

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 14

- A. Tujuan Instruksional
1. Umum
Mahasiswa dapat memahami konsep analisis variabel keadaan
 2. Khusus
Mahasiswa dapat melakukan analisis melalui topologi rangkaian
- B. Pokok Bahasan
Analisis Variabel Keadaan
- C. Sub Pokok Bahasan
1. Topologi Rangkaian
 2. Persamaan Keadaan dalam Bentuk Normal
- D. Kegiatan Belajar Mengajar

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

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
XIV	Analisis Variabel keadaan	Topologi Rangkaian Persamaan Keadaan	Ceramah Diskusi Latihan Soal

BAB X ANALISIS VARIABEL KEADAAN

Tujuan Umum:

- Mahasiswa dapat memahami konsep analisis variabel keadaan

Tujuan Khusus:

- Mahasiswa dapat melakukan analisis melalui topologi rangkaian

10.1. Pendahuluan

Solusi dari sistem (rangkaiannya) yang digambarkan oleh persamaan differensial orde pertama dan kedua sampai saat ini telah dipelajari sebelumnya. Sistem tingkat yang lebih tinggi adalah jauh lebih sulit. Namun analisis ruang keadaan atau variabel keadaan dapat mudah diterapkan bukan hanya terhadap sistem orde pertama atau kedua, namun pada tingkat yang lebih tinggi. Ide utama adalah menjelaskan sistem orde n melalui sekumpulan persamaan simultan orde pertama. Kumpulan ini diperoleh secara langsung atau dari persamaan orde n sistem tersebut. Kemudian kumpulan tersebut diganti oleh sebuah persamaan matriks tunggal orde pertama, yang solusinya disesuaikan secara baik dengan teknik numerik dan komputer.

10.2. Topologi Rangkaian

Walaupun persamaan keadaan untuk banyak jaringan sederhana dapat dituliskan melalui pemeriksaan, perumusannya untuk jaringan yang lebih rumit memerlukan beberapa konsep dalam topologi atau teori grafik planar (*planar graph theory*).

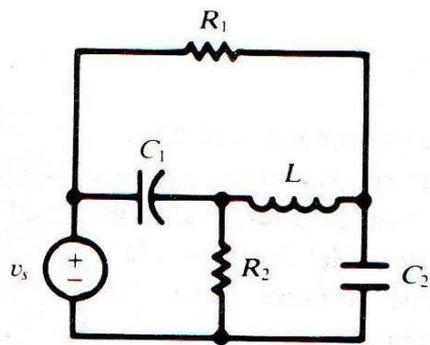
Kita telah biasa dengan istilah : simpul (node), cabang (branch), lintasan (path) yaitu urutan cabang-cabang tidak terjadi simpul lebih dari sekali, lup (lintasan tertutup), dan mata jala (lup tanpa interior, yaitu sebuah "jendela" jaringan).

Pohon (tree) : Sekumpulan cabang yang menghubungkan semua simpul jaringan tetapi tidak mengandung lup. Jumlah cabang di dalam sebuah pohon satu lebih kecil daripada jumlah simpul dalam jaringan. Setiap pohon menyediakan suatu lintasan unik diantara setiap dua simpul. Sebuah rangkaian dapat memiliki jumlah pohon yang berbeda.

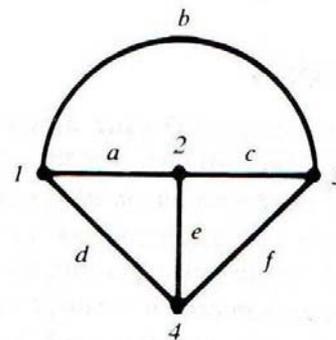
Kopohon (cotree) : Komplemen sebuah pohon yakni kumpulan semua cabang jaringan yang tidak termasuk pada pohon yang diberikan. Cabang pohon ini disebut **mata rantai (link)** dari pohon tersebut.

10.3. Persamaan Keadaan dalam Bentuk Normal

Berikut ini adalah suatu susunan aturan agar persamaan keadaan orde pertama untuk sebuah jaringan yang diberikan dapat diperoleh. Dalam hal ini betul-betul terdapat jaringan yang topologinya rumit dimana aturan-aturan ini tidak berlaku sehingga harus digunakan pendekatan lain (misalnya arus mata jala).

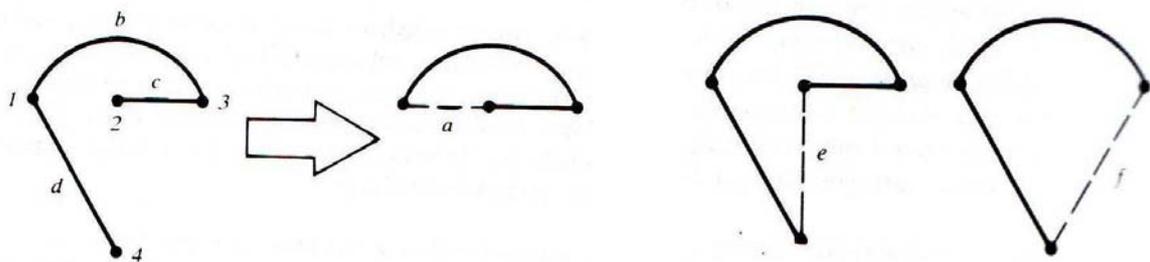


(a)

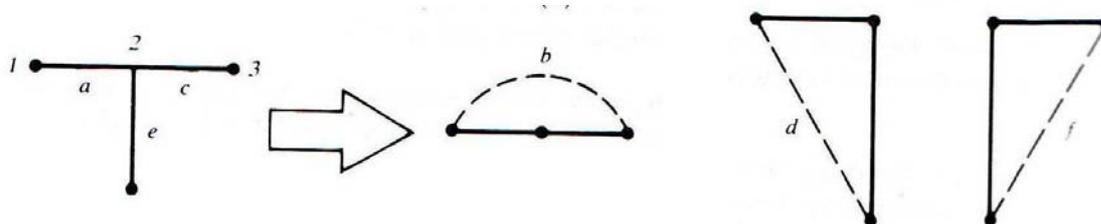


(b)

Gambar 10.1



(a)



(b)

Aturan-aturan :

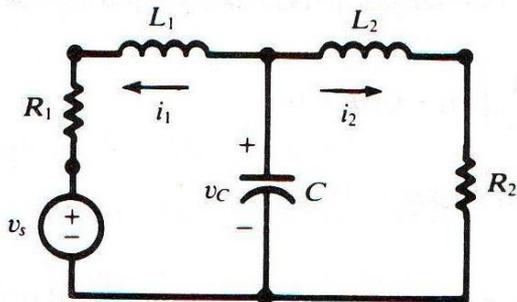
1. Dalam grafik yang sesuai dengan rangkaian, pilih sebuah pohon normal yakni yang mengandung semua sumber tegangan dan jumlah kapasitor maksimum yang mungkin. Semua sumber arus dan induktor dibiarkan untuk kopohon. Tahanan-tahanan dapat berada di dalam pohon atau kopohon. Sedapat mungkin tegangan-tegangan pengontrol juga sebaiknya berada di dalam pohon, dan arus-arus pengontrol di dalam kopohon.
2. Terapkan tegangan bagi masing-masing kapasitor dan tandai polaritasnya. Tetapkan arus bagi masing-masing induktor dan tetapkan arahnya. Tegangan kapasitor dan arus induktor ini merupakan variabel keadaan.
3. Dengan menggunakan hukum arus Kirchoff, tuliskan persamaan simpl pada masing-masing kapasitor. Dengan menggunakan hukum tegangan Kirchoff, tuliskan

persamaan lup untuk setiap lup dasar yang terdiri dari sebuah mata antai induktor dan sebuah lintasan dalam pohon normal.

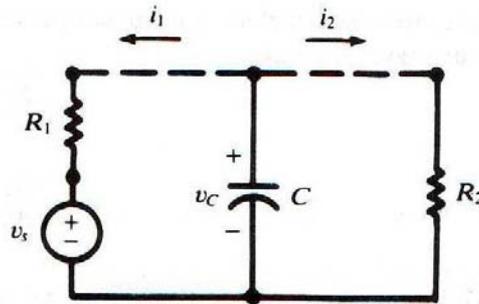
4. Jika tegangan resistor terdapat dalam persamaan hukum tegangan Kirchoff dan aturan 3, gunakan hukum arus kirchoff untuk menyamakan V_R/R dengan jumlah arus-arus sambungan. Dengan cara sama, jika arus resistor terdapat di dalam persamaan hukum arus kirchoff, gunakan hukum tegangan Kirchoff untuk membuat $I_R.R$ sama dengan jumlah tegangan-tegangan lup dasar.
5. Substitusi pernyataan dari aturan 4 ke dalam aturan 3, dengan demikian diperoleh kumpulan persamaan-persamaan normal.

Contoh Soal :

Tuliskan persamaan-persamaan normal untuk rangkaian yang diperlihatkan pada rangkaian di bawah ini :



Gambar 10.3

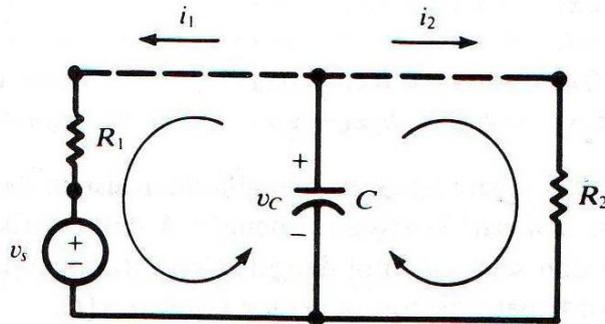


Gambar 10.4

1. Pilih sebuah pohon yang mencakup seluruh kapasitor dan tidak berisi induktor (Gambar 10.4).
2. Gunakan tegangan kapasitor cabang pohon V_C dan arus induktor sambungan i_1 dan i_2 sebagai variabel keadaan. Arah acuan untuk tiap variabel keadaan ini ditunjukkan gambar 10.4.
3. Tuliskan Hukum Kirchoff untuk kapasitor pada ujung +:

$$C \frac{dv_C}{dt} + i_1 + i_2 = 0 \dots\dots\dots (1)$$

Tuliskan hukum tegangan Kirchoff untuk lup dasar yang diperlihatkan pada gambar 10.5 di bawah ini :



$$L_1 \frac{di_1}{dt} + V_{R_1} + V_s - V_C = 0 \dots\dots\dots (2)$$

$$L_2 \frac{di_2}{dt} + V_{R_2} - V_C = 0 \dots\dots\dots (3)$$

4. Pada (1) yang terdapat hanya variabel keadaan, sehingga tidak diperlukan penyederhanaan selanjutnya. Pada (2) dan (3), nyatakan V_{R_1} dan V_{R_2} dalam variabel keadaan :

$$V_{R_1} = R_1 i_1 \quad V_{R_2} = R_2 i_2$$

5. Sekarang (1), (2) dan (3) menjadi :

$$\begin{aligned} \frac{dv_C}{dt} &= 0 - \frac{1}{C} i_1 - \frac{1}{C} i_2 \\ \frac{di_1}{dt} &= \frac{1}{L_1} v_C - \frac{R_1}{L_1} i_1 + 0 - \frac{v_s}{L_1} \\ \frac{di_2}{dt} &= \frac{1}{L_2} v_C + 0 - \frac{R_2}{L_2} i_2 \end{aligned} \dots\dots\dots (4)$$

Atau dalam bentuk Matriks :

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} v_C \\ i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{C} & -\frac{1}{C} \\ \frac{1}{L_1} & -\frac{R_1}{L_1} & 0 \\ \frac{1}{L_2} & 0 & -\frac{R_2}{L_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_C \\ i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{v_s}{L_1} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Dalam hal ini pohon normal memberikan mata jala sebagai kumpulan lup-lup dasar. Adalah bermanfaat membandingkan persamaan-persamaan normal (4) dengan persamaan yang diberikan oleh metode lup, yaitu :

$$L_1 \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + v_s + \frac{1}{C} \int (i_1 + i_2) dt = 0$$

$$L_2 \frac{di_2}{dt} + R_2 i_2 + \frac{1}{C} \int (i_1 + i_2) dt = 0$$