

## SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II  
 Kode Mata Kuliah : EES13253  
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit  
 Pertemuan ke : 15

- A. Tujuan Instruksional
1. Umum  
*Mahasiswa dapat memahami Kopling Magnetik*
  2. Khusus
    - a. Mahasiswa dapat memahami kopling magnetik melalui prinsip Induktansi Timbal Balik.
    - b. Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian melalui aturan dot.
- B. Pokok Bahasan  
Kopling Magnetik
- C. Sub Pokok Bahasan
- a. Induktansi timbal balik
  - b. Aturan dot
- D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan manfaat mempelajari Kopling Magnetik.	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan melalui aturan dot.	Memperhatikan dan mencatat	
	3. Latihan soal	Menjawab, memberikan sumbang saran.	Note Book LCD Papan Tulis
	4. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis.	Memperhatikan dan mencatat	
Penutup	5. Menjelaskan rumusan dari maing-masing analisis rangkaian.	Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan.	
	6. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.	Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan	
	7. Menutup pertemuan	Memberikan komentar atau pertanyaan	Note Book LCD Papan Tulis
	a. Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan.	Memperhatikan dan mencatat komentar pengajar tentang analisa yang benar.	
	b. Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa.		
	c. Memberikan penilaian berupa koreksi dan analisa yang benar.		
	d. Memberikan gambaran umum soal untuk ujian akhir semester.		

E. Evaluasi

1. Instrumen yang digunakan :  
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
2. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

F. Referensi

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H.Hayt,Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

**Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RRKBM)**

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
XV	Kopling Magnetik	Induktansi Timbal Balik Aturan Dot	Ceramah Diskusi Latihan Soal

## BAB XI KOPLING MAGNETIK

### *Tujuan Umum:*

- Mahasiswa dapat memahami Kopling Magnetik

### *Tujuan Khusus:*

- Mahasiswa dapat memahami kopling magnetik melalui prinsip Induktansi Timbal Balik.
- Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian melalui aturan dot

### 11.1. Pendahuluan

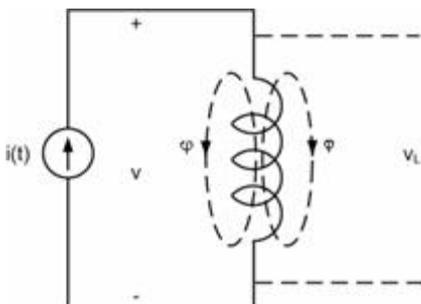
Bilamana dua buah rangkaian atau lebih yang terhubung secara langsung atau tidak satu sama lainnya, akan tetapi mempunyai pengaruh antara satu sama lainnya secara magnetik, diakibatkan adanya medan magnet disalah satu rangkaian tersebut, maka rangkaian tersebut dikatakan rangkaian gandeng magnetik (*magnetically couple*).

Pada beberapa peralatan listrik yang dibuat berdasarkan prinsip di atas, misalnya seperti transformator yang dipergunakan pada sistem tenaga listrik yang fungsinya untuk mentransfer energi listrik dari suatu loop ke loop yang lainnya pada frekuensi tetap. Transformator ini ada yang disebut sebagai transformator penaik tegangan (step up) atau sebagai penurun tegangan (step down), dan selain itu transformator juga pada peralatan elektronika.

### 11.2. Induktansi Timbal Balik (*Mutual Indutance*)

Apabila dua buah induktor / kumparan / koil ( $N_1$  dan  $N_2$ ) yang berdekatan satu sama lainnya, dan bilamana salah satu kumparan dialiri oleh arus (misalnya  $N_1$ ) tersebut akan timbul fluksi magnetik, dimana fluksi ini ada yang merambat ke kumparan  $N_2$ , yang mana fluksi yang merambat ke kumparan  $N_2$  akan menimbulkan tegangan pada kumparan  $N_2$  (sering disebut sebagai tegangan induksi), maka fenomena di atas dikenal dengan induksi timbal balik (*mutual indutance*).

