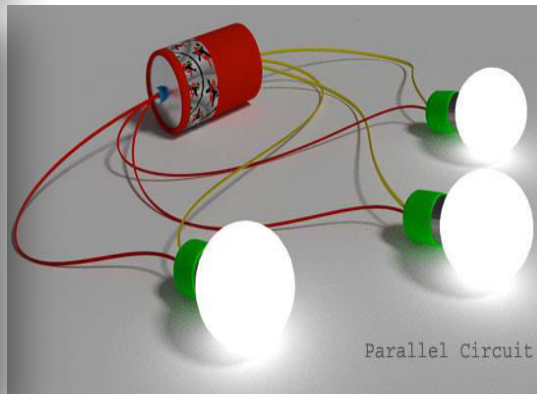
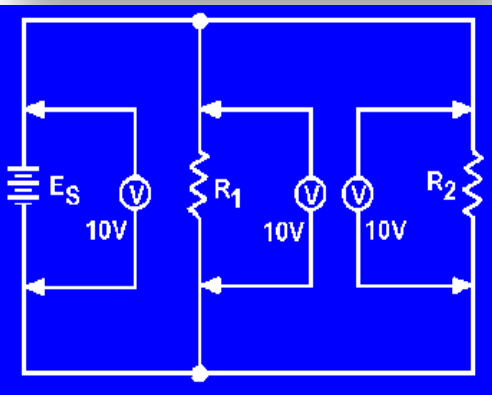
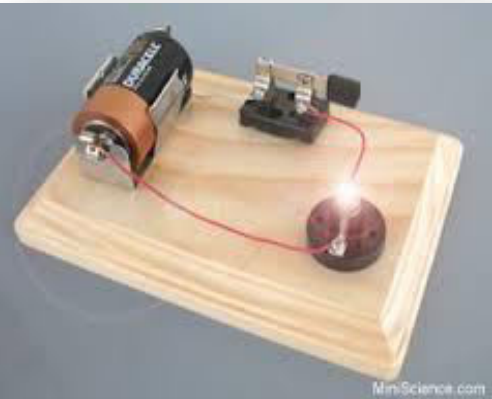


RANGKAIAN LISTRIK II

EL1207

Nita Indriani Pertiwi, S.T.,M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

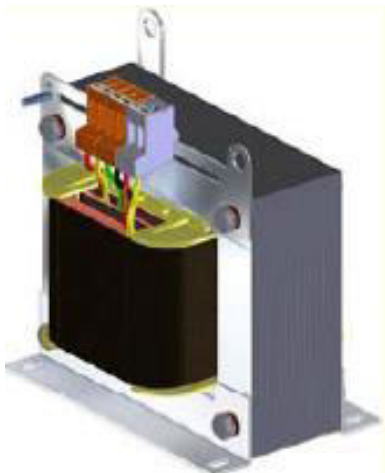


KOPLING MAGNETIK

Pendahuluan



Ketika dua loop dengan atau tanpa kontak saling mempengaruhi satu sama lain melalui medan magnet (yang dihasilkan oleh salah satu dari loop tersebut) maka dua loop tersebut disebut kopling magnetik.



Induktansi Sendiri

Jika koil dengan N belitan dialiri arus i , maka akan timbul fluks pada koil tersebut. Berdasarkan Hukum Faraday :



$$v = N \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

$$v = N \frac{d\phi}{di} \frac{di}{dt} \quad (2)$$

$$v = L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

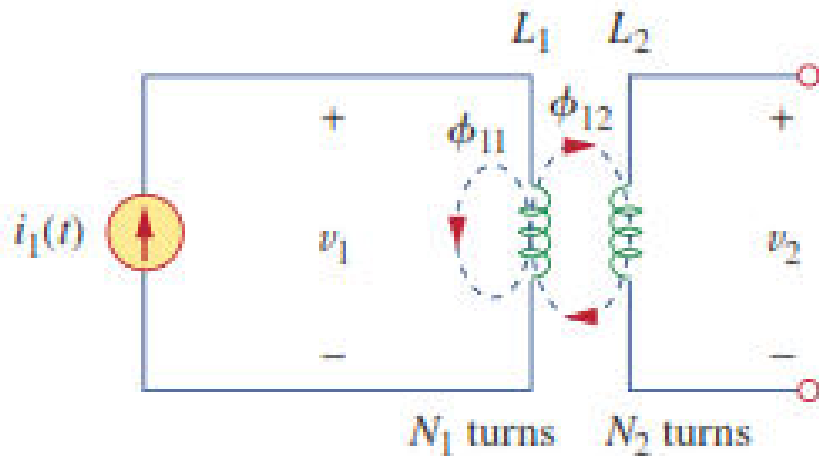
Dari persamaan (2) dan (3) :

$$L = N \frac{d\phi}{di} \quad (4)$$

Induktansi sendiri

Induktansi Bersama (Mutual)

