**Bab1**

**PENDAHULUAN**

**1.1 Muatan dan Arus**

**1.2 Tegangan, Energi, dan Daya**

**1.3 Elemen Aktif dan Pasif**

**1.1**

**MUATAN DAN ARUS**

Listrik ada di alam disebabkan adanya muatan listrik. Coulomb adalah satuan yang menyatakan muatan. Pergerakan muatan menimbulkan arus listrik. Tujuan dari sebuah rangkaian listrik adalah memindahkan muatan sepanjang lintasan yang diinginkan. Definisi arus adalah laju perubahan muatan persatuan waktu :

 (dalam Ampere, A)

Dalam teori rangkaian, arus adalah pergerakan muatan positif.

Sebagai contoh, arus pada kawat pada gambar (a) dibawah ini artinya ada 3C/s yang mengalir pada kawat tersebut. Gambar (a) sama dengan gambar (b) dengan membuat arah arus berlawanan dan besar arus yang mengalir bertanda negatif (-3C/s).

3A

-3A

(a)

(b)

Gb.1.1 Dua model arus yang sama

Pada rangkaian listrik berlaku prinsip kekekalan muatan dimana pada suatu titik tidak ada muatan yang terakumulasi, jumlah muatan positif yang masuk harus diikuti dengan muatan positif yang keluar dengan jumlah yang sama.

*I=2A*

*I=2A*

Gb.1.2 Aliran arus pada suatu elemen

Arus yang masuk terminal 2A sama dengan arus yang keluar terminal (2A).

**1.2**

**TEGANGAN, ENERGI DAN DAYA**

Tegangan didefinisikan sebagai kerja yang diperlukan untuk memindahkan satu unit muatan (+1C) dari satu terminal ke terminal yang lain. Satuan untuk tegangan adalah volt (V). Dimana 1 V adalah 1J/C.

B

A

+ v -

Gb.1.3 Konvensi polaritas tegangan

Gambar diatas menunjukkan bahwa terminal bertegangan a lebih positif dari terminal b. Artinya potensial pada terminal a lebih tinggi sebesar v volt dari terminal b. Pada kondisi ini terjadi tegangan jatuh (*voltage drop*) pada pergerakan muatan dari a ke b.

Perhatikan gambar 1.4 yang menunjukkan dua versi tegangan yang sama. Pada (a) terminal A lebih positif 5 V (+5 V) daripada terminal B dan pada (b) terminal B -5 V diatas A (atau +5 V dibawah A).

A

+

5V

-

B

A

-

-5V

+

B

Gb.1.4 Dua model tegangan yang ekivalen

Notasi tegangan *vAB* yang menunjukkan potensial titik A terhadap titik B. Pada gambar 1.4 *vAB = - vBA.* Jadi *vAB =* 5 V *dan vBA =* -5 V.

Elemen ada yang menyerap energi tetapi juga ada yang mensupply energi. Jika arus positif masuk ke terminal positif, maka energi di supply ke elemen; artinya elemen menyerap energi. Sebaliknya jika arus positif meninggalkan terminal positif (masuk ke terminal negatif) artinya elemen mensupply energi.

+

5V

-

2A

-

5V

+

2A

+

5V

-

2A

-

5V

+

2A

(b)

(c)

(a)

(d)

Gb.1.5 Bermacam-macam hubungan tegangan – arus

Gambar (a) adalah elemen yang menyerap energi; dimana arus positif memasuki terminal positif. Gambar (b) juga elemen menyerap energi; dimana arus menuju terminal negatif. Gambar (c) dan (d) keduanya elemen yang mensupply energi.

Laju energi yang diserap ataupun yang dikirim disebut daya dan diberi simbol *p*, dimana besarnya :



Dengan satuan J/s atau watt.

Kuantitas *p* disebut daya sesaat karena nilainya merupakan daya pada saat *v* dan *i* diukur.

**1.3**

**ELEMEN PASIF DAN AKTIF**

Elemen rangkaian terbagi dua yaitu elemen pasif dan aktif. Elemen disebut pasif jika energi yang dikirim ke elemen tersebut bernilai positif.



Contoh elemen pasif adalah resistor, kapasitor dan induktor.

Elemen aktif adalah elemen yang mensupply energi pada rangkaian, contohnya generator, batere, dan peralatan elektronik yang memerlukan catu daya.

**Bab2**

**R A N G K A I A N R E S I S T I F**

**2.1 Hukum Ohm dan Kirchoff**

**2.2 Hubung Seri dan Paralel**

**2.3 Pembagi Arus dan Tegangan**

**2.4 Reduksi Seri Paralel**

**2.1**

**HUKUM OHM DAN HUKUM KIRCHOFF**

Hukum Ohm :

“ Besarnya arus yang mengalir pada sebuah elemen berbanding lurus dengan tegangan pada elemen tersebut dan berbanding terbalik dengan tahanan elemen tersebut”

Secara matematis Hukum Ohm dapat dituliskan sebagai berikut :

**

Grafik hubungan tegangan –arus pada hukum Ohm.