Sebagai ilustrasi perhatikan gambar rangkaian di bawah ini :



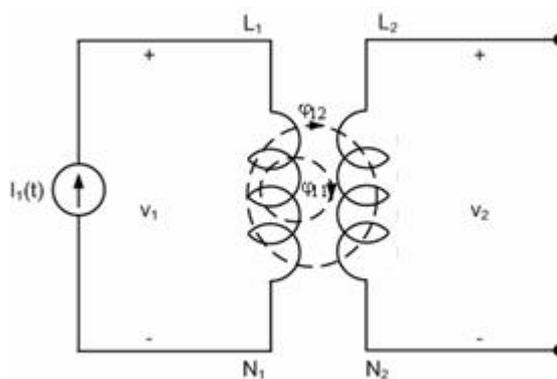
Gambar 11.1 Fluksi magnetik yang dibangkitkan pada kumparan dengan  $N$  belitan.

Gambar di atas memperlihatkan sebuah kumparan dengan banyak belitan  $N$ . Bilamana arus  $i$  mengalir melalui kumparan tersebut, maka disekeliling kumparan akan timbul fluksi magnetik  $f$ , dan berdasarkan hukum Faraday, pada kumparan akan terjadi tegangan induksi sebesar  $v$  yang sebanding dengan perkalian jumlah belitan  $N$  dengan perubahan fluksi  $f$  perwaktu, atau dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$V_L = L \frac{di}{dt} (\text{volt})$$

Sebagaimana diketahui bilamana sebuah induktor dialiri arus, maka akan terjadi tegangan pada induktor tersebut. Dimana  $L$  adalah persamaan dikenal dengan induktansi diri (*self-indutance*).

Selanjutnya apabila dua buah kumparan dengan induktansi  $L_1$  dan  $L_2$  dimana jumlah belitan masing-masing kumparan adalah  $N_1$  dan  $N_2$  saling didekatkan satu sama lainnya yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar 11.2 Induktansi timbal balik dari kumparan N2 terhadap kumparan N1

Untuk penyederhanaan, maka diasumsikan kumparan N2 tidak dialiri arus. Oleh karena kumparan N1 dialiri oleh arus, maka pada kumparan N1 ini timbul fluksi  $f_1$ , dimana fluksi ini terbagi menjadi dua bagian yaitu  $f_{11}$  dan  $f_{12}$ . Fluksi  $f_{11}$  ini adalah fluksi yang hanya melingkupi N1, sedangkan fluksi  $f_{12}$  adalah fluksi yang berasal dari kumparan N1 yang melingkupi kumparan N2. Maka walaupun kedua kumparan ini secara fisik terpisah, akan tetapi mereka dikatakan terhubung secara magnetik.

Karena adanya  $f_1$ , maka pada kumparan N1 terjadi tegangan induksi sebesar :

$$V_1 = \frac{\lambda_1}{i_1} = \frac{N_1 \phi_{11}}{i_1}$$

Adapun fluksi-fluksi yang ada pada kumparan N1, disebabkan oleh karena adanya arus  $i_1$  yang mengalir pada kumparan N1, yang mana fluksi ini akan menimbulkan tegangan induksi  $v_1$  pada kumparan N1 seperti yang diperlihatkan oleh Persamaan diatas hal ini disebut sebagai induktansi diri (*self-indutance*) dari kumparan N1.

Selanjutnya karena adanya  $\phi_{12}$ , maka pada kumparan N2 akan timbul juga tegangan induksi pada kumparan 2 sebesar :

$$V_{22} = \frac{d\lambda_2}{dt} = \frac{d(N_2\phi_{22})}{dt}$$

$$N_2\phi_{22} = L_2i_2$$

Sehingga :

$$V_{22} = L_2 \frac{di_2}{dt}$$

Induktansi Bersama (Mutual Inductance):

$$M_{12} = \frac{N_1\phi_{12}}{i_2}$$

Tegangan induksi pada kumparan 1 akibat adanya flux lingkup yang dihasilkan oleh kumparan 1 adalah :

$$V_{12} = \frac{d\lambda_{12}}{dt} = \frac{d(M_{12}i_2)}{dt}$$

Bila  $M_{12} = \text{kons tan}$

Maka:

$$V_{12} = M_{12} \frac{di_2}{dt}$$

Bila kumparan 2 dan 1 diberi arus, maka :