Terdapat dua koil dengan induktansi sendiri L_1 dan L_2 .



Karena ϕ_1 ada di koil 1 maka timbul tegangan induksi :

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{dt} \quad (6)$$

Pada koil 2 hanya terdapat ϕ_{12} sehingga :

$$v_2 = N_2 \frac{d\phi_{12}}{dt} \quad (7)$$

(5) $\phi_1 = \phi_{11} + \phi_{12}$ → ϕ_1 terdiri atas dua komponen

Induktansi Bersama (Mutual)

Karena fluks di koil 1 dan 2 disebabkan oleh arus maka pers (6) dan (7) dapat ditulis :

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{di_1} \frac{di_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \quad (8)$$

$$L_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{di_1} \quad (9)$$

Induktansi sendiri
koil 1

Karena ϕ_1 ada di koil 1 maka timbul tegangan induksi :

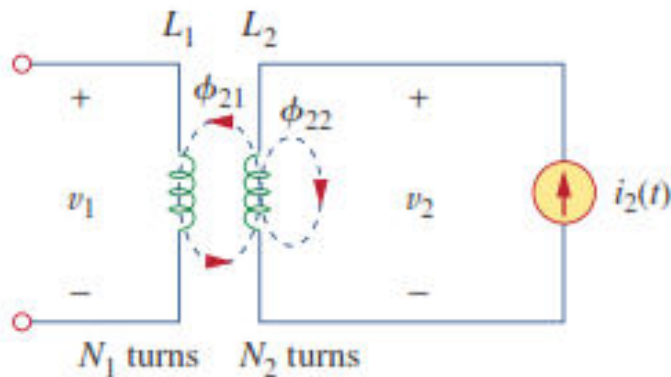
$$v_2 = N_2 \frac{d\phi_{12}}{di_1} \frac{di_1}{dt} = M_{21} \frac{di_1}{dt} \quad (10)$$

$$M_{21} = N_2 \frac{d\phi_{12}}{di_1} \quad (11)$$

Induktansi mutual
koil 2 terhadap
koil 1

Induktansi Bersama (Mutual)

Arus diberikan di koil 2



(12) $\phi_2 = \phi_{21} + \phi_{22}$ → ϕ_2 terdiri atas dua komponen

Karena ϕ_2 ada di koil 2 maka timbul tegangan induksi :

$$v_2 = N_2 \frac{d\phi_2}{dt} = N_2 \frac{d\phi_2}{di_2} \frac{di_2}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt} \quad (13)$$

$$L_2 = N_2 \frac{d\phi_2}{di_2}$$

Pada koil 1 hanya terdapat ϕ_{21} sehingga :

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_{21}}{dt} = N_1 \frac{d\phi_{21}}{di_2} \frac{di_2}{dt} = M_{12} \frac{di_2}{dt} \quad (14)$$

$$M_{12} = N_1 \frac{d\phi_{21}}{di_2} \quad (15)$$

Induktansi Bersama (Mutual)