*v*

*v*

*i*

*i*

1. (b)

Gb. 2.1.a) Grafik Hubungan V-I pada resistor linier b)Grafik Hubungan V-I pada resistor non linier

**Hukum Kirchoff :**

Hukum Kirchoff terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Hukum Kirchoff arus (Kirchoff Current Law / KCL) :

“Jumlah aljabar arus yang melalui sebuah titik simpul adalah nol”.

Dapat juga dikatakan bahwa arus yang masuk kedalam suatu titik percabangan adalah sama dengan arus yang keluar dari titik percabangan tersebut.

Secara matematis dapat dituliskan :

ΣI = 0

1. Hukum Kirchoff tegangan (Kirchoff Voltage Law / KVL) :

“ Jumlah aljabar tegangan secara vektoris pada suatu loop tertutup adalah nol”.

Bahwa tegangan pada sumber yang mencatu pada suatu rangkaian adalah sama dengan jumlah tegangan pada tiap elemen pada rangkaian tersebut.

Secara matematis dapat dituliskan :

ΣV = 0

CONTOH 2-1



Diketahui: i3 = 2A

v2 = -10 V

R1 = 8 Ω ; R3 = 1 Ω

Ditanya : i1, i2 = ...

R2 = ...

Penyelesaian:

Gunakan KVL pada loop sebelah kiri :

-10 + v1 + v3 = 0

-10 + i1.R1 + i3.R3

-10 + 8i1 +2.1 = 0

8i1 = 8

i1  = 1A

Gunakan KCL pada titik simpul 1 :

im = ik

i1 = i2 + i3

1 = i2 + 2

i2 = -1A

R2 = 

CONTOH 2-2



Diketahui : V3 = 6V

R1 = R2 = 1 Ω

R3 = 2 Ω

Ditanya : a) i2 = ...

b) V2 = ...

Penyelesaian :

1. Gunakan KCL pada titik simpul 1:

Im = Ik

2 = i2 + i3

2 = i2 + 

2 = i2 + 

2 = i2 + 3

i2 = -1A

1. Gunakan KVL pada loop sebelah kanan:

–v3 + i2R2 + V2 = 0

-6 + (-1.1) + V2 = 0

V2 = 7 V

**2.2**

**RANGKAIAN SERI DAN PARALEL**

**2.2.1 RANGKAIAN SERI**



Hubungan seri pada resistor terjadi bila antara resistor-resistor tersebut dilalui oleh arus yang sama :

IR1 = IR2 = IRn

Untuk mendapatkan tahanan pengganti dari resistor yang terhubung seri adalah dengan menjumlahkan resistor-resistor tersebut

Rs = 

Rs = R1 + R2 + ... + RN

**2.2.2 RANGKAIAN PARALEL**



Hubungan paralel pada resistor terjadi bila tegangan jatuh antara resistor-resistor tersebut sama :

VR1 = VR2 = VRn

Untuk mendapatkan tahanan pengganti dari resistor yang terhubung seri adalah dengan menjumlahkan konduktansi dari resistor-resistor tersebut



Tahananan total dua resistor paralel :



**2.3**

**PEMBAGI ARUS DAN TEGANGAN**

**2.3.1 PEMBAGI ARUS**

Apabila dua resistor terpasang paralel pada titik simpul yang sama maka, resistor paralel tersebut akan membagi arus sumber.







Arus yang mengalir pada resistor sebanding dengan besar tahanan lain dan berbanding terbalik dengan jumlah total resistor paralel tersebut.

**2.3.1 PEMBAGI TEGANGAN**

Apabila dua resistor terpasang seri, maka resistor tersebut akan membagi tegangan sumber menjadi tegangan jatuh masing-masing resistor.





Tegangan jatuh pada resistor sebanding dengan besar resistor itu sendiri dan berbanding terbalik dengan jumlah total resistor seri tersebut.

CONTOH 2-3

Diketahui : R0 = 6 Ω, daya yang diserap oleh R0 = 6 W

Ditanya : a) V0



b) Vs

Penyelesaian :

P = 6 W



maka

V02 = P. R0

= 36   
 V0 = 6 Volt

Vs = i. Rs

= (V0/R0).(Rs)

= (6/6).(2+4+6+2)

= 14 Volt

CONTOH 2-4

Jika sebuah tahanan terhubung seri dengan sumber 12 volt sehingga arus yang mengalir 0,6 mA. Bila ditambahkan R1 secara seri antara sumber dan tahanan tersebut, berapa R1 ? jika tegangan jatuh pada rangkaian tersebut 8 volt?

*Penyelesaian :*





Pembagi tegangan:





*R1*=4.104Ω

**2.4**

**REDUKSI SERI PARALEL**

Metode reduksi seri paralel merupakan metode yang paling sederhana untuk menganalisis rangkaian, yaitu dengan cara membuat rangkaian pengganti dari rangkaian asal yang terdiri dari sumber dan tahanan pengganti total.

Metode ini biasanya digunakan pada rangkaian dengan satu sumber.

Tahanan pengganti total diganti dengan susunan elemen resistor dengan tahanan ekuivalen dimulai dari elemen yang paling jauh dari sumber.

CONTOH 2-5

Diketahui gambar :



Ditanya : a) V pada R = 8 Ω

b) i pada R = 12 Ω

Penyelesaian :

**Bab3**

**S U M B E R T A K B E B A S**

**3.1 Pengenalan Sumber Tak Bebas**

**3.2 Rangkaian dengan Sumber Tak Bebas**

**3.1**

**PENGENALAN SUMBER TAK BEBAS**

Beberapa alat, seperti transistor dan amplifiers, bertindak sebagai sumber-sumber kontrol. Contohnya, tegangan keluaran dari sebuah amplifiers dikontrol oleh tegangan masuk dari amplifiers itu. Beberapa alat dapat diperagakan dengan menggunakan sumber-sumber tak bebas. Sumber tak bebas terdiri dari dua elemen, yaitu elemen pengontrol dan elemen yang dikontrol. Elemen pengontrol merupakan suatu rangkaian terbuka pada rangkaian pendek. Elemen yang dikontrol merupakan sumber arus dan atau juga sumber tegangan. Ada 4 jenis dari sumber tak bebas yang sesuai dengan 4 cara pemilihan suatu elemen pengontrol dari sebuah elemen yang dikontrol. 4 jenis sumber tak bebas itu yaitu:

1. VCVC (*Voltage – Controlled Voltage Source* / Tegangan – sumber Pengontrol Tegangan)
2. CCVS (*Current – Controlled Voltage Source* / Arus –Sumber Pengontrol Tegangan)
3. VCCS (*Voltage – Controlled Current Source* / Tegangan – Sumber Pengontrol Arus)
4. CCCS (*Current – Controlled Current* *Source* / Arus – Sumber Pengontrol Arus)

Simbol yang melambangkan sumber tak bebas di tunjukan pada table 1.1.

Sumber tak bebas CCVS ( *Current – Contolled Voltage Source* ). Elemen pengontrol adalah suatu hubung singkat, arus dan tegangan elemen pengontrol adalah ic, dan vc. Tegangan pada hubung singkat, vc = 0. Arus hubung singkat icadalah sinyal pengontal dari sumber tegangan tak bebas ini. Elemen arus dan tegangan dari elemen yang dikontrol (sumber tak bebas tegangan) adalah id, dan vd. Tegangan sumber tak bebas vd dikontrol oleh besarnya ic.



Konstanta r adalah penguatan (gain) dari sumber tak bebas.

Sumber tak bebas VCVS ( *Voltage – Contolled Voltage Source* ). Elemen pengontrol adalah suatu hubung terbuka, arus dan tegangan elemen pengontrol adalah ic, dan vc. Arus hubung singkat ic = 0. Tegangan adalah sinyal pengontal dari sumber tegangan tak bebas ini. Elemen arus dan tegangan dari elemen yang dikontrol (sumber tak bebas tegangan) adalah id, dan vd. Tegangan sumber tak bebas vd dikontrol oleh besarnya vc.



Konstanta r adalah penguatan (gain) dari sumber tak bebas.

Sumber tak bebas VCCS ( *Voltage – Contolled Current Source* ). Elemen pengontrol adalah suatu hubung terbuka, arus dan tegangan elemen pengontrol adalah ic, dan vc. Arus hubung singkat ic = 0. Tegangan adalah sinyal pengontal dari sumber tegangan tak bebas ini. Elemen arus dan tegangan dari elemen yang dikontrol (sumber tak bebas arus) adalah id, dan vd. Arus sumber tak bebas id dikontrol oleh besarnya vc.



Konstanta r adalah penguatan (gain) dari sumber tak bebas.

Sumber tak bebas CCCS ( *Current – Contolled Current Source* ). Elemen pengontrol adalah suatu hubung singkat, arus dan tegangan elemen pengontrol adalah ic, dan vc. Tegangan pada hubung singkat, vc = 0. Arus hubung singkat icadalah sinyal pengontal dari sumber tegangan tak bebas ini. Elemen arus dan tegangan dari elemen yang dikontrol (sumber tak bebas arus) adalah id, dan vd. Arus sumber tak bebas id dikontrol oleh besarnya ic.



Konstanta r adalah penguatan (gain) dari sumber tak bebas.

**3.1**

**RANGKAIAN DENGAN SUMBER TAK BEBAS**

Metode untuk menganalisis rangkaian yang mengandung sumber tak bebas sama dengan metode analisis pada rangkaian resistip yang mengandung sumber bebas. Hukum Ohm dan Kirchoff, prinsip pembagi arus dan tegangan dapat diaplikasikan pada rangkaian yang mengandung sumber tak bebas.

CONTOH 3-1



Diketahui seperti pada gambar:

Ditanya : v1 = ...

Penyelesaian :

Gunakan Hukum KVL :



CONTOH 3-2



Diketahui seperti pada gambar:

Ditanya : a)v1 = ...

b) i2=....

Penyelesaian :

a) 

b) sederhanakan rangkaian diatas dengan menganti resistor paralel dengan ekivalen resistornya



Gunakan KVL pada loop kanan:



**Bab4**

**METODE ANALISIS RANGKAIAN**

**4.1 Analisa Titik Simpul**

**4.2 Analisa Mata Jala**

**4.1**

**ANALISA TITIK SIMPUL**

Analisis simpul ( Nodal Analysis) adalah metoda analisis rangkaian yang berdasarkan pada prinsip Hukum Kirchoff Arus (KCL). Rangkaian yang dianalisis pada bab ini adalah rangkaian planar yaitu jenis rangkaian dimana tidak ada cabang yang saling tumpang tindih.

Titik simpul adalah titik yang merupakan sambungan antara dua atau lebih elemen.

Ada dua macam titik simpul yang ada pada rangkaian, yaitu titik simpul biasa dan titik simpul referensi. Titik simpul referensi dipilih dari suatu titik simpul yang mempunyai paling banyak cabang yang terhubung dengan titik simpul tersebut. Biasanya dipilih yang berada di bagian bawah rangkaian.

Apabila suatu rangkaian mempunyai N buah titik simpul (termasuk titik simpul referensi) maka persamaan KCL yang dihasilkan N-1 buah.

Persamaan KCL ini biasanya dituliskan dalam bentuk matrik :



Variabel yang dicari dalam analisis titik simpul adalah tegangan pada titik simpul.

**4.1.1 Rangkaian dengan Sumber Arus**

Perhatikan rangkaian yang mengandung sumber arus dibawah ini :



Tuliskan persamaan KCl pada masing-masing titik simpul.

**Pada titik simpul 1:**



**Pada titik simpul 2:**



Persamaan (1) dan (2) kita tuliskan dalam bentuk matrik :



Tegangan pada titik simpul 1 dan 2, dapat dicari dengan menggunakan metode determinan untuk matrik konduktansi orde 2x2 atau aturan Cramer untuk matrik konduktansi orde 3x3 atau lebih.





**4.1.2 Rangkaian dengan Sumber Tegangan**

Perhatikan rangkaian yang mengandung sumber arus dibawah ini :



Tuliskan persamaan KCl pada masing-masing titik simpul.

**Pada titik simpul 1:**





**Pada titik simpul 2:**



Persamaan (1) dan (2) kita tuliskan dalam bentuk matrik :



Tegangan pada titik simpul 1 dan 2, dapat dicari dengan menggunakan metode determinan untuk matrik konduktansi orde 2x2 atau aturan Cramer untuk matrik konduktansi orde 3x3 atau lebih.





Apabila diantara dua titik simpul terdapat sumber tegangan bebas maupun sumber tegangan tak bebas, maka diantara kedua titik simpul tersebut terbentuk titik simpul istimewa (*supernode*). Adanya titik simpul istimewa mengurangi persamaan KCL yang dihasilkan. Perhatikan gambar rangkaian dibawah ini, daerah yang berwarna hijau adalah titik simpul istimewa yang terbentuk antara dua titik simpul. Hanya satu persamaan KCL yang diperlukan yaitu persamaan KCL pada titik simpul istimewa saja.



**Titik Simpul Istimewa:**



Jika vs,is,R1,R2,R3 diketahui maka v1 dapat dicari melalui persamaan diatas.

*Titik simpul istimewa adalah hubungan antara dua titik simpul yang diantara keduanya terdapat sumber tegangan bebas maupun sumber tegangan tak bebas.*

CONTOH 4-1



Dit : vx=...

Penyelesaian :

Dari gambar diketahui : vx = v2 (tegangan pada titik simpul 2)

**Titik Simpul 1:**



**Titik Simpul 2:**







**4.2**

**ANALISIS MATA JALA ( *MESH ANALYSIS* )**

Analisis mata jala (*Mesh Analysis*) adalah metoda analisis rangkaian yang berdasarkan pada prinsip Hukum Kirchoff Tegangan (KVL). Matajala adalah bentuk khusus dari sebuah loop. Matajala adalah loop yang tidak mengandung loop lain didalam siklus tertutupnya. Metode mata jala ini hanya berlaku pada rangkaian planar.

Metode mata jala dilakukan dengan membuat persamaan KVL pada siklus tertutup mata jala tersebut. Apabila suatu rangkaian mempunyai N buah mata jala maka persamaan KVL yang dihasilkan N buah.

Persamaan KVL ini biasanya dituliskan dalam bentuk matrik :



Variabel yang dicari dalam analisis mata jala adalah arus mata jala.

Arus mata jala adalah arus yang mengalir pada elemen yang dilewati jalur mata jala. Arus mata jala diberi arah searah dengan jarum jam. Arus mata jala bukan merupakan arus cabang, tetapi hanyalah “*dummy current*”. Sehingga arus yang mengalir pada suatu elemen yang dilalui oleh dua mata jala adalah jumlah aljabar dari arus dua mata jala.

**4.2.1 Rangkaian dengan Sumber Tegangan**

Perhatikan rangkaian yang mengandung sumber tegangan dibawah ini:



Rangkaian diatas terdiri dari 3 buah mata jala. Persamaan KVL dituliskan untuk masing-masing mata jala.

**Mata jala 1:**



**Mata jala 2:**



**Mata jala 3:**



Ke tiga persamaan diatas dituliskan dalam bentuk matrik:





Arus mata jala i1,i2,i3 dicari dengan aturan Cramer .

**4.2.1 Rangkaian dengan Sumber Arus**

Metode analisis mata jala pada rangkaian dengan sumber arus lebih mudah dibandingkan dengan sumber tegangan. Arus mata jala sama dengan arus sumber yang mengalir pada mata jala tersebut.



Dari rangkaian diatas, arus mata jala 1 dan 3 langsung diketahui :

i1 = is1

i3 = -is2

Sehingga hanya satu arus mata jala yang dicari yaitu i2. Persamaan KVL yang perlukan hanya satu saja yaitu pada mata jala dua:

**Mata Jala 2 :**



Pada rangkaian dengan sumber arus, persamaan KVL menjadi berkurang sejumlah sumber arus yang ada.

Apabila sumber arus berada pada dua mata jala seperti gambar dibawah ini:

is = i2 –i1

Untuk mendapatkan arus mata jala, rangkaian dapat diandaikan dengan membuat suatu mata jala super (supermesh) dimana sumber arus is dimisalkan hubung terbuka :



**Mata jala super**



*Mata jala super adalah suatu mata jala yang lebih besar yang dihasilkan dari dua mata jala yang mempunyai sumber arus bebas maupun sumber arus tak bebas bersama diantara dua mata jala.*

CONTOH 4-2

Dik : R1 = R2 = 1Ω

R3 = 2Ω

Dit : i1,i2,i3 = ....



Penyelesaian :



Mata jala super :



ATURAN CRAMER :

Jika sekumpulan persamaan aljabar linier :



dituliskan dalam bentuk matrik :

Ax = b

Maka aturan Cramer mengatakan bahwa solusi untuk variabel x yang tidak diketahui, xk, dari sekumpulan persamaan diatas adalah :



Dimana :

Δ : deterrminan dari matrik A

Δk : determinan dari matrik A yang kolom ke *k*-nya diganti dengan kolom b

Determinan



**Bab5**

**T E O R E M A J A R I N G A N**

**5.1 Teorema Superposisi**

**5.2 Teorema Thevenin**

**5.3 Teorema Norton**

**5.4 Transfer Daya Maksimum**

**5.1**

**TEOREMA SUPERPOSISI**

Prinsip superposisi menyatakan bahwa untuk rangkaian linier yang terdiri dari elemen-elemen linier dan sumber bebas, kita dapat menentukan respon total dari rangkaian dengan mencari respon terhadap masing-masing sumber bebas dengan membuat sumber bebas lain menjadi tidak aktif dan kemudian menjumlahkan respon-respon dari masing-masing sumber bebas tersebut. Respon yang dicari bisa berupa arus ataupun tegangan dari suatu elemen. Biasanya prisip superposisi dilakukan pada rangkaian yang mengandung dua sumber bebas atau lebih.

Pada rangkaian linier yang mengandung sumber bebas, tegangan atau arus pada suatu elemen bila dicari dengan prinsip superposisi dilakukan dengan terlebih dulu mencari *tegangan atau arus* dengan satu sumber bebas saja, sedangkan sumber yang lain di nonaktifkan dengan cara mengganti sumber arus bebas dengan suatu hubung terbuka (*open circuit*) dan sumber tegangan bebas dengan suatu hubung singkat (*short circuit*). Setelah itu *tegangan atau arus* didapat dengan menjumlahkan respon *tegangan atau arus* dari masing-masing sumber bebas.

Untuk rangkaian dengan N buah sumber bebas, secara sistematik urutan-urutan pengerjaan prinsip superposisi adalah :

1. Buat rangkaian sehingga hanya mempunyai satu sumber bebas (tegangan / arus). Sumber bebas yang lain (N-1 buah) dibuat tidak aktif. Jika sumber bebas itu adalah sumber arus maka diganti dengan suatu hubung terbuka (*open circuit*). Tetapi jika sumber tegangan diganti dengan suatu hubung singkat (*short circuit*). Carilah respon tegangan atau arus.
2. Ulangi langkah pertama tetapi dengan sumber bebas yang lain yang diaktifkan , sedangkan sumber bebas pada langkah pertama menjadi tidak aktif.
3. Lakukan terus sampai semua sumber bebas (N buah) dipakai sebagai sumber aktif.
4. Jumlah respon tegangan atau arus dari N buah sumber bebas.

***Yang harus diingat bahwa sumber yang dapat di-nonaktifkan adalah sumber bebas sedangkan sumber tak bebas tidak dapat dinonaktifkan.***

CONTOH 5-1



Dit : i = ......

Penyelesaian :

1. Ambil sumber tegangan 12 V sebagai sumber rangkaian sedangkan 2 buah sumber arus 3A dan 9A tidak diaktifkan diganti dengan hubung terbuka (OC)





1. Ambil sumber arus 3A sebagai sumber rangkaian sedangkan sumber arus 9A tidak diaktifkan diganti dengan hubung terbuka (OC) dan sumber tegangan 12 V tidak diaktifkan diganti dengan hubung singkat (SC)





1. Ambil sumber arus 9A sebagai sumber rangkaian sedangkan sumber arus 3A tidak diaktifkan diganti dengan hubung terbuka (OC) dan sumber tegangan 12 V tidak diaktifkan diganti dengan hubung singkat (SC)





CONTOH 5-2



Dit : Vx = ......

Penyelesaian :

1. Ambil sumber arus 4A sebagai sumber rangkaian sedangkan sumber tegangan 10 V tidak diaktifkan diganti dengan hubung singkat (SC)



Rangkaian diatas dapat disederhanakan kembali dengan memparalelkan dua resistor 5 Ω : 



Persamaan KCL pada titik A:





2. Ambil sumber tegangan 10 V sebagai sumber rangkaian sedangkan sumber arus 4A tidak diaktifkan diganti dengan hubung terbuka (OC)



Diketahui : 

Persamaan KVL pada loop 1:



Persamaan KVL pada loop 2:



**5.2**

**TEOREMA THEVENIN**

Jika suatu rangkaian dengan satu sumber atau lebih dan terdiri dari susunan resistor, maka rangkaian aktif tersebut dapat disederhanakan dengan menggunakan Teorema Thevenin / Norton. Teorema Thevenin digunakan untuk menyederhanakan suatu rangkaian sehingga hanya terdiri dari satu sumber bebas tegangan dan satu buah resistansi yang terhubung seri dengan sumber tegangan. Rangkaian pengganti Thevenin dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Jika variabel yang akan dicari adalah arus pada resistansi beban RL, maka perhitungan akan lebih mudah dengan mengganti sisa rangkaian disebelah kiri terminal ab dengan sebuah sumber tegangan (Voc) dan sebuah resistansi pengganti Thevenin (RT). Bila nilai resistansi beban RL berubah-ubah, maka besar arus dicari hanya dengan membagi sumber tegangan dengan resistansi seri antara resistansi pengganti Thevenin (RT) dan resistansi beban RL. Teorema Thevenin sangat berguna untuk mencari arus, tegangan, atau daya pada suatu elemen yang bersifat variabel (berubah-ubah nilainya).

