

Teorema Rangkaian

1. Teorema Superposisi

Pada teorema ini hanya berlaku untuk rangkaian yang bersifat linier, dimana rangkaian linier merupakan suatu rangkaian dimana persamaan yang muncul akan memenuhi jika $y = kx$ dimana $k =$ konstanta $x =$ variable.

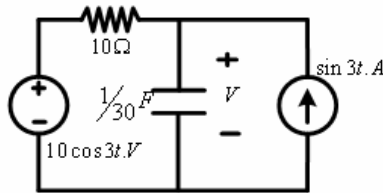
Dalam setiap rangkaian linier dengan beberapa buah sumber tegangan/ arus dapat dihitung dengan cara: Menjumlah aljabarkan tegangan/ arus yang disebabkan tiap sumber independent/ bebas yang bekerja sendiri, dengan semua sumber tegangan/ arus independent lainnya diganti dengan tahanan dalamnya.

Pengertian dari teorema superposisi bahwa jika terdapat n buah sumber bebas maka dengan teorema superposisi sama dengan n buah keadaan rangkaian yang dianalisis, dimana nantinya n buah keadaan tersebut akan dijumlahkan. Jika terdapat beberapa buah sumber tak bebas maka tetap saja teorema superposisi menghitung untuk n buah keadaan dari n buah sumber bebasnya.

Rangkaian linier tertentu tidak terlepas dari gabungan rangkaian yang mempunyai sumber independent arus/ tegangan sebanding dengan pangkat satu dari tegangan/ arus lain, atau sebanding dengan jumlah pangkat satu besaran-besaran tersebut, dan elemen resistor (R), inductor (L), dan kapasitor (C).

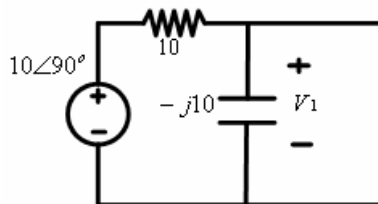
Contoh latihan:

1. Tentukan nilai V dengan superposisi!



Jawaban:

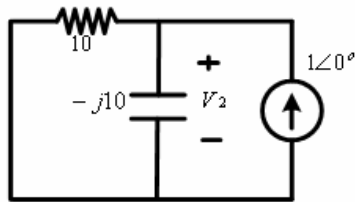
Pada saat $V_s = 10 \cos 3tV$ aktif:



$$V_1 = \frac{-j10}{-j10 + 10} 10 \angle 90^\circ = \frac{100 \angle 0^\circ}{10\sqrt{2} \angle -45^\circ}$$

$$V_1 = 5\sqrt{2} \angle 45^\circ$$

Pada saat $I_s = \sin 3tA$ aktif:



$$Z_p = \frac{-j10 \cdot 10}{-j10 + 10} = \frac{-j100}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ}$$

$$Z_p = \frac{100\angle -90^\circ}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ} = 5\sqrt{2}\angle -45^\circ$$

Sehingga:

$$V_2 = Z_p \times 1\angle 0^\circ = 5\sqrt{2}\angle -45^\circ$$

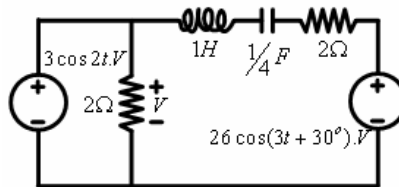
Maka tegangan V

$$V = V_1 + V_2 = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ + 5\sqrt{2}\angle -45^\circ = 5 + j5 + 5 - j5 = 10$$

Sehingga:

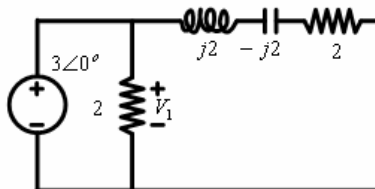
$$V = 10\sin 3tV$$

2. Tentukan nilai V dengan superposisi!



Jawaban:

Pada saat $V_s = 3\cos 2tV$ aktif:

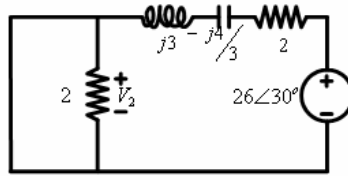


$$V_1 = 3\angle 0^\circ$$

Sehingga:

$$V_1 = 3\cos 2tV$$

Pada saat $V_s = 26 \cos(3t + 30^\circ) V$ aktif:



$$V_2 = 0V$$

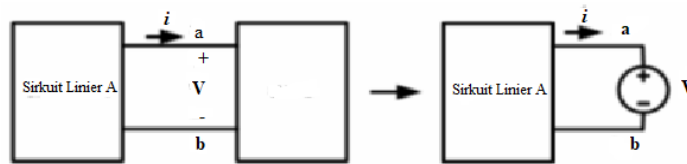
Sehingga:

$$V = V_1 + V_2 = 3\cos 2tV$$

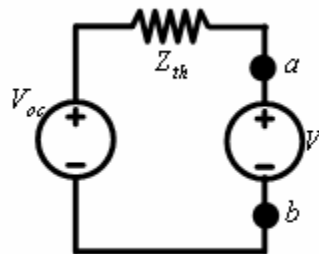
2. Teorema Thevenin

Suatu rangkaian listrik dapat disederhanakan dengan hanya terdiri dari satu buah sumber tegangan yang dihubungkan dengan sebuah impedansi ekivalennya pada dua terminal yang diamati.

Tujuan sebenarnya dari teorema ini adalah untuk menyederhanakan analisis rangkaian yang membuat rangkaian pengganti yang berupa sumber tegangan yang dihubungkan seri dengan suatu impedansi ekivalennya.



Rangkaian pengganti Thevenin:



Cara memperoleh impedansi penggantinya (Z_{th}) adalah dengan mematikan atau menonaktifkan semua sumber sumber bebas pada rangkaian linier A (untuk sumber tegangan tahanan dalamnya $=0$ atau rangkaian short circuit dan untuk sumber arus tahanan dalamnya $=\infty$ atau rangkaian open circuit).

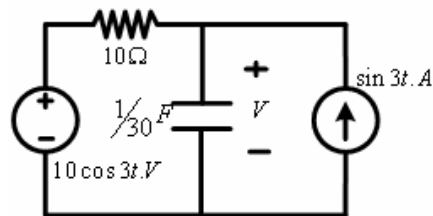
Jika pada rangkaian tersebut terdapat sumber dependent atau sumber tak bebasnya maka untuk memperoleh impedansi penggantinya, terlebih dahulu kita mencari arus hubung singkat (i_{sc}), sehingga nilai resistansi penggantinya (Z_{th}) didapatkan dari nilai tegangan pada kedua terminal tersebut yang di-*open circuit* dibagi dengan arus pada kedua terminal tersebut yang di-*short circuit*.

Langkah-langkah penyelesaian dengan teorema Thevenin:

1. Cari dan tentukan titik terminal a-b dimana parameter yang ditanyakan.
2. Lepaskan komponen pada titik a-b tersebut, *open circuit* kan pada terminal a-b kemudian hitung nilai tegangan dititik a-b tersebut ($V_{ab} = V_{th}$).
3. Jika semua sumbernya adalah sumber bebas maka tentukan nilai impedansi diukur pada titik a-b tersebut saat semua sumber di non aktifkan dengan cara diganti dengan tahanan dalamnya (untuk sumber tegangan bebas diganti rangkaian *short circuit* dan untuk sumber arus bebas diganti dengan rangkaian *open circuit* ($Z_{ab}=Z_{th}$).
4. Jika terdapat sumber tak bebas, maka untuk mencari nilai impedansi pengganti Theveninnya didapatkan dengan cara $Z_{th} = \frac{V_{th}}{I_{sc}}$.
5. Untuk mencari I_{sc} pada terminal titik a-b tersebut dihubungkansingkatkan dan dicari arus yang mengalir pada titik tersebut ($I_{ab} = I_{sc}$).
6. Gambarkan kembali rangkaian pengganti Theveninnya, kemudian pasangkan kembali komponen yang tadi dilepas dan hitung parameter yang ditanyakan.

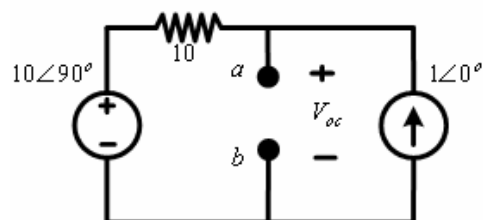
Contoh latihan:

1. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin!



Jawaban:

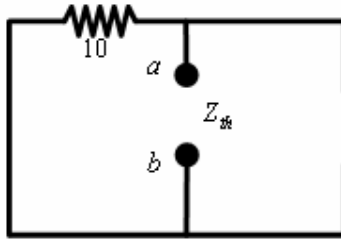
Mencari V_{oc} :



$$V_{ab} = V_{oc} = 10.1\angle 0^\circ + 10\angle 90^\circ$$

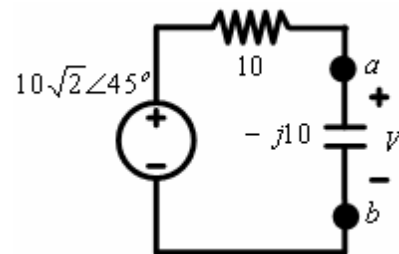
$$V_{oc} = 10 + j10 = 10\sqrt{2}\angle 45^\circ$$

Mencari Z_{th} :



$$Z_{th} = 10\Omega$$

Rangkaian pengganti Thevenin:



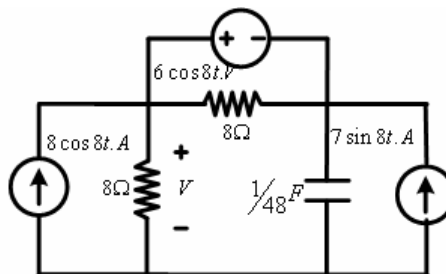
$$V = \frac{-j10}{-j10 + 10} 10\sqrt{2}\angle 45^\circ$$

$$V = \frac{10\angle -90^\circ}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ} 10\sqrt{2}\angle 45^\circ$$

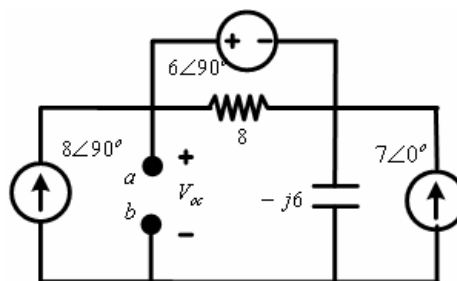
Sehingga:

$$V = 10\sin 3tV$$

2. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin!



Jawaban:

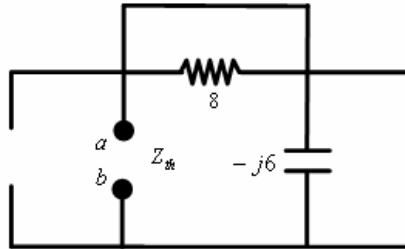


$$V_{ab} = V_{oc} = 6\angle 90^\circ - j6(8\angle 90^\circ + 7\angle 0^\circ)$$

$$V_{oc} = j6 - j6(j8 + 7) = j6 + 48 - j42$$

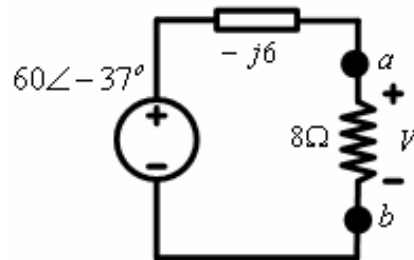
$$V_{oc} = 48 - j36 = 60\angle -37^\circ$$

Mencari Z_{th} :



$$Z_{th} = -j6\Omega$$

Rangkaian pengganti Thevenin:



Sehingga:

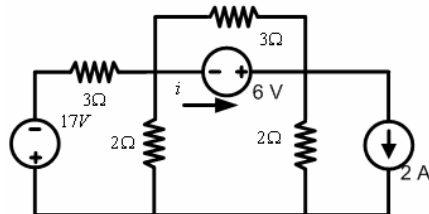
$$V = \frac{8}{8 - j6} 60\angle -37^\circ = \frac{480\angle -37^\circ}{10\angle -37^\circ}$$

$$V = 48$$

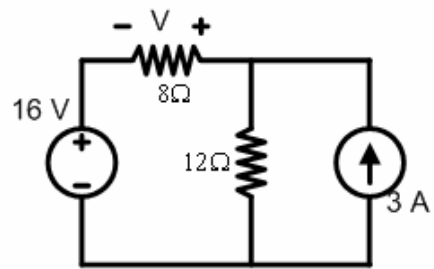
$$\text{Maka: } V = 48 \sin 8t \text{ V}$$

Soal untuk dikerjakan:

1. Tentukan nilai i dengan teorema Thevenin!



2. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin!



3. Tentukan arus i dengan superposisi:

