aligned} I_2 &= \left(\frac{Z_N}{Z_N + Z_2} \right) I_N \\ &= \left(\frac{5 - j5}{5 - j5 + 10} \right) 10 \angle 90^\circ = 4,47 \angle 63,43^\circ \end{aligned}$$

Teorema Norton untuk sumber arus searah, prinsipnya sama dengan teorema Norton untuk sumber arus bolak balik, yang berbeda pada impedansi paralelnya. Untuk teorema Norton arus searah ini impedansi equivalen diganti dengan resistansi equivalen. Agar lebih jelasnya ikuti contoh berikut ini. Gambar berikut ini menunjukkan rangkaian aktif linier dengan sumber arus searah. Buatlah rangkaian equivalen Nortonya.



Gambar 20

Jawab : Untuk mencari arus I_N kita lakukan hubung pendek terminal AB, sehingga diperoleh besarnya arus :



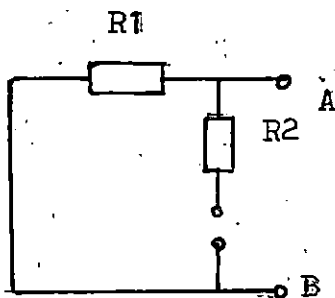
$$I_N = I_{R_1} + I$$

$$= \frac{V}{R_1} + I$$

Untuk mencari resistansi equivalen R_N , maka pada sumber tegangan di set = 0 dan untuk sumber arus I kita buka (open). Dengan demikian besarnya R_N adalah :

$$V_{AB} = IR_1 + V$$

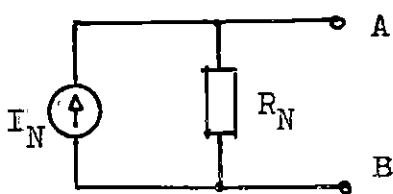
$$R_N = \frac{V_{AB}}{I_N}$$



$$R_N = \frac{IR_1 + V}{\frac{V}{R_1} + I}$$

$$= R_1$$

Jadi rangkaian ekuivalen Nortonna :



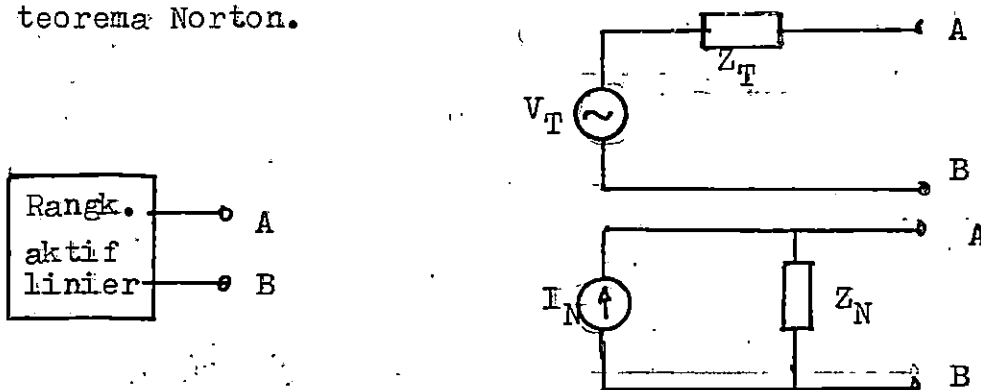
$$I_N = \frac{V}{R_1} + I$$

$$R_N = R_1$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

3. Hubungan teorema Thevenin dan Norton.

Dalam hubungan antara teorema Thevenin dan teorema Norton perlu dilihat antara tegangan ekuivalen dan arus ekuivalennya. Untuk Thevenin yang menjadi pedomannya adalah tegangan ekuivalen, sedangkan untuk Norton yang menjadi pedomannya adalah arus ekuivalennya. Pada gambar 21 dibawah ini melukiskan rangkaian ekuivalennya dari teorema Thevenin dan teorema Norton.



Gambar 21

Pada teorema Thevenin : $V_T = V_{AB}$ saat open circuit
 Kemudian antara terminal A dan B dihubungkan singkat,
 mengalir arus I_{sc} (arus short circuit) yang besarnya
 $I_{sc} = V_T / Z_T$. Besarnya $Z_T = V_T / I_{sc}$.

Pada teorema Norton : $I_{sc} = I_N$ saat terminal A dan B
 dihubungkan pendek. Kemudian terminal A dan B dibuka atau
 open circuit $Z_N = V_{AB}$ (pada saat open circuit) dibagi
 dengan I_{sc} . Jadi V_{AB} saat open circuit sama dengan
 $I_N R_N$.

$$\text{Thevenin} \longleftrightarrow \text{Norton} : \frac{V_T}{Z_T} = I_N ; V_T = I_N Z_N ;$$

$$Z_T = Z_N$$

Untuk arus searah, dengan mengganti Z (impedansi)
 ke Resistansi R.

$$\text{Thevenin} \longleftrightarrow \text{Norton} : \frac{V_T}{R_T} = I_N ; V_T = I_N R_N ;$$

$$R_T = R_N$$

DAFTAR BUKU BACAAN

Edminister, Joseph A. 1972. Electric Circuit. New York,
McGraw-Hill Book Company.

Gupta & Soni. 1984. A Course in Electrical Circuits: Analy-
sis. Delhi-Jullundur, Dhanpat Rai & Sons,

Mismail Budiono. 1981. Rangkaian Listrik I. Malang Indone-
sia, Penerbit F.T. Universitas Brawijaya.