Metode untuk mendapatkan Rangkaian Pengganti Thevenin :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Jenis Rangkaian** | **Metode Penyelesaian** |
| 1. | Sumber bebas dan resistor | a. Cari Rth dengan menonaktifkan semua sumber, ganti sumber arus dengan hubung terbuka dan sumber tegangan dengan hubung singkat, dan dilihat dari terminal ab  b. Cari VOC , yaitu tegangan pada terminal ab saat terminal ab hubung terbuka (dengan semua sumber aktif) |
| 2. | Sumber bebas dan Sumber tak bebas , dan resistor | a. Cari VOC, yaitu tegangan pada terminal ab saat terminal ab hubung terbuka  b. Cari Isc, yaitu arus hubung singkat yang mengalir pada terminal ab saat terminal ab dihubung singkat  c. Rth = Voc / Isc |
| 3. | Sumber tak bebas , dan resistor (tidak ada sumber bebas) | a. Tentukan VOC = 0  b. Hubungkan sumber arus 1 A pada terminal a-b dan tentukan Vab  c. Rth = Vab / 1 |

CONTOH 5-3



Dit : Rangkaian Pengganti Thevenin = ..... ?

Penyelesaian :

Pada saat terminal ab hubung terbuka, tegangan jatuh pada terminal ab (VOC) sama dengan tegangan jatuh di 10 Ω :

Gunakan prinsip superposisi untuk mendapatkan tegangan di 10 Ω



Resistansi Thevenin di cari dengan me-nonaktifkan semua sumber, dan terminal ab dianggap sebagai sumber :





Rangkaian pengganti Thevenin :



CONTOH 5-4



Dit : Rangkaian Pengganti Thevenin = ..... ?

Penyelesaian :

Pada saat terminal ab hubung terbuka, tegangan jatuh pada terminal ab (VOC) sama dengan tegangan jatuh di 8 Ω :

Gunakan KVL :

-48 +10i + 6i +8i = 0

24i = 48

i = 2A



Karena resistor 8Ω paralel dengan hubung singkat maka R = 0, sehingga arus isc = i



Gunakan KVL :

-48 +10i + 6i = 0

16i = 48

i = 3A





Rangkaian Pengganti Thevenin



CONTOH 5-5



Dit : Rangkaian Pengganti Thevenin = ..... ?

Penyelesaian :

Pada terminal ab dipasang sumber arus 1 A



Va = Vab

Persamaan KCL pada a :

****

Rangkaian Pengganti Thevenin



**5.3**

**TEOREMA NORTON**

Teorema Norton digunakan untuk menyederhanakan suatu rangkaian sehingga hanya terdiri dari satu sumber bebas arus dan satu buah resistansi yang terhubung paralel dengan sumber arus. Rangkaian pengganti Norton dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Bila nilai resistansi beban RL berubah-ubah, maka besar arus yang mengalir pada RL dicari hanya dengan menggunakan konsep pembagi arus antara resistansi pengganti Thevenin (RT) dan resistansi beban RL. Teorema Norton sangat berguna untuk mencari arus, tegangan, atau daya pada suatu elemen yang bersifat variabel (berubah-ubah nilainya).

Metode untuk mendapatkan Rangkaian Pengganti Norton :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Jenis Rangkaian** | **Metode Penyelesaian** |
| 1. | Sumber bebas dan resistor | a. Cari Rth dengan menonaktifkan semua sumber, ganti sumber arus dengan hubung terbuka dan sumber tegangan dengan hubung singkat, dan dilihat dari terminal ab  b. Cari Isc , yaitu arus yang mengalir pada terminal ab saat terminal ab hubung singkat (dengan semua sumber aktif) |
| 2. | Sumber bebas dan Sumber tak bebas , dan resistor | a. Cari Isc, yaitu arus hubung singkat yang mengalir pada terminal ab saat terminal ab dihubung singkat  b. Cari VOC, yaitu tegangan pada terminal ab saat terminal ab hubung terbuka  c. Rth = Voc / Isc |
| 3. | Sumber tak bebas , dan resistor (tidak ada sumber bebas) | a. Tentukan IsC = 0  b. Hubungkan sumber arus 1 A pada terminal a-b dan tentukan Vab  c. Rth = Vab / 1 |

Besar tegangan hubung terbuka (VOC) pada rangkaian Thevenin dan arus hubung singkat (IsC) pada rangkaian Norton memenuhi persamaan:



CONTOH 5-6

Soal pada contoh 5-5,

Dit : Rangkaian Pengganti Norton = ....

Penyelesaian :



Pada saat terminal ab hubung-singkat, arus yang mengalir pada terminal ab (ISC) sama dengan arus yang mengalir pada resistor 4 Ω :



Resistansi Norton sama dengan nilai resistansi Thevenin, RTH = 10 Ω

Rangkaian pengganti Norton :



**5.4**

**TRANSFER DAYA MAKSIMUM**



Masalah transfer daya adalah masalah yang berkaitan dengan efisiensi dan efektivitas. Pada kasus transmisi sinyal, masalah utama adalah mendapatkan sinyal maksimum pada sisi penerima yang berjarak tertentu dari sisi pengirim. Apabila terjadi pemindahan daya yang maksimum, dimana daya yang dikirim hampir sama dengan daya yang diterima, berarti sinyal yang diterima sedikit mengalami noise. Perhatikan rangkaian diatas, dimana rangkaian sumber A sudah digantikan dengan sebuah rangkaian pengganti Thevenin yang terdiri dari sebuah sumber Vs dan tahanan RT. Untuk mendapatkan transfer daya maksimum, harus dilakukan pengendalian pada besar resistansi beban (RL) :

Jika arus i :



Maka besar daya yang ditransfer :



Untuk mendapatkan resistansi beban (RL) dimana transfer / pemindahan daya maksimum dapat terjadi, persamaan daya (*pL*) diatas di-diferensialkan orde satu terhadap RL :



Selesaikan persamaan diatas sehingga kita dapatkan :

RL = RT

Substitusikan RL = RT pada persamaan pL diatas, maka didapat :



**Bab6**

**ELEMEN PENYIMPANAN MUATAN**

**6.1 Induktor**

**6.2 Kapasitor**

**6.1**

**INDUKTOR**

Jika suatu belitan konduktor yang terdiri dari N lilitan dialiri arus (seperti gambar 1) maka akan timbul induktansi. Induktansi didefinisikan sebagai sifat elemen listrik yang menghasilkan tegangan jika dialiri arus.



Dimana :

L : induktansi (H)



Gambar 1. Model sebuah induktor

*Induktansi adalah ukuran besaran kemampuan peralatan untuk menyimpan energi dalam bentuk medan magnetik.*

Jika koil terdiri dari N lilitan maka besar flux total dalam satuan weber (Wb) adalah :

λ = Nφ

Pada induktor linier, total flux sebanding dengan arus yang mengalir pada induktor, yaitu :

λ = Li

Besar daya pada induktor adalah :



Energi yang disimpan dalam induktor adalah :



Jika t0 = - ∞, maka i (t0)= i(- ∞) = 0, sehingga besar energi yang bisa disimpan oleh induktor adalah :



6.1.1 Induktor seri dan Paralel

Jika Induktor terhubung seri maka besar induktansi pengganti adalah :





Gambar 2. a) Induktor terhubung seri b) Rangkaian Ekivalen

Sedangkan untuk Induktor terhubung paralel maka besar induktansi pengganti adalah :





Gambar 3. a) Induktor terhubung paralel b) Rangkaian Ekivalen

CONTOH 6-1

Jika sebuah induktor 10 mH mempunyai arus sebesar 50 cos 1000t A.

Dit : Tegangan dan flux total = ….?

Jawaban :





**6.2**

**KAPASITOR**

Kapasitor adalah elemen yang terbentuk apabila dua buah piringan/lempengan konduktor dipisahkan oleh bahan non konduktor ( bahan dielektrik).



Gambar 4. Model sebuah kapasitor

Kapasitor mempunyai kemampuan untuk menyimpan muatan listrik, dan besarnya kemampuan untuk menyimpan muatan disebut kapasitansi. Besarnya kapasitansi sebanding dengan konstanta dielektrik, luas permukaan konduktor dan berbanding terbalik dengan ketebalan bahan dielektrik. Untuk mendapatkan kapasitansi yang besar ketebalan bahan dielektrik dibuat setipis mungkin.



Muatan positip +q pada piringan satu identik dengan muatan –q pada piringan yang lain. Energi untuk memindahkan muatan +q dari piringan yang satu ke piringan yang lain didapat dari batere. Besarnya muatan yang diisi oleh batere ke kapasitor adalah :



Arus yang mengalir dari batere ke kapasitor besarnya :



*Kapasitansi adalah ukuran besaran kemampuan peralatan untuk menyimpan energi dalam bentuk medan listrik.*

Besar daya pada kapasitor adalah :



Energi yang disimpan dalam induktor adalah :



Karena kapasitor belum terisi muatan pada t = - ∞, maka v(t)= v(- ∞) = 0, sehingga besar energi yang bisa disimpan oleh kapasitor adalah :



6.2.1 Kapasitor seri dan Paralel

Jika Kapasitor terhubung paralel maka besar induktansi pengganti adalah :





Gambar 5. a) Kapasitor terhubung seri b) Rangkaian Ekivalen

Sedangkan untuk kapasitor terhubung seri maka besar kapasitor pengganti adalah :



Untuk dua buah kapasitor yang terhubung seri, kapasitansi pengganti :





Gambar 6. a) Kapasitor terhubung paralel b) Rangkaian Ekivalen

CONTOH 6-2

Jika tegangan awal (t = 0) pada kapasitor 0,25 F adalah 5 V. Berapa tegangan kapasitor untuk t >0 jika arus adalah 5cos 4t A.

Jawaban:

