

Konsep Rangkaian Listrik

1. Definisi-Definisi

Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup. Elemen atau komponen yang akan dibahas pada mata kuliah Rangkaian Listrik terbatas pada elemen atau komponen yang memiliki dua buah terminal atau kutub pada kedua ujungnya. Untuk elemen atau komponen yang lebih dari dua terminal dibahas pada mata kuliah Elektronika.

Pembatasan elemen atau komponen listrik pada Rangkaian Listrik dapat dikelompokkan kedalam elemen atau komponen aktif dan pasif. Elemen aktif adalah elemen yang menghasilkan energi dalam hal ini adalah sumber tegangan dan sumber arus, mengenai sumber ini akan dijelaskan pada bab berikutnya. Elemen lain adalah elemen pasif dimana elemen ini tidak dapat menghasilkan energi, dapat dikelompokkan menjadi elemen yang hanya dapat menyerap energi dalam hal ini hanya terdapat pada komponen resistor atau banyak juga yang menyebutkan tahanan atau hambatan dengan simbol R , dan komponen pasif yang dapat menyimpan energi juga diklasifikasikan menjadi dua yaitu komponen atau elemen yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini induktor atau sering juga disebut sebagai lilitan, belitan atau kumparan dengan simbol L , dan komponen pasif yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini adalah kapasitor atau sering juga dikatakan dengan kondensator dengan simbol C , pembahasan mengenai ketiga komponen pasif tersebut nantinya akan dijelaskan pada bab berikutnya.

Elemen atau komponen listrik yang dibicarakan disini adalah:

1. Elemen listrik dua terminal

- a. Sumber tegangan
- b. Sumber arus
- c. Resistor (R)
- d. Induktor (L)
- e. Kapasitor (C)

2. Elemen listrik lebih dari dua terminal

- a. Transistor
- b. Op-amp/IC

Berbicara mengenai Rangkaian Listrik, tentu tidak dapat dilepaskan dari pengertian dari rangkaian itu sendiri, dimana rangkaian adalah interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya dimana disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup. Dengan kata lain hanya dengan satu lintasan tertutup saja kita dapat menganalisis suatu rangkaian.

Yang dimaksud dengan satu lintasan tertutup adalah satu lintasan saat kita mulai dari titik yang dimaksud akan kembali lagi ketitik tersebut tanpa terputus dan tidak memandang seberapa jauh atau dekat lintasan yang kita tempuh. Rangkaian listrik merupakan dasar dari teori rangkaian pada teknik elektro yang menjadi dasar atay fundamental bagi ilmu-ilmu lainnya seperti elektronika, sistem daya, sistem computer, putaran mesin, dan teori kontrol.

2. Arus Listrik

Pada pembahasan tentang rangkaian listrik, perlu kiranya kita mengetahui terlebih dahulu beberapa hal mengenai apa itu yang dimaksud dengan listrik. Untuk memahami tentang listrik, perlu kita ketahui terlebih dahulu pengertian dari arus. Arus merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu dengan simbol i (dari kata Perancis : intensite), dengan kata lain arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus pun akan hilang. Muatan akan bergerak jika ada energi luar yang memengaruhinya. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau sub bagian dari atom. Dimana dalam teori atom modern menyatakan atom terdiri dari partikel inti (proton bermuatan $+$ dan neutron bersifat netral) yang dikelilingi oleh muatan elektron ($-$), normalnya atom bermuatan netral. Muatan terdiri dari dua jenis yaitu muatan positif dan muatan negatif.

Arah arus searah dengan arah muatan positif (arah arus listrik) atau berlawanan dengan arah aliran elektron. Suatu partikel dapat menjadi muatan positif apabila kehilangan elektron dan menjadi muatan negatif apabila menerima elektron dari partikel lain. Coulomb adalah unit dasar dari International System of Units (SI) yang digunakan untuk mengukur muatan listrik.

Symbol: Q = muatan konstan
 q = muatan tergantung satuan waktu
 muatan 1 elektron = $-1,6021 \times 10^{-19}$ coulomb
 1 coulomb = $-6,24 \times 10^{18}$ elektron

Secara matematis arus didefinisikan: $i = \frac{dq}{dt}$

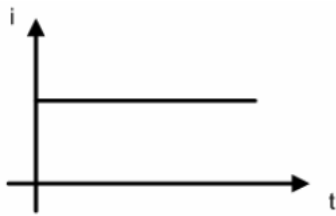
Satuannya: Ampere (A)

Dalam teori rangkaian arus merupakan pergerakan muatan positif. Ketika terjadi beda potensial disuatu elemen atau komponen maka akan muncul arus dimana arah arus positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan arah arus negatif mengalir sebaliknya.

Macam-macam arus:

1. Arus searah (*Direct Current/DC*)

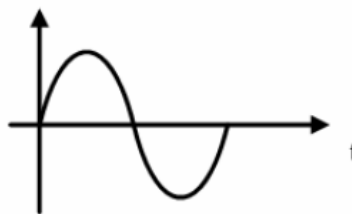
Arus DC adalah arus yang mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu, artinya diaman pun kita meninjau arus tersebut pada waktu berbeda akan mendapatkan nilai yang sama.



Gambar 1.1 Salah satu bentuk arus DC

2. Arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*)

Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai yang berubah terhadap satuan waktu dengan karakteristik akan selalu berulang untuk periode waktu tertentu (mempunyai periode waktu: T).



Gambar 1.2 Salah satu bentuk arus AC

3. Tegangan

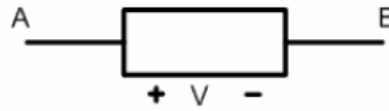
Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial dalam bahasa Inggris

voltage adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan/memindahkan muatan sebesar satu coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya.

Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat dipersingkat bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan.

Secara matematis: $v = \frac{dw}{dq}$

Satuannya: Volt (V)



Gambar 1.3 Beda potensial antara 2 terminal A-B

Pada Gambar 1.3, jika terminal/kutub A mempunyai potensial lebih tinggi daripada potensial di terminal/kutub B. Maka ada dua istilah yang seringkali dipakai pada Rangkaian Listrik, yaitu:

1. Tegangan turun/ voltage drop

Jika dipandang dari potensial lebih tinggi ke potensial lebih rendah dalam hal ini dari terminal A ke terminal B.

2. Tegangan naik/ voltage rise

Jika dipandang dari potensial lebih rendah ke potensial lebih tinggi dalam hal ini dari terminal B ke terminal A.

Pada buku ini istilah yang akan dipakai adalah pengertian pada item nomor 1 yaitu tegangan turun. Maka jika beda potensial antara kedua titik tersebut adalah sebesar 5 Volt, maka $V_{AB} = 5$ Volt dan $V_{BA} = -5$ Volt.

4. Energi

Kerja yang dilakukan oleh gaya sebesar satu Newton sejauh satu meter. Jadi energi adalah sesuatu kerja dimana kita memindahkan sesuatu dengan mengeluarkan gaya sebesar satu Newton dengan jarak tempuh atau sesuatu tersebut berpindah dengan selisih jarak satu meter.

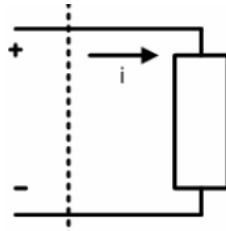
Pada alam akan berlaku hukum Kekekalan Energi dimana energi sebetulnya tidak dapat dihasilkan dan tidak dapat dihilangkan, energi hanya berpindah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Contohnya pada pembangkit listrik, energi dari air yang bergerak akan berpindah menjadi energi yang menghasilkan energi listrik, energi listrik akan berpindah menjadi energi cahaya jika energi listrik tersebut melewati suatu lampu, energi cahaya akan berpindah menjadi energi panas jika bola lampu tersebut pemakaiannya lama, demikian seterusnya.

Untuk menyatakan apakah energi dikirim atau diserap tidak hanya polaritas tegangan tetapi arah arus juga berpengaruh.

Elemen/komponen listrik digolongkan menjadi :

1. Menyerap Energi

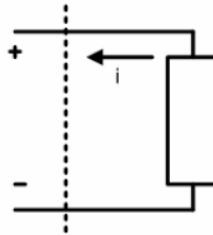
Jika arus positif meninggalkan terminal positif menuju terminal elemen/komponen atau arus positif menuju terminal positif elemen/komponen tersebut.



Gambar 1.4 Elemen yang menyerap energi

2. Mengirim Energi

Jika arus positif masuk terminal positif dari terminal elemen/komponen, atau arus positif meninggalkan terminal positif elemen/komponen.



Gambar1.5 Elemen yang mengirim energi

Energi yang diserap/dikirim pada suatu elemen yang bertegangan v dan muatan yang melewatinya Δq adalah $\Delta w = v\Delta q$

Satuannya: Joule (J)

5. Daya

Rata-rata yang dilakukan

Daya secara matematis: $P \frac{dw}{dq} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = vi$

Satuannya: Watt (W)

6. Analisis Rangkaian

Mencari hubungan antara masukan dan keluaran pada rangkaian yang telah diketahui, misalkan mencari keluaran tegangan/ arus ataupun menentukan energi/ daya yang dikirim.

Ada 2 cabang utama dari teori rangkaian (input, rangkaian, output):

1. Analisa rangkaian (rangkaiannya dan input untuk mencari output)
2. Sintesa rangkaian/ desain (input dan output untuk mencari rangkaian)

7. Prefix dalam SI (Sistem satuan Internasional)

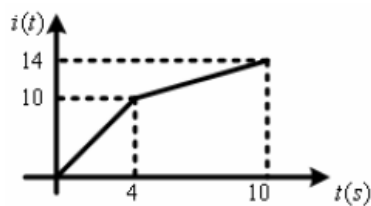
Dalam SI untuk menyatakan bilangan yang lebih besar atau lebih kecil dari satu satuan dasar, dipergunakan notasi desimal (“*standard decimal prefixes*”) yang menyatakan pangkat dari sepuluh.

Tabel 1.1 Prefixs SI

Notasi lengkap	Singkatan	Artinya (terhadap satuan)
atto	a	10^{-18}
femto	f	10^{-15}
Pico	p	10^{-12}
Nano	N	10^{-9}
Mikro	μ	10^{-6}
Mili	m	10^{-3}
Centi	c	10^{-2}
Deci	d	10^{-1}
Deka	da	10^1
Hekto	h	10^2
Kilo	k	10^3
mega	M	10^6
Giga	G	10^9
tera	T	10^{12}

Contoh latihan :

1. Jika tegangan pada elemen adalah 8 V dan arus yang melewati terminal positifnya seperti diperlihatkan pada grafik disamping. Tentukan daya yang diserap elemen pada saat:



- a. $t = 4$ s
- b. $t = 7$ s

Jawaban:

a. Saat $t = 4 \text{ s} \rightarrow i = 10$

Sehingga $p = VI = 8 \times 10 = 80 \text{ watt}$

b. Persamaan arus untuk rentang waktu $4 - 10 \text{ s}$: $i(t) = \frac{4}{6}(t + 11)$

Saat $t = 7 \text{ s} \rightarrow i(7) = \frac{4}{6}(7 + 11) = 12 \text{ A}$

Sehingga $P = VI = 8 \times 12 = 96 \text{ watt}$

2. Tentukan muatan total pada soal nomor 1!

Jawaban:

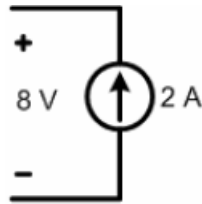
$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = idt \Rightarrow \int dq = \int idt \Rightarrow q = \int idt$$

q = Luas daerah dibawah grafik untuk rentang waktu tertentu

$$q = q_1 + q_2 = \left[\frac{1}{2}(4 \times 10) \right] + \left[\frac{1}{2}(14 - 10)(10 - 4) + (10 - 0)(10 - 4) \right]$$

$$q = [20] + [12 + 60] = 92 \text{ Coulomb}$$

3. Tentukan daya pada rangkaian tersebut, apakah sumber tegangan mengirimkan atau menyerap daya!



Jawaban:

Arus positif dari sumber arus memasuki terminal positif (terminal positif berada di luar elemen sumber arus), maka elemen sumber arus mengirimkan daya.

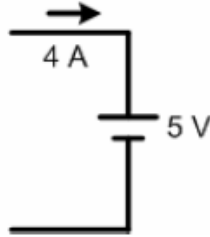
$$I = 2 \text{ A}$$

$$V = 8 \text{ V}$$

$$P = VI = 2 \times 8 = 16 \text{ W}$$

Sumber arus mengirimkan daya sebesar 16 W, juga menyerap daya sebesar -16 W. Jadi sumber arus mengirimkan daya sebesar 16 W.

4. Tentukan daya pada rangkaian tersebut, apakah sumber tegangan mengirimkan atau menyerap daya!



Jawaban:

Arus positif meninggalkan terminal positif (terminal positif berada diluar elemen sumber tegangan), maka elemen sumber tegangan menyerap daya.

$$I = 4 \text{ A}$$

$$V = 5 \text{ V}$$

$$P = VI = 4 \times 5 = 20 \text{ W}$$

Sumber tegangan menyerap daya sebesar 20 W, juga mengirimkan daya sebesar -20W.

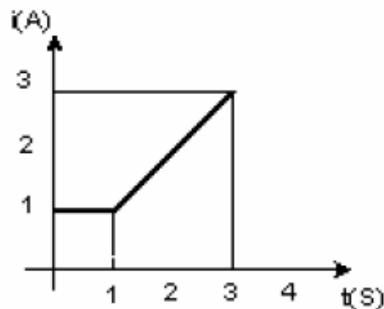
Jadi sumber tegangan menyerap daya sebesar 20 W.

5. Jika diketahui muatan $q = 12t$ Coulumb, tentukan i !

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(12t)}{dt} = 12 \text{ A}$$

6. Diketahui kurva arus terhadap waktu, tentukan muatan lokal yang masuk pada elemen!

Jawaban:



$$q = \int i dt \rightarrow \text{Luas daerah dibawah kurva rentang waktu tertentu}$$

$$q = q_1 + q_2$$

$$= [1 \times 1] + \left[\frac{1}{2} (3 - 1)(3 - 1) + (3 - 1)(1 - 0) \right]$$

$$= [1] + [2 + 2] = 5 \text{ Coulomb}$$

7. Tentukan muatan dalam satuan waktu jika arus $i = 8t^2 - 4t$ ampere, $t \geq 0$ saat $q(0) = 0$.

Jawaban:

$$q(t) = \int i dt = \int (8t^2 - 4t) dt = \frac{8}{3} t^3 - 2t^2 + k$$

Saat $q(0) = 0 \rightarrow q(0) = \frac{8}{3}0^3 - 20^2 + k = 0 \Rightarrow k = 0$

Sehingga $q(t) = \frac{8}{3}t^3 - 2t^2$

8. Arus sebesar $5\mu\text{A}$ melalui suatu kawat
- Berapa banyak muatan yang melalui kawat dalam 10 detik
 - Berapa banyak muatan yang melalui kawat dalam satu tahun

Jawaban:

a. $Q = I \times t = 5\mu\text{A} \times 10\text{s} = 50\mu\text{C} = 0.05\text{mC}$

b. $Q = I \times t = 5 \cdot 10^{-6} \times 1 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}} \times 60 \frac{\text{detik}}{\text{menit}} = 157.68 \text{ Coulomb}$

Soal Untuk dikerjakan

- Arus yang mengalir 2 A pada suatu elemen. Energi untuk memindahkan selama 1 s adalah 10J. tentukan tegangan yang melintasi elemen tersebut.
- Sebuah arus 10 A dikirimkan ke elemen selama 5 s. Tentukan energi yang diperlukan untuk menghasilkan 10 V.
- Tentukan daya pada rangkaian dibawah ini!

