**MODUL II**

**HUKUM-HUKUM DASAR RANGKAIAN DAN PENERAPANNYA**

**M. Laylul Mustagfirin (F1B118064)**

**Asisten : Hasan Basri (F1B116009)**

**Tanggal Percobaan : 4 Juni 2020**

**ES2232 – Praktikum Rangkaian Listrik**

**LAB. LISTRIK DASAR - TEKNIK ELEKTRO – UNRAM**

**Abstrak**

*Pada praktikum modul 2 dilakukan 2 buah percobaan,yaitu percobaan pertama mengenai hukum kirchoff tegangan dan arus, kemudian percobaan dua mengenai penerapan hukum - hukum kirchoff (persamaan mesh). Hukum kirchoff tegangan adalah hukum yang menyatakan total tegangan pada rangkaian tertutup adalah nol dan hukum kirchoff arus menyatakan kalau arus pada suatu node bernilai nol. Dari percobaan yang ada, dilakukan berbagai pengukuran parameter yang diantaranya pengukuran tahanan, arus dan tegangan. Setelah dilakukan pengukuran – pengukuran, untuk mengetahui kesesuaian percobaan dengan teori yang ada dilakukan perhitungan pada setiap data menggunakan hukum kirchoff arus dan tegangan yang dimana diperoleh selisih nilai yang cukup besar antara perhitungan dengan pengukuran sehingga didapatkan persentase error yang cukup besar pula.*

***Kata kunci: Kirchoff, Node, Mesh.***

1. **PENDAHULUAN**

**1.1 Hukum *Kirchoff* Tegangan Dan Arus**

Tujuan:

1. Untuk mencari hubungan antara jumlah tegangan yang diberikan pada rangkaian seri yang dihubungkan dengan tahanan dan tegangan yang digunakan
2. Untuk menguji secara eksperimental hubungan yang telah ditemukan pada tujuan 1
3. Untuk mencari hubungan antara jumlah arus yang masuk kepersimpangan / cabang pada sebuah rangkaian listrik dan arus yang meninggalkan persimpangan tersebut
4. Untuk menguji secara eksperimental hubungan yang telah di temukan pada tujuan 2

**1.2 Penerapan Hukum - Hukum *Kirchoff* (Persamaan Mesh)**

Tujuan :

Untuk memverifikasi eksperimental arus dengan menggunakan metode arus mesh.

1. **DASAR TEORI**

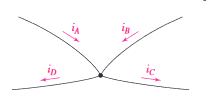
**2.1 Hukum *Kirchoff* Arus**

Hukum arus *kirchoff* atau dalam bahasa Inggris *Kirchoff Current Law* (disingkat KCL) menyatakan kalau “Penjumlahan aljabar dari arus yang memasuki suatu percabangan atau node atau simpul sama dengan nol. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

ΣArus pada satu titik percabangan = 0

ΣArus yang masuk percabangan = ΣArus yang keluar percabangan.

Hukum ini menyatakan kalau muatan tidak dapat terkumpul di node. Sebuah node bukanlah elemen rangkaian dan tentunya tidak dapat menyimpan, menghancurkan atau menghasilkan muatan. Sehingga penjumlahan arus total adalah nol. Sebagai contoh, misalkan terdapat tiga pipa air yang tersambung membentuk huruf Y. Air yang mengalir pada ketiga pipa tersebut dapat dianggap sebagai arus. Jika air tersebut selalu mengalir, maka tidak mungkin ketiga aliran air tersebut masuk (bernilai positif) dari arahnya masing – masing atau pipa tersebut akan bocor. Sehingga setidaknya harus ada satu jalur untuk air keluar (bernilai negatif).



*Gambar 2.1 Aliran arus masuk dan keluar.*

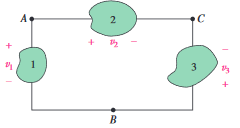
Perhatikan node pada gambar 2.1, penjumlahan aljabar dari keempat arus yang memasukin node pasti nol:

atau dapat pula ditulis sebagai berikut

yang berarti total penjumlahan arus yang masuk sama dengan total penjumlahan arus yang keluar.

**2.2 Hukum *Kirchoff* Tegangan**

Hukum tegangan *Kirchoff* atau dalam bahasa Inggris *Kirchoff Voltage* Law (disingkat KVL) menyatakan bahwa “Penjumlahan aljabar dari tegangan disekitar jalur tertutup atau loop adalah sama dengan nol”. Perhatikan gambar berikut.



*Gambar 2.2Rangkaian satu loop KVL.*

Pada gambar 2.2, jika muatan 1 C dibawa dari titik A menuju titik B melalui elemen I, polaritas referensi untuk *v1* menunjukkan bahwa telah dilakukan kerja sebesar *v1* joule. Sekarang jika dipilih jalur dari A ke B melalui node C, maka telah dihabiskan energi sebesar (*v2 - v3*) joule. Kerja yang dilakukan, tidak bergantung pada jalur rangkaian sehingga jalur manapun akan memiliki nilai tegangan yang sama atau dengan kata lain

Jika mengikuti jejak pada jalur tertutup, penjumlahan aljabar tegangan pada elemen individu disekitranya pasti bernilai nol yang dapat dituliskan sebagai:

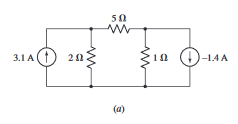
Atau

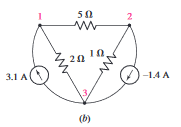
**2.3 Analisis Simpul/Node**

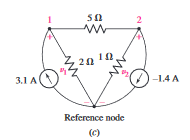
Node/simpul adalah sebuah titik dimana dua atau lebih elemen memiliki hubungan yang sama. Pada metode arus cabang kita tetapkan satu arus sebagai arus pada tiap cabang dalam suatu jaringan aktif. Selanjutnya hukum arus *kirchoff* diterapkan pada simpul-simpul utamanya sedangakan tegangan-tegangan antara simpul digunakan untuk menghubungkan arus-arus tersebut, ini menghasilkan seperangkat persamaan simultan yang dapat dipecahkan untuk mendapatkan besar arusnya.

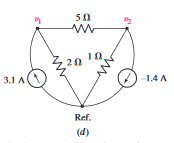
Analisis node berprinsip pada Hukum *Kirchoff* Arus/KCL dimana jumlah arus yang masuk dan keluar dari titik percabangan akan sama dengan nol, dimana tegangan merupakan parameter yang tidak diketahui. Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada analisis node, yaitu

* Tentukan node referensi sebagai *ground*/ potensial nol.
* Tentukan *node voltage*, yaitu tegangan antara node non referensi dan ground.
* Asumsikan tegangan node yang sedang diperhitungkan lebih tinggi daripada tegangan node manapun, sehingga arah arus keluar dari node tersebut positif.
* Jika terdapat N node, maka jumlah *node voltage* adalah (N-1). Jumlah *node voltage* ini akan menentukan banyaknya persamaan yang dihasilkan.
* Analisis node mudah dilakukan bila pencatunya berupa sumber arus. Apabila pada rangkaian tersebut terdapat sumber tegangan, maka sumber tegangan tersebut diperlakukan sebagai *supernode*, yaitu menganggap sumber tegangan tersebut dianggap sebagai satu node.









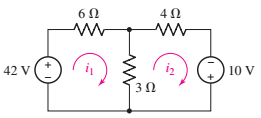
*Gambar 2.3(a)rangkaian sederhana 3 node. (b)rangkaian digambar ulang untuk memperjelas node. (c)memilih tegangan dan node referensi. (d)pemberian label tegangan.*

**2.4 Analisis Mesh/Loop**

Arus loop adalah arus yang dimisalkan mengalir dalam suatu loop (lintasan tertutup). Arus loop sebenarnya tidak dapat diukur (arus permisalan).

Berbeda dengan analisis node, pada analisis ini berprinsip pada Hukum *Kirchoff* II/KVL dimana jumlah tegangan pada satu lintasan tertutup samadengan nol atau arus merupakan parameter yang tidak diketahui. Hal-hal yang perlu diperhatikan:

* Buatlah pada setiap loop arus asumsi yang melingkari loop. Pengambilan arus loop terserah kita yang terpenting masih dalam satu lintasan tertutup. Arah arus dapat searah satu sama lain ataupun berlawanan baik searah jarum jam maupun berlawanan dengan arah jarum jam.
* Biasanya jumlah arus loop menunjukkan jumlah persamaan arus yang terjadi.
* Metoda ini mudah jika sumber pencatunya adalah sumber tegangan.
* Jumlah persamaan = Jumlah cabang – Jumlah junction + 1
* Apabila ada sumber arus, maka diperlakukan sebagai supermesh. Pada supermesh, pemilihan lintasan menghindari sumber arus karena pada sumber arus tidak diketahui besar tegangan terminalnya.



*Gambar 2.4 Contoh sebuah rangkaian dengan dua buah mesh.*

Contoh analisa persamaan mesh untuk mencari nilai I1 dan I2:

Analisa Loop 1:

|  |  |
| --- | --- |
| -42 + 6I1 + 3(I1 – I2) | = 0 |
| 6I1 + 3I1 – 3I2 | = 42 |
| 9I1 – 3I2 | = 42 … (1) |

Analisa Loop 2:

|  |  |
| --- | --- |
| -10 + 4I2 + 3(I2 – I1) | = 0 |
| 4I2 + 3I2 – 3I1 | = 10 |
| – 3I1 + 7I2 | = 10 … (2) |

Mencari nilai I2 dengan metode eliminasi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 9I1 – 3I2 | = 42 | |x1| | 9I1 – 3I2 | = 42 |
| – 3I1 + 7I2 | = 10 | |x3| | -9I1 + 21I2 | = 30 + |
|  |  |  | 18I2 | = 72 |
|  |  |  | I2 | = 72/18 |
|  |  |  | I2 | = 4 A |

Substitusi nilai I2 ke persamaan (1)

|  |  |
| --- | --- |
| 9I1 – 3I2  9I1 – 3(4)  9I1 – 12  9I1  I1 | = 42  = 42  = 42  = 42 + 12  = 54/9  = 6 A |

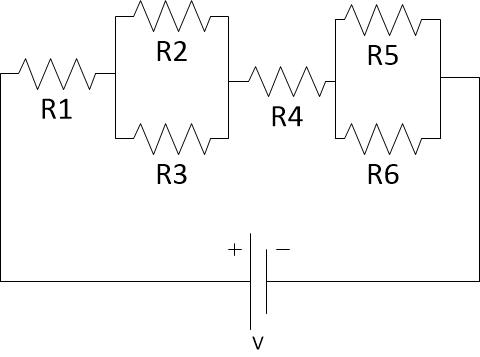
1. **METODOLOGI**

**3.1 Spesifikasi Alat Dan Komponen**

1. *Power supply* 12 V DC
2. Digital Multimeter
3. Analog Multimeter
4. Kabel penghubung
5. Bread board
6. Resistor 120 Ω
7. Resistor 300 Ω
8. Resistor 390 Ω
9. Resistor 680 Ω
10. Resistor 820 Ω
11. Resistor 1 kΩ
12. Resistor 100 Ω

**3.2 Hukum *Kirchoff*Tegangan Dan Arus**

**- Gambar rangkaian**

****

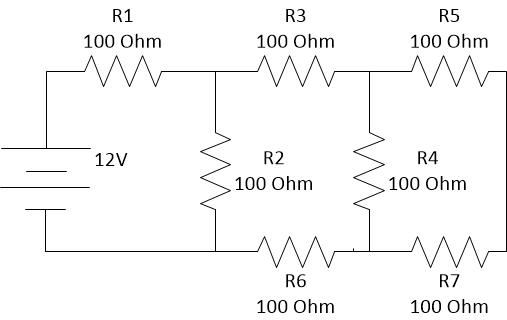
*Gambar 3.1 Rangkaian percobaan I.*

**- Langkah percobaan**

*Gambar 3.2 Langkah percobaan I.*

**3.3 Penerapan Hukum – Hukum *kirchoff* (Persamaan Mesh).**

**- Gambar rangkaian**

****

*Gamba 3.3 Rangkaian percobaan II.*

**- Langkah percobaan**

*Gambar 3.4 Langkah percobaan II..*

1. **HASIL DAN ANALISIS**

**4.1 Hukum *Kirchoff* Tegangan Dan Arus**

**4.1.1 Hasil Dan Perhitungan**

*Tabel 4.1. Hasil pengukuran nilai tahanan, tegangan dan arus.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **R** | **R Baca (Ω)** | **R Ukur (Ω)** | **Tegangan (V)** | **Arus**  **(mA)** |
| R1 | 100 | 98.5 | 1 | 12 |
| R2 | 120 | 119.5 | 0.85 | 8 |
| R3 | 300 | 301.2 | 0.85 | 5 |
| R4 | 390 | 381 | 4 | 12 |
| R5 | 820 | 808 | 4.8 | 7 |
| R6 | 1000 | 975 | 4.8 | 5.5 |

**4.1.2 Analisis**

1. Hukum *Kirchoff* Tegangan

* Menghitung persentase error tiap resistor

Diketahui : Rbaca = 100 Ω

Rukur = 98.5 Ω

Ditanyakan : % error ?

Penyelesaian :

%error = x 100 %

=x 100 %

= 1.5 %

Perhitungan selanjutnya disajikan pada tabel berikut :

*Tabel 4.2 Tabel hasil perhitungan*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R  (Ω) | Rbaca  (Ω) | Rukur  (Ω) | Error  (%) |
| R1 | 100 | 98.5 | 1.5 |
| R2 | 120 | 119.5 | 0.42 |
| R3 | 300 | 301.2 | 0.4 |
| R4 | 390 | 381 | 2.31 |
| R5 | 820 | 808 | 1.46 |
| R6 | 1000 | 975 | 2.5 |

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa persentase error pada setiap resistor masih berada dalam batas toleransi error (≤ 5%), sehingga dapat dikatakan bahwa resistor berada dalam kondisi baik.

* Menghitung nilai VS hitung

Diketahui : Vs = 12 V

V1 = 1 V

V2 = 0.85 V

V3 = 0.85 V

V4 = 4 V

V5 = 4.8 V

V6 = 4.8 V

Ditanyakan : Vs hitung dan %error ?

Penyelesaian :

Vs hitung :

Vs = V1+V2||V3+V4+V5||V6

= 1+0.85+4+4.8

= 10.65V

%error Vs :

%error = x 100 %

= x 100 %

= 12.68%

Pada percobaan ini nilai VS hitung dapat diperoleh dengan menjumlahkan VR1, VR2R3, VR5 ,VR5 dan VR6R7. Tegangan pada R2 dan R3 bernilai sama karena terpasang paralel. Begitu juga dengan R6 dan R7, keduanya paralel, sehingga memiliki nilai tegangan yang sama. Penjumlahan seluruh tegangan ini sesuai dengan hukum *kirchoff* tegangan yang menyatakan bahwa jumlah tegangan pada suatu rangkaian tertutup adalah nol. Persentase error pada sumber tegangan (VS) didpatkan sebesar 12.68%. Hal ini disebabkan karena kurangnya ketelitian dalam alat ukur dan pembaca

1. Hukum *Kirchoff* Arus

* Menghitung arus tiap resistor

Diketahui : IR1= 12 mA

IR2= 8 mA

IR3 = 5 mA

IR4 = 12 mA

IR5 = 7 mA

IR6 = 5.5 mA

Ditanya: IR1 , IR4 dan % error?

Penyelesaian :

Perhitungan arus :

= 10.15 mA

%error arus :

%error =x 100 %

= x 100 %

= 18.23 %

Hasil perhitungan selanjutnya disajikan pada tabel berikut :

*Tabel 4.3 Tabel hasil perhitungan.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R  (Ω) | Ihitung  (mA) | Iukur  (mA) | Error  (%) |
| R1 | 10.15 | 12 | 18.23 |
| R2 | 7.11 | 8 | 12.52 |
| R3 | 2.82 | 5 | 77.31 |
| R4 | 10.50 | 12 | 12.29 |
| R5 | 5.94 | 7 | 17.85 |
| R6 | 4.92 | 5.5 | 11.79 |

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa R1 seri dengan R4 sehingga memiliki nilai arus yang sama. Persentase error arus yang didapatkan bernilai cukup besar untuk seluruh data terutama untuk data R3 hal ini dapat disebabkan kerena kurang teliti dalam pembacaan data atau alat ukur yang kurang presisi.

*Gambar 4.1. grafik hubungan arus hitung terhadap resistansi*

Grafik 4.1 menunjukkan bahwa resistor dengan arus tertinggi ada pada R4 (390Ω) karena terhubung seri dengan resistor sebelumnya sehingga arus yang menuju R4 merupkan arus yang total, sedangkan arus terkecil ada pada R3 (300 Ω) dikarenakan resistor tersebut terpasang secara paralel sehingga arus yang masuk telah terbagi. Arus hitung dapat diperoleh dengan persamaan

I =

**4.2 Penerapan Hukum-Hukum *Kirchoff* (Persamaan Mesh)**

**4.2.1 Hasil Dan Perhitungan**

*Tabel 4.4 Hasil percobaan persamaan mesh.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R | Tahanan (Ω) | | Tegangan  (volt) |
| Rbaca | Rukur |
| R1 | 100 | 98.3 | 5.8 |
| R2 | 100 | 98.3 | 4.3 |
| R3 | 100 | 98.3 | 1.6 |
| R4 | 100 | 98.3 | 1 |
| R5 | 100 | 98.3 | 0.45 |
| R6 | 100 | 98.3 | 1.7 |
| R7 | 100 | 98.3 | 0.45 |

**4.2.2 Analisis**

Menghitung mesh 1 dengan persamaan :

- Vs + I1R1 + R2(I1-I2) = 0

- 12 + I198.3 + 98.3(I1-I2) = 0

- 12 + 98.3I1 + 98.3I1 – 98.3I2 = 0

-12 + 196.6I1 - 98.3I2 = 0

196.6I1 – 98.3I2 =12…..(1)

Menghitung mesh 2 dengan persamaan :

R2(I2-I1)+R3I2+R4(I2-I3)+R6I2 = 0

98.3(I2-I1)+98.3I2+98.3(I2-I3)+98.3I2 = 0

-98.3I1+393.2I2-98.3I3 =0…..(2)

Menghitung mesh 3dengan persamaan :

R5I3+R7I3+R4(I3-I2) = 0

98.3I3+98.3I3+98.3(I3-I2) = 0

98.3I3+98.3I3+98.3I3-98.3I2 = 0

-98.3I2+294.9I3 = 0…..(3)

Mencarinilai I1dengan metode matriks determinan

I1=

I1 =

I1 =

I1= 70 mA

Substitusi nilai I1= 0.07 ke persamaan (1)

196.6I1- 98.3I2 = 12

196.6(0.07) -98.3I2 = 12

13.762– 98.3I2 = 12

I2 =

I2 = 18 mA

Substitusi nilai I2 = 0.018 ke persamaan (3)

-98.3I2+294.9I3 = 0

-98.3(0.018)+294.9I3 = 0

-1.7694+294.9I3 = 0

I3 =

I3 = 6 mA

Menghitung nilai arus di masing-masing resistor :

IR1 = I1

= 70 mA

IR2 = I1-I2

= 70 mA – 18 mA

= 52 mA

IR3 = I2

= 18 mA

IR4 = I2-I3

= 18 mA – 6 mA

= 12 mA

IR5 = I3

= 6 mA

IR6 = I2

= 18 mA

IR7 = I3

= 6 mA

Menghitung nilai tegangan di masing-masing resistor :

VR1 = IR1.R1

= 70 mA x 98.3

= 6.88 Volt

VR2 = IR2.R2

= 52 mA x 98.3

= 5.11 Volt

VR3 = IR3.R3

= 18 mA x 98.3

= 1.77 Volt

VR4 = IR4.R4

= 12 mA x 98.3

= 1.18 Volt

VR5 = IR5.R5

= 6 mA x 98.3

= 0.59 Volt

VR6 = IR6.R6

= 18 mA x 98.3

= 1.77Volt

VR7 = IR7.R7

= 6 mA x 98.3

= 0.59Volt

Menghitung persentase error nilai tegangan :

% Error = x 100%

= x 100%

= 15.7 %

Hasil perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel berikut :

*Tabel 4.5 Hasil perhitungan.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R | R ukur  (Ω) | V hitung  (V) | V ukur  (V) | Error  (%) | I Hitung (mA) |
| R1 | 98.3 | 6.88 | 5.8 | 15.7 | 70 |
| R2 | 98.3 | 5.11 | 4.3 | 15.85 | 52 |
| R3 | 98.3 | 1.77 | 1.6 | 9.6 | 18 |
| R4 | 98.3 | 1.18 | 1 | 15.25 | 12 |
| R5 | 98.3 | 0.59 | 0.45 | 23.73 | 6 |
| R6 | 98.3 | 1.77 | 1.7 | 3.95 | 18 |
| R7 | 98.3 | 0.59 | 0.45 | 23.73 | 6 |

Dari tabel 4.5dapat dilihat bahwa persentase error didapatkan karena adanya selisih nilai antara tegangan hitung dengan tegangan ukur. Nilai error terkecil didapat pada resistor 6 yaitu 3.95%, sedangkan nilai error terbesar ada pada resistor 5 dan 7 yaitu sebesar 23.73%, nilai error yang besar ini dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti kurangnya ketelitian alat ukur ataupun pengamat.

**5. KESIMPULAN**

**5.1 Hukum *Kirchoff* Tegangan Dan Arus**

1. Tegangan pada masing – masing resistor yang dirangkai secara seri tidak sama besar karena terjadi pembagian tegangan, dimana arus pada masing – masing resistor yang bernilai sama.
2. Hukum kirchoff tegangan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada rangkaian dengan resistor yang dirangkai seri dimana jumlah tegangan pada masing-masing resistor sama dengan nilai tegangan sumber yang diberikan.
3. Arus yang memasuki suatu percabangan akan bernilai sama dengan arus yang keluar dari percabangan tersebut.
4. Hukum kirchoff arus dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rangkaian parallel yang dimana arus terbagi dan jumlah arus yang memasuki suatu percabangan adalah sama dengan jumlah arus yang keluar percabangan.

**5.2 Penerapan Hukum - Hukum *Kirchoff* (Persamaan Mesh)**

Pada persamaan Mesh, dapat diterapkan hukum *kirchoff* tegangan. Dengan metode metode mesh, maka didapat nilai arus I1, I2 ,I3 pada rangkaian dengan akurat.

**DAFTAR PUSTAKA**

Edminster, Joseph. 2006. *Schaum's Outlines: Rangkaian Listrik (Edisi 4)*. Jakarta: Erlangga.

Hayt, William, dkk. 2010. Engineering Circuit Analysis Eight Edition. McGraw-Hill: New York.

Ramdhani, Mohamad. 2005. *Rangkaian Listrik (Revisi).* Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.

Tim Lab Listrik Dasar. 2020. *Penuntun Praktikum Rangkaian Listrik*. Lab Listrik Dasar FT UNRAM.