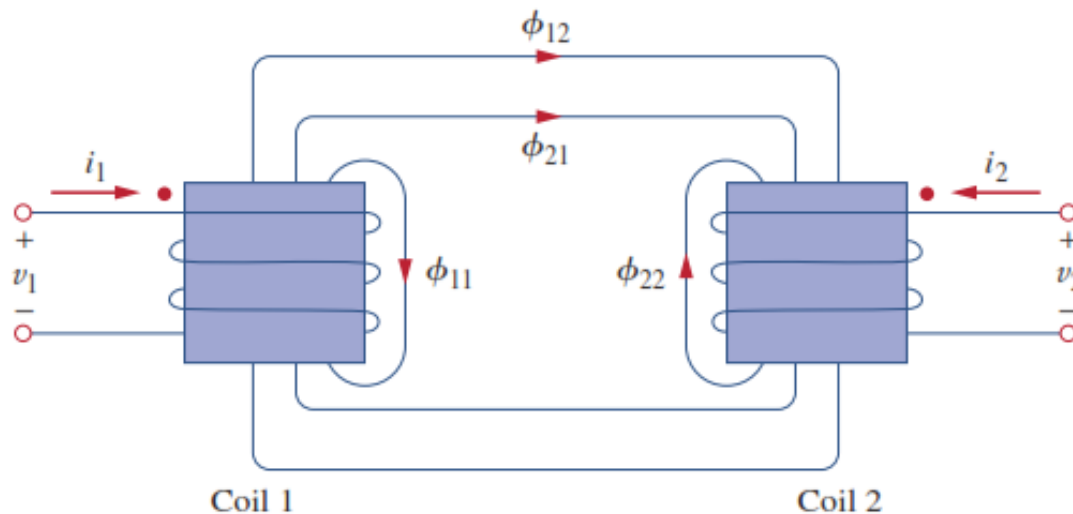
$$M_{12} = M_{21} = M$$

Induktansi mutual adalah kemampuan dari satu induktor untuk menginduksi tegangan di induktor lain , diukur dalam Henry

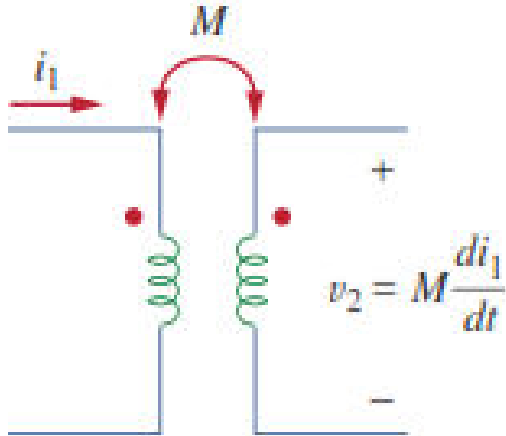
Aturan Tanda Dot

Jika arus masuk ke terminal yang ada tanda dot di satu koil, maka polaritas referensi dari tegangan mutual di koil kedua adalah positif pada terminal yang memiliki tanda dot di koil kedua

Jika arus meninggalkan terminal yang ada tanda dot di satu koil, maka polaritas referensi dari tegangan mutual di koil kedua adalah negatif pada terminal yang memiliki tanda dot di koil kedua

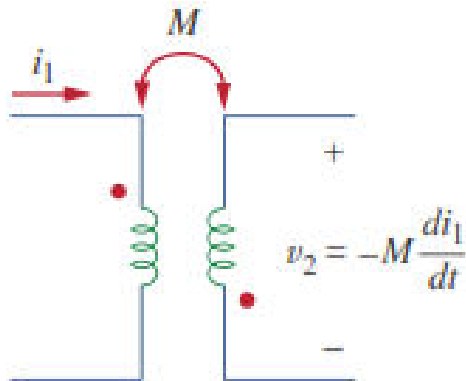


Aturan Tanda Dot



(a)

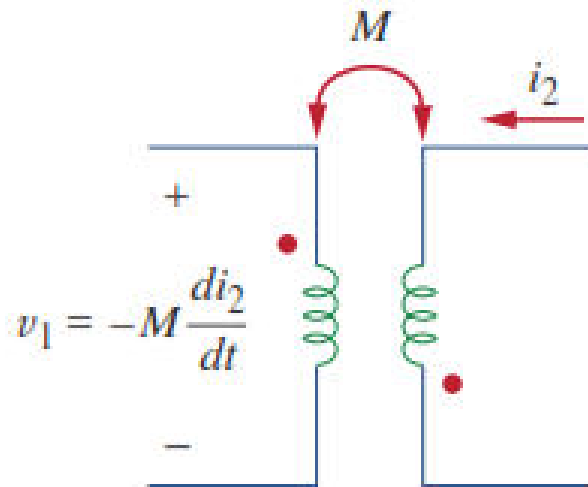
Karena arus masuk ke terminal dot di koil 1, dan v_2 adalah positif di terminal dot koil 2, maka tegangan mutual adalah $+M di_1/dt$



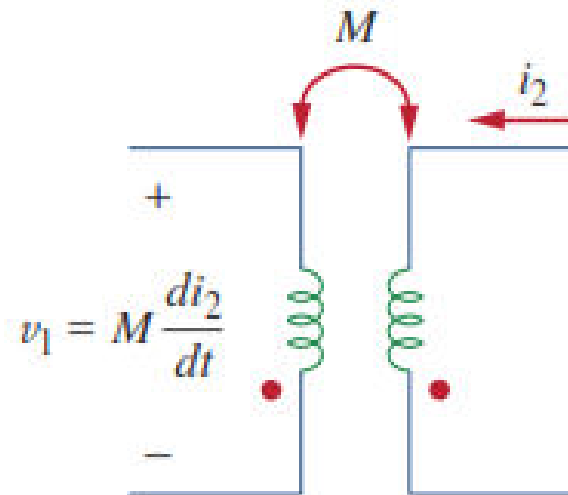
(b)

Karena arus masuk ke terminal dot di koil 1, dan v_2 adalah negatif di terminal dot koil 2, maka tegangan mutual adalah $-M di_1/dt$

Aturan Tanda Dot



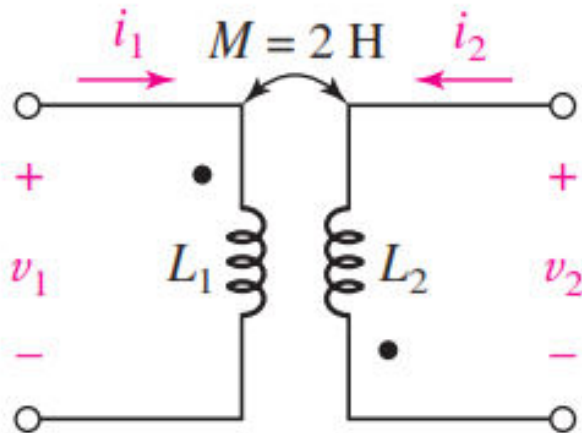
(c)



(d)

Contoh Soal

For the circuit shown in Fig. 13.3, (a) determine v_1 if $i_2 = 5 \sin 45t$ A and $i_1 = 0$; (b) determine v_2 if $i_1 = -8e^{-t}$ A and $i_2 = 0$.



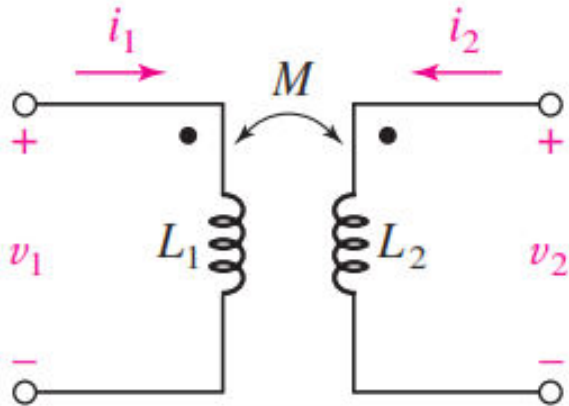
(a)
$$v_1 = -(2)(45)(5 \cos 45t) = -450 \cos 45t \quad \text{V}$$

Karena $i_1 = 0$ maka tidak ada v_2 akibat i_1

(b)
$$v_2 = -(2)(-1)(-8e^{-t}) = -16e^{-t} \quad \text{V}$$

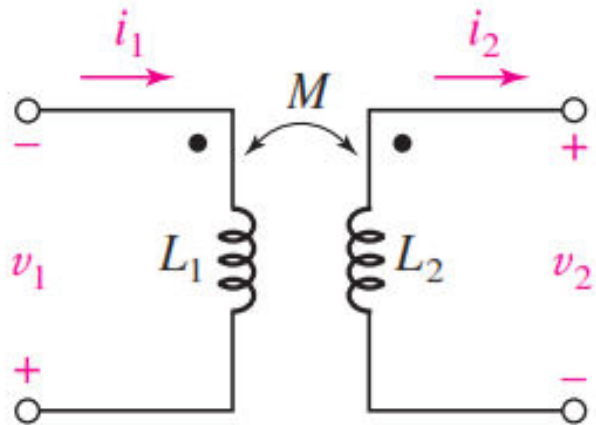
Karena $i_2 = 0$ maka tidak ada v_1 akibat i_2

Kombinasi Tegangan Mutual dan Induktansi Sendiri



$$v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$v_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$



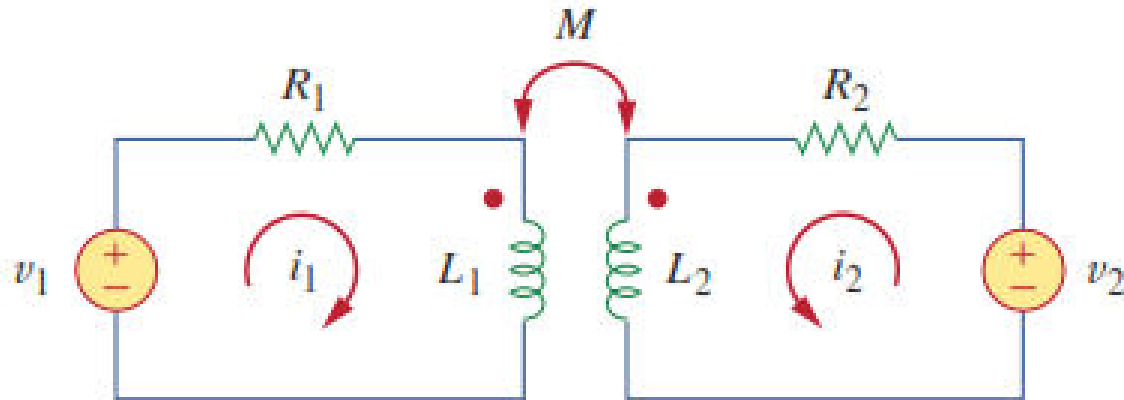
$$v_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$\mathbf{V}_1 = -j\omega L_1 \mathbf{I}_1 + j\omega M \mathbf{I}_2$$

$$v_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$

$$\mathbf{V}_2 = -j\omega L_2 \mathbf{I}_2 + j\omega M \mathbf{I}_1$$

Analisis Rangkaian Kopling Magnetik



Dengan KVL :

Dalam domain waktu

$$v_1 = i_1 R_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

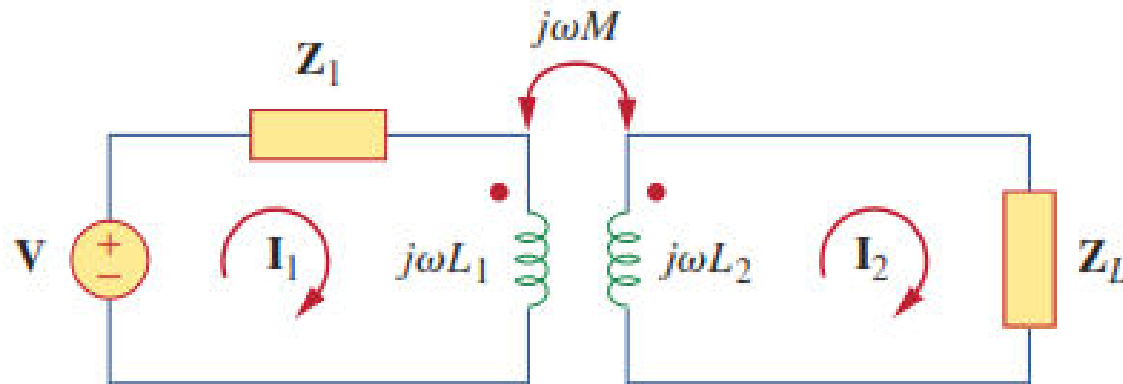
$$v_2 = i_2 R_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$

Dalam domain frekuensi

$$\mathbf{V}_1 = (R_1 + j\omega L_1)\mathbf{I}_1 + j\omega M\mathbf{I}_2$$

$$\mathbf{V}_2 = j\omega M\mathbf{I}_1 + (R_2 + j\omega L_2)\mathbf{I}_2$$

Analisis Rangkaian Kopling Magnetik



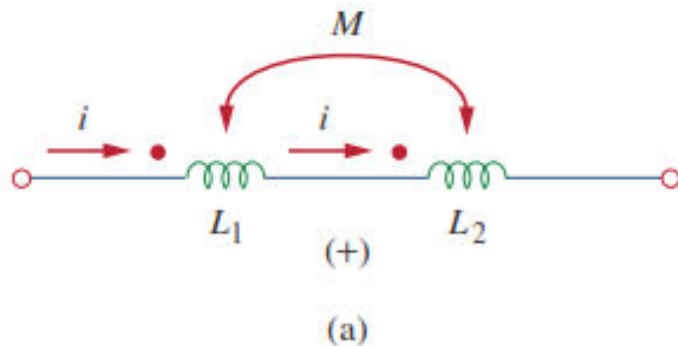
Dengan KVL :

$$V = (Z_1 + j\omega L_1)I_1 - j\omega M I_2 \quad \text{Koil 1}$$

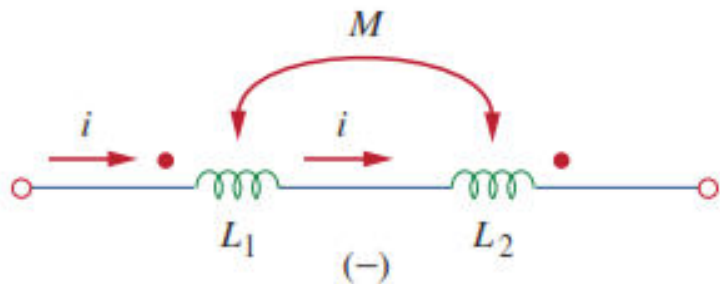
$$0 = -j\omega M I_1 + (Z_L + j\omega L_2)I_2 \quad \text{Koil 2}$$

Analisis Rangkaian Kopling Magnetik

Rangkaian kopling terhubung seri :

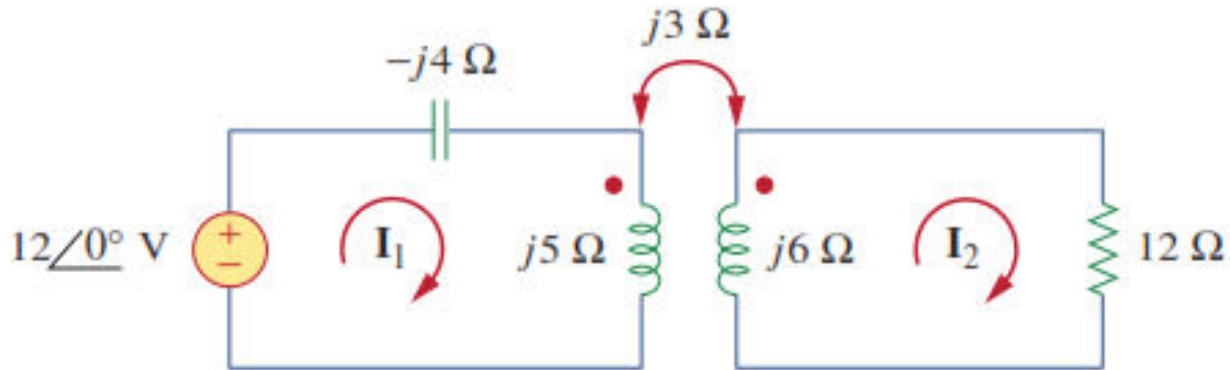


$$L = L_1 + L_2 + 2M \quad (\text{Series-aiding connection})$$



$$L = L_1 + L_2 - 2M \quad (\text{Series-opposing connection})$$

Contoh Soal



Dengan KVL, pada koil 1 :

$$-12 + (-j4 + j5)\mathbf{I}_1 - j3\mathbf{I}_2 = 0$$

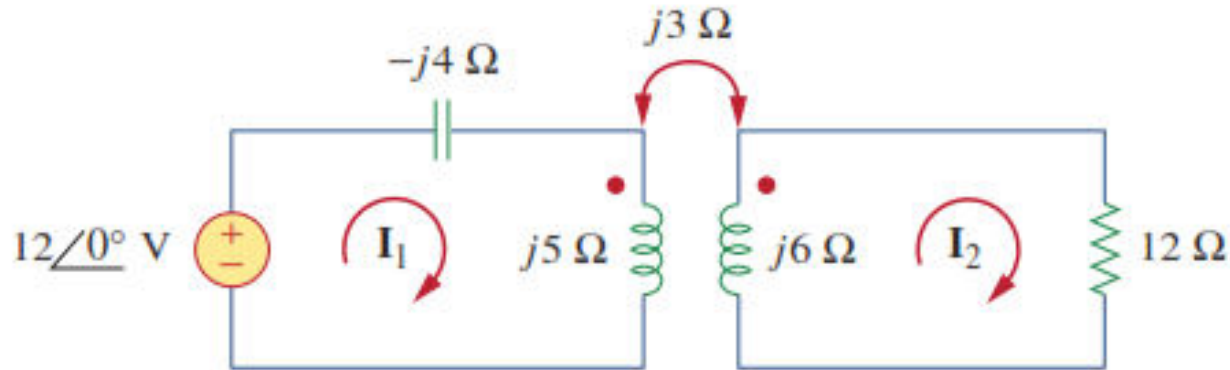
$$j\mathbf{I}_1 - j3\mathbf{I}_2 = 12 \quad (1)$$

Dengan KVL, pada koil 2 :

$$-j3\mathbf{I}_1 + (12 + j6)\mathbf{I}_2 = 0$$

$$\mathbf{I}_1 = \frac{(12 + j6)\mathbf{I}_2}{j3} = (2 - j4)\mathbf{I}_2 \quad (2)$$

Contoh Soal

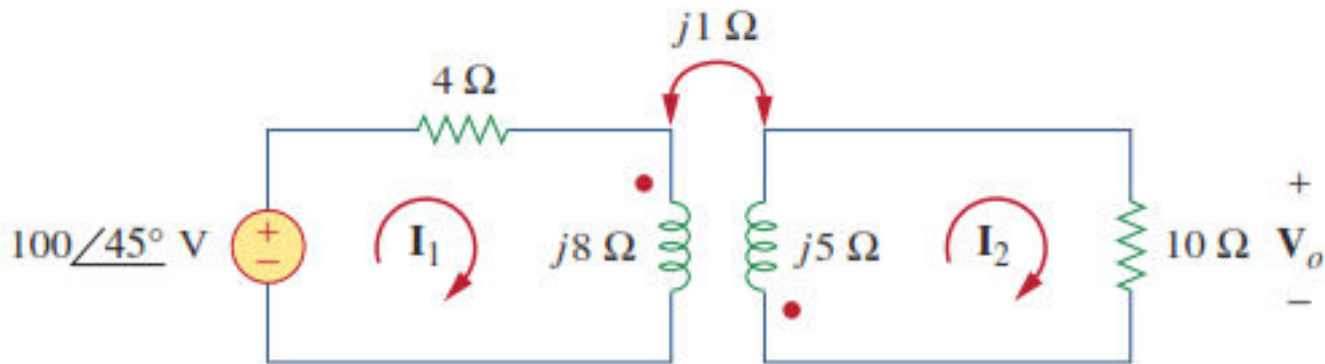


Substitusi (2) ke (1) :

$$(j2 + 4 - j3)\mathbf{I}_2 = (4 - j)\mathbf{I}_2 = 12 \quad \mathbf{I}_1 = (2 - j4)\mathbf{I}_2 = (4.472 \angle -63.43^\circ)(2.91 \angle 14.04^\circ) = 13.01 \angle -49.39^\circ \text{ A}$$

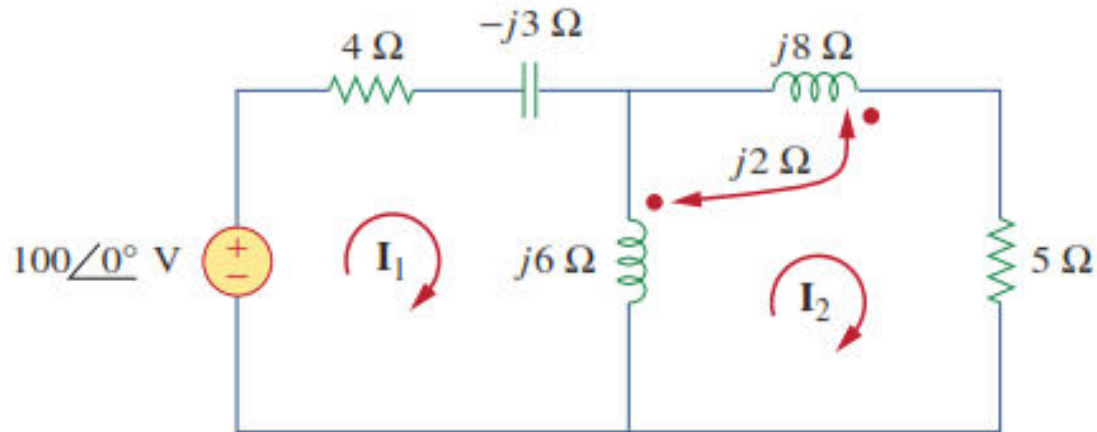
$$\mathbf{I}_2 = \frac{12}{4 - j} = 2.91 \angle 14.04^\circ \text{ A}$$

Contoh Soal



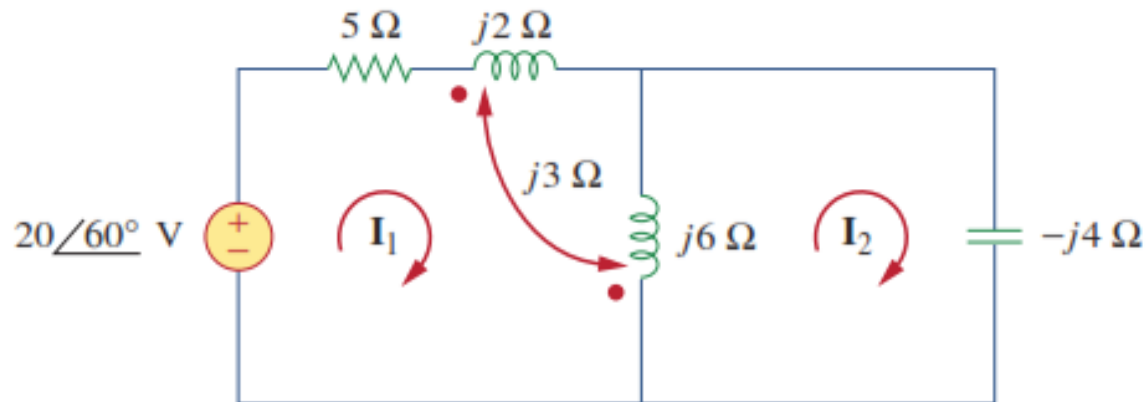
Tentukan V_o pada rangkaian diatas!

Contoh Soal



Tentukan arus Mesh I_1 dan I_2 pada rangkaian diatas!

Contoh Soal



Tentukan arus Mesh I_1 dan I_2 pada rangkaian diatas!

Energi pada Rangkaian Kopling

Persamaan umum energi pada kopling magnetik :

$$w = \frac{1}{2}L_1i_1^2 + \frac{1}{2}L_2i_2^2 \pm Mi_1i_2$$

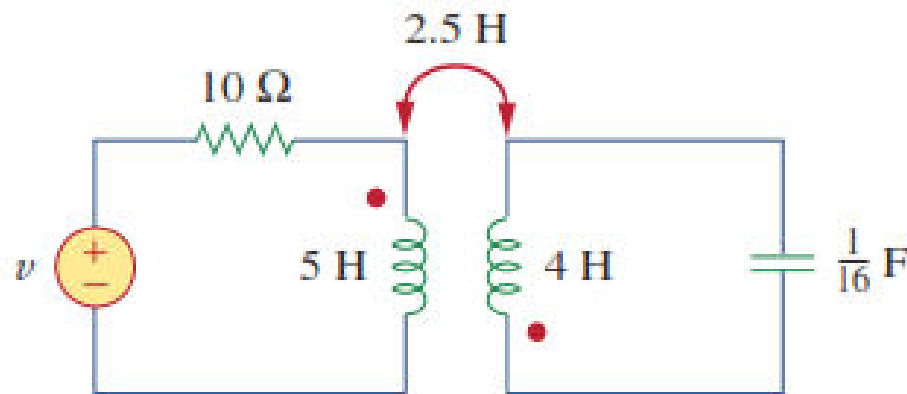
Tanda positif pada bentuk mutual terjadi jika arus kedua koil masuk atau keluar terminal dot

Koefisien Kopling :

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$$

$$M = k\sqrt{L_1L_2}$$

Contoh Soal



Tentukan koefisien kopling dan energi yang tersimpan pada kopling inductor pada $t = 1\text{ s}$ jika $v = 60 \cos(4t + 30^\circ)$!