Besarnya fluks pada kumparan 1 dan 2 adalah :

$$\phi_1 = \phi_{12} + \phi_{21} + \phi_{e1}$$

$$\phi_2 = \phi_{21} + \phi_{12} + \phi_{e2}$$

Fluks total pada kumparan 1 dan 2 adalah :

$$\lambda_1 = N_1\phi_{21} + N_1\phi_{11}$$

$$\lambda_2 = N_2\phi_{21} + N_2\phi_{22}$$

Tegangan – tegangan pada kumparan 1 dan 2 adalah :

$$V_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = \frac{d(N_1\phi_{12})}{dt} + \frac{d(N_1\phi_{11})}{dt}$$

$$V_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = \frac{d(N_2\phi_{21})}{dt} + \frac{d(N_2\phi_{22})}{dt}$$

Bila :

$$\frac{d(N\phi)}{dt} = M \frac{di}{dt}$$

Sehingga persamaan tegangan dapat ditulis menjadi :

$$V_1 = M_{12} \frac{di_2}{dt} + L_2 \frac{di_1}{dt}$$

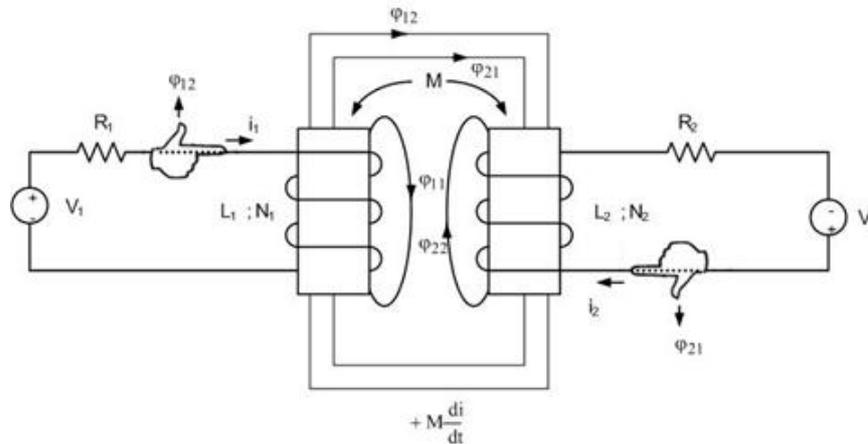
$$V_2 = M_{21} \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

Dari penganalisaan  $M_{21}$  dan  $M_{12}$ , maka dapat disimpulkan bahwa induktansi timbal balik terjadi karena adanya tegangan induksi pada suatu rangkaian, akibat adanya perubahan arus perwaktu pada rangkaian lainnya. Hal ini merupakan sifat induktor, dimana pada suatu induktor akan terjadi tegangan induksi akibat adanya arus yang merupakan fungsi waktu yang mengalir pada induktor lain yang dekat dengannya, sehingga dapat dikatakan :

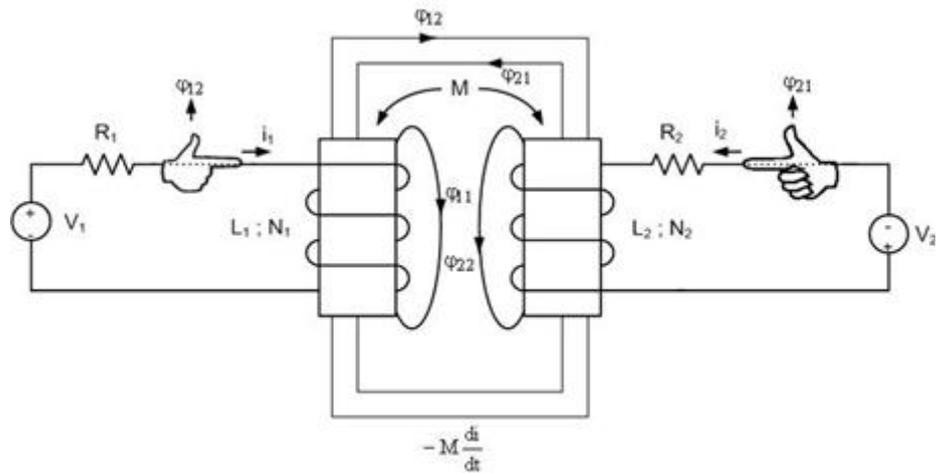
*Induktansi timbal balik  $M$  yang satuannya dalam henry [H] adalah ukuran kemampuan suatu induktor untuk menginduksikan tegangan pada induktor lain yang berdekatan dengannya.*

Walaupun induktansi timbal balik  $M$  selalu merupakan besaran positif, akan tetapi tegangan timbal balik bisa berharga positif atau negatif. Adapun salah satu cara untuk menentukan tanda aljabar dari , bila arah belitan terlihat dengan jelas adalah dengan hukum tangan kanan dari Lenz yang mengatakan :

*Apabila konduktor diletakkan pada telapak tangan, dan ibu jari-jari tangan menggenggam kumparan searah dengan arah belitan kumparan maka jari telunjuk menunjukkan arah arus, sedangkan ibu jari menunjukkan arah fluksi.*



(a)



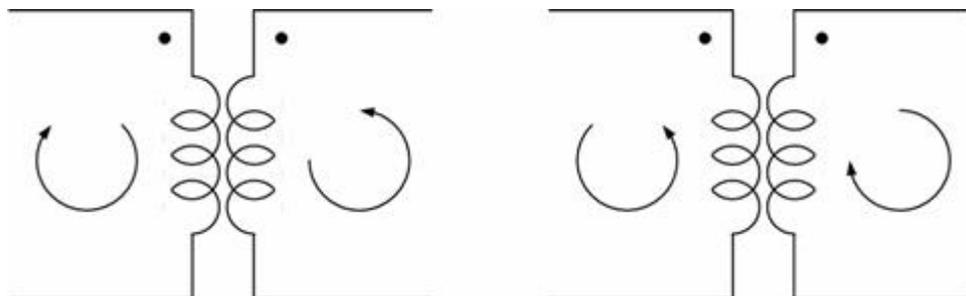
(b)

Gambar 11.3 dan 11.4 Aturan tangan kanan (a) untuk tanda M positif (b) untuk tanda M negatif

### 11.3. Aturan Dot

Selain aturan dari tangan kanan Lenz untuk menentukan tanda aljabar dari  $\Phi$ , masih ada yang disebut aturan Dot (titik), yang mengatakan :

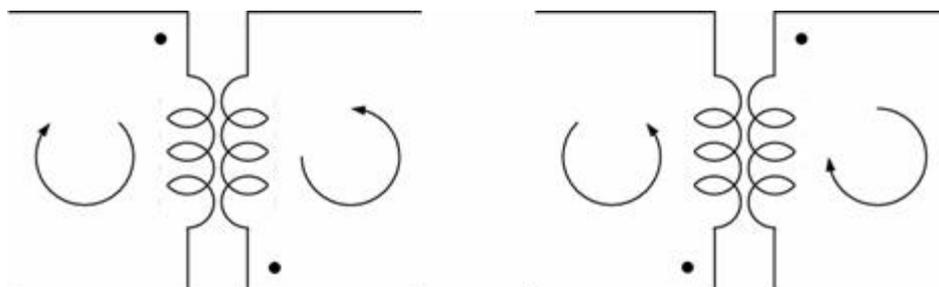
1. *Bilamana kedua arus dalam rangkaian gandeng magnetik sama-sama menuju tanda dot atau sama-sama meninggalkan tanda dot, maka tanda aljabar dari M adalah positif.*



Gambar 11.5

Aturan dot untuk arus sama-sama menuju atau meninggalkan tanda dot  
 (a) Sama-sama menuju tanda dot (b) Sama-sama meninggalkan tanda dot  
 (b)

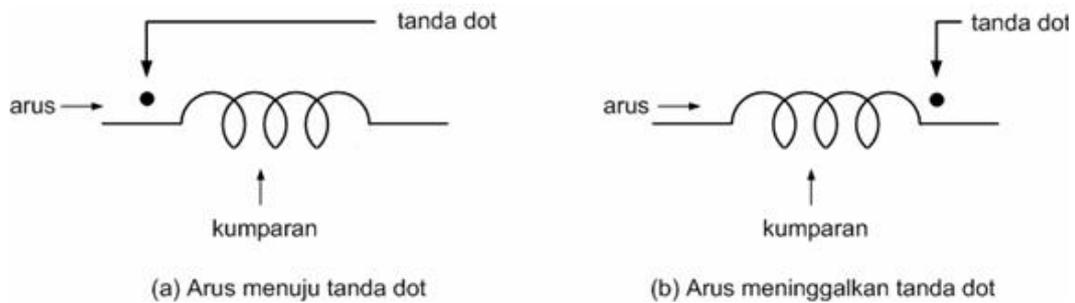
2. *Apabila salah satu arus menuju tanda dot, sedangkan yang lain meninggalkan tanda dot, maka tanda aljabar dari M adalah negatif.*



Gambar 11.6 Arus menuju tanda dot dan yang lain meninggalkan tanda dot

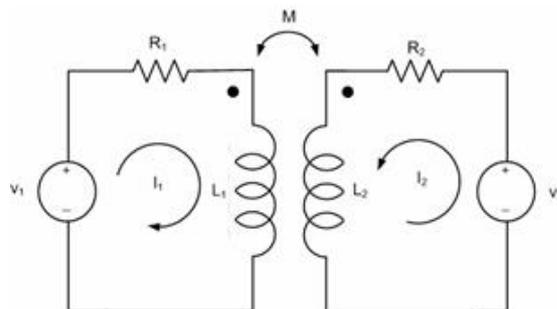
**Catatan :**

Adapun yang dimaksud dengan arus menuju tanda dot adalah bilamana tanda panah arus lebih dahulu mengenai tanda dot baru kemudian tanda kumparan. Sedangkan yang dimaksud arus meninggalkan tanda dot adalah apabila tanda panah arus lebih dahulu mengenai tanda kumparan baru kemudian mengenai tanda dot.



**Contoh Soal :**

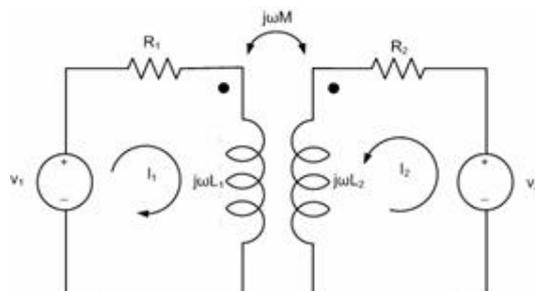
Suatu rangkaian gandeng magnetik seperti di bawah ini :



Carilah bentuk persamaan tegangan pada rangkaian gandeng di atas dalam kawasan waktu dan kawasan frekuensi.

**Jawab :**

Rangkaian seperti di atas adalah rangkaian dalam kawasan waktu, maka menurut hukum tegangan Kirchoff, persamaan tegangan, dalam kawasan frekuensi, rangkaiannya adalah:



Rangkaian seperti di atas adalah rangkaian dalam wawasan frekuensi, maka menurut hukum tegangan Khirchoff, persamaan tegangan pada :

$$\text{Loop 1 : } V_1 = R I_1 + j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2 = (R_1 + j\omega L_1) I_1 + j\omega M I_2$$

$$\text{Loop 2 : } V_2 = j\omega M I_1 + R_2 I_2 + j\omega L_2 I_2 = j\omega M I_1 + (R_2 + j\omega L_2) I_2$$

## SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II  
 Kode Mata Kuliah : EES13253  
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit  
 Pertemuan ke : 16

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

*Mahasiswa dapat memahami tentang Rangkaian Listrik II dan hal yang terkait secara umum*

2. Khusus

*Untuk melakukan evaluasi terhadap sejauh mana pemahaman mahasiswa terhadap materi yang telah dipelajari dari minggu 9 sampai 15*

B. Pokok Bahasan

Evaluasi akhir semester

C. Sub Pokok Bahasan

Ujian Akhir Semester

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	Menjelaskan peraturan yang harus ditaati selama ujian berlangsung.	Memperhatikan.	Soal ujian
Penyajian	Memberikas soal UAS	Menyelesaikan soal UAS sesuai dengan waktu yang diberikan	
Penutup	Mengumpulkan lembaran jawaban ujian		

E. Evaluasi

### Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
XVI	Final Semester	Ujian Akhir Semester	Soal Uraian Terbatas, Esay

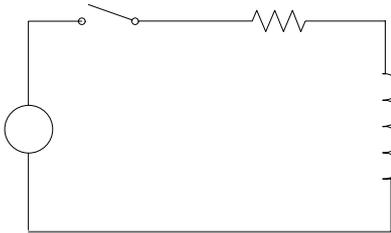


**YAYASAN PENDIDIKAN TEKNOLOGI PADANG**  
**INSTITUT TEKNOLOGI PADANG**  
**UJIAN SEMESTER GANJIL**  
**TAHUN AKADEMIK 2009/2010**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik III	Dosen : Arfita Yuana Dewi, M.T
Hari/Tgl : Senin/ 25-01-2010	Lokal : D.1.3
Jam : 08.00 – 09.30 wib	Sifat Ujian : Buka Buku

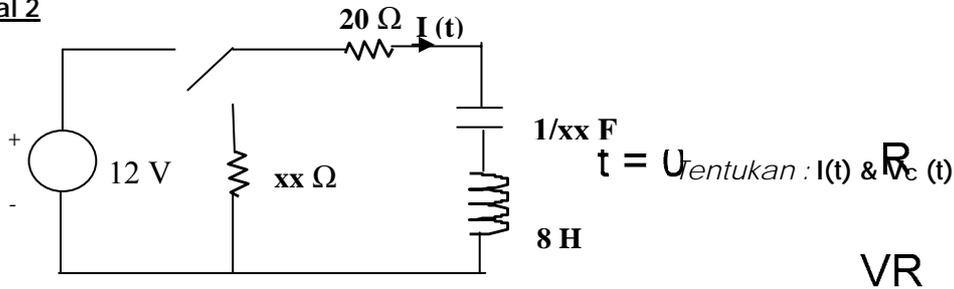
**Soal 1**



Sebuah rangkaian RL seri dengan harga  $R = XX \Omega$ ,  $L = 15 \text{ H}$ , disupply dengan tegangan 110 volt, pada saat saklar S ditutup, tentukan :

- Persamaan untuk  $i(t)$ ,  $V_R(t)$  dan  $V_L(t)$
- Besar arus pada saat  $t = 0,7$  detik
- Waktu ( $t$ ) untuk  $V_R(t) = V_L(t)$

**Soal 2**

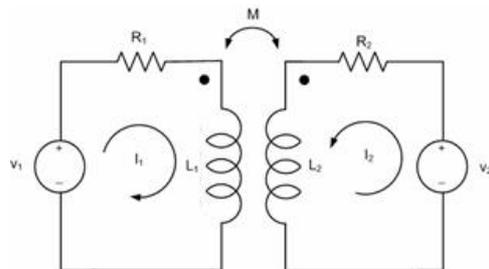


tentukan :  $i(t)$  &  $V_C(t)$

$V_R$  +

**Soal 3**

Suatu rangkaian gandeng magnetik seperti di bawah ini :



$i(t)$  L VL

-

Carilah bentuk persamaan tegangan pada rangkaian gandeng di atas dalam kawasan waktu dan kawasan frekuensi.

Ctt :  $XX = 2$  angka terakhir No. BP

=Selamat Ujian=

## Daftar Pustaka

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H.Hayt,Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991
7. Materi dari internet