

# **Penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm pada Metode Analisis Rangkaian Listrik Menggunakan Simulasi *Software Electronics Workbench***

**Dena Anugrah**

Universitas PGRI Yogyakarta

denaanugrah@unpy.ac.id

**Abstrak.** Mata kuliah rangkaian listrik menuntut mahasiswa untuk berpikir analitis dalam memahami konteks permasalahan yang terdapat di dalam rangkaian listrik. Penggunaan rumus dengan proses perhitungan yang cukup panjang serta banyaknya persamaan matematis yang digunakan untuk menganalisis rangkaian listrik menjadikan mahasiswa merasa kesulitan dalam mempelajari mata kuliah rangkaian listrik. Untuk membantu proses berpikir analitis mahasiswa, maka penelitian ini bertujuan untuk menerapkan hukum Kirchhoff dan hukum Ohm pada metode analisis rangkaian listrik yang dilakukan dengan menggunakan simulasi software *Electronics Workbench*. Metode penelitian yang digunakan yaitu studi analisis deskriptif yang terdiri dari studi literatur, analisis, simulasi, dan evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm dapat diaplikasikan untuk mempermudah dalam menganalisis suatu rangkaian listrik. Rangkaian listrik dapat dianalisis menggunakan metode analisis node dan metode analisis supernode. Metode analisis rangkaian listrik dapat disimulasikan menggunakan software *Electronics Workbench* yang berperan dalam membuktikan kebenaran dari hasil analisis yang telah dilakukan sehingga dapat diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran.

**Kata Kunci:** hukum Kirchhoff, hukum Ohm, rangkaian listrik, *Electronics Workbench*

## **1. Pendahuluan**

Rangkaian listrik merupakan salah satu mata kuliah dasar yang wajib ditempuh di semester 1 oleh mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Elektro-medis Universitas PGRI Yogyakarta. Mata kuliah ini memiliki bobot 3 sks yang terdiri dari 1 sks teori dan 2 sks praktik. Mata kuliah rangkaian listrik banyak membahas materi pembelajaran yang bersifat konseptual (Yanto, 2019). Mata kuliah ini mempelajari tentang konsep dasar rangkaian listrik, hukum dasar rangkaian listrik, komponen rangkaian listrik, metode analisis rangkaian listrik, dan teorema rangkaian listrik. Mata kuliah rangkaian listrik menuntut mahasiswa untuk berpikir analitis dalam memahami konteks permasalahan yang terdapat di dalam rangkaian listrik. Selain itu, mahasiswa juga dituntut untuk teliti dalam menganalisis rangkaian listrik karena sering terjadi kesalahan dalam proses perhitungan (Nurullaeli, n.d.). Penggunaan rumus dengan proses perhitungan yang cukup panjang serta banyaknya persamaan matematis yang digunakan untuk menganalisis rangkaian listrik menjadikan mahasiswa merasa kesulitan dalam mempelajari

mata kuliah rangkaian listrik.

Pada saat pandemi Covid-19, perkuliahan rangkaian listrik mengalami kesulitan karena proses pembelajarannya yang dilakukan secara daring sehingga kegiatan praktikum dilakukan secara virtual. Sarana dan prasarana yang kurang mendukung juga menjadi kendala dalam perkuliahan rangkaian listrik. Selain itu latar belakang pendidikan mahasiswa yang beragam juga menjadi suatu tantangan besar untuk membelajarkan mahasiswa. Hal ini berdampak pada hasil pembelajaran yang diperoleh mahasiswa. Berdasarkan hasil evaluasi pembelajaran untuk mata kuliah rangkaian listrik pada tahun ajaran 2020/2021 menunjukkan bahwa dari 12 mahasiswa, nilai B- paling banyak diperoleh mahasiswa dan belum ada satu pun mahasiswa yang memperoleh nilai A. Data nilai rangkaian listrik tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Nilai mata kuliah rangkaian listrik mahasiswa Teknologi Rekayasa Elektro-medis UPY Angkatan 2020

Data pada gambar 1 menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam mempelajari mata kuliah rangkaian listrik. Hal ini dibuktikan dengan belum adanya mahasiswa yang memperoleh nilai maksimum, meskipun seluruh mahasiswa dinyatakan lulus pada mata kuliah rangkaian listrik. Hal ini menjadi bahan evaluasi untuk memperbaiki kualitas hasil belajar mahasiswa yang tentunya diperlukan strategi khusus dalam menangani berbagai macam permasalahan yang terjadi pada saat proses pembelajaran, terutama pada saat pembelajaran yang dilakukan secara daring.

### **A. Metode Analisis Rangkaian Listrik**

Metode analisis rangkaian listrik merupakan salah satu cara untuk membantu menyelesaikan suatu permasalahan yang muncul dalam menganalisis suatu rangkaian listrik. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis rangkaian listrik, diantaranya yaitu analisis *node* dan analisis *supernode*. *Node* adalah titik pertemuan dari dua atau lebih komponen pada rangkaian listrik (Ramdhani, 2008).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menganalisis rangkaian listrik menggunakan metode analisis *node* yaitu: 1) menentukan *node* referensi sebagai *ground* yang memiliki potensial sama dengan 0; 2) menentukan tegangan *node* yang merupakan tegangan antara *node* nonreferensi dengan *node* referensi; dan 3) mengasumsikan tegangan *node* yang sedang dihitung bernilai lebih tinggi daripada tegangan *node* manapun, sehingga arah arus keluar dari *node* tersebut (Ramdhani, 2008).

Apabila pada rangkaian listrik terdapat sumber tegangan, maka sumber tegangan tersebut diperlakukan sebagai *supernode*, yaitu menganggap sumber tegangan tersebut sebagai satu *node*. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menganalisis rangkaian listrik menggunakan metode analisis *supernode* yaitu: 1) menentukan *node* referensi sebagai *ground* yang memiliki potensial sama dengan 0; 2) menentukan tegangan *node* yang merupakan tegangan antara *node* nonreferensi dengan *node* referensi; 3) mengasumsikan tegangan *node* yang sedang dihitung bernilai lebih tinggi daripada tegangan *node* manapun, sehingga arah arus

keluar dari *node* tersebut; dan 4) menganggap sumber tegangan pada rangkaian listrik sebagai satu *node* (Ramdhani, 2008).

### **B. Hukum Kirchhoff**

Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm sebagai hukum dasar rangkaian listrik dapat digunakan untuk menganalisis rangkaian listrik menggunakan metode analisis *node* dan analisis *supernode* (Nurullaeli, n.d.). Hukum Kirchhoff dikemukakan oleh seorang fisikawan Jerman yang bernama Gustav Robert Kirchhoff. Hukum Kirchhoff terbagi menjadi dua, yaitu Hukum Kirchhoff 1 tentang *Kirchhoff Current Law* (KCL) dan Hukum Kirchhoff 2 tentang *Kirchhoff Voltage Law* (KVL) (Wahyudi, 2017).

Hukum Kirchhoff 1 menyatakan bahwa jumlah arus yang masuk melalui suatu titik percabangan (*node*) sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik percabangan (*node*) tersebut, dengan kata lain jumlah seluruh arus pada suatu titik percabangan (*node*) sama dengan nol (Arnas & Anam, 2019). Secara matematis Hukum Kirchhoff 1 ditulis pada persamaan 1:

$$\sum I = 0 \quad (1)$$

Hukum Kirchhoff 2 menyatakan bahwa jumlah tegangan pada suatu rangkaian tertutup sama dengan nol, atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusunnya yang membentuk suatu rangkaian tertutup akan bernilai sama dengan nol (Arnas & Anam, 2019). Secara matematis Hukum Kirchhoff 2 ditulis pada persamaan 2:

$$\sum V = 0 \quad (2)$$

Secara umum materi tentang Hukum Kirchhoff sudah dipahami oleh mahasiswa, namun kebanyakan dari mereka masih bingung untuk menerapkan hukum tersebut dalam konteks permasalahan rangkaian listrik. Mereka sudah mengetahui persamaan matematis dari Hukum Kirchhoff, tetapi mereka belum bisa menerapkan hukum tersebut untuk menganalisis rangkaian listrik.

### **C. Hukum Ohm**

Hukum Ohm dikemukakan oleh seorang fisikawan Jerman yang bernama Georg Simon Ohm (Wahyudi, 2017). Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan yang melewati bahan pengantar adalah berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut (Arnas & Anam, 2019). Secara matematis Hukum Ohm ditulis pada persamaan 3:

$$V = I \cdot R \quad (3)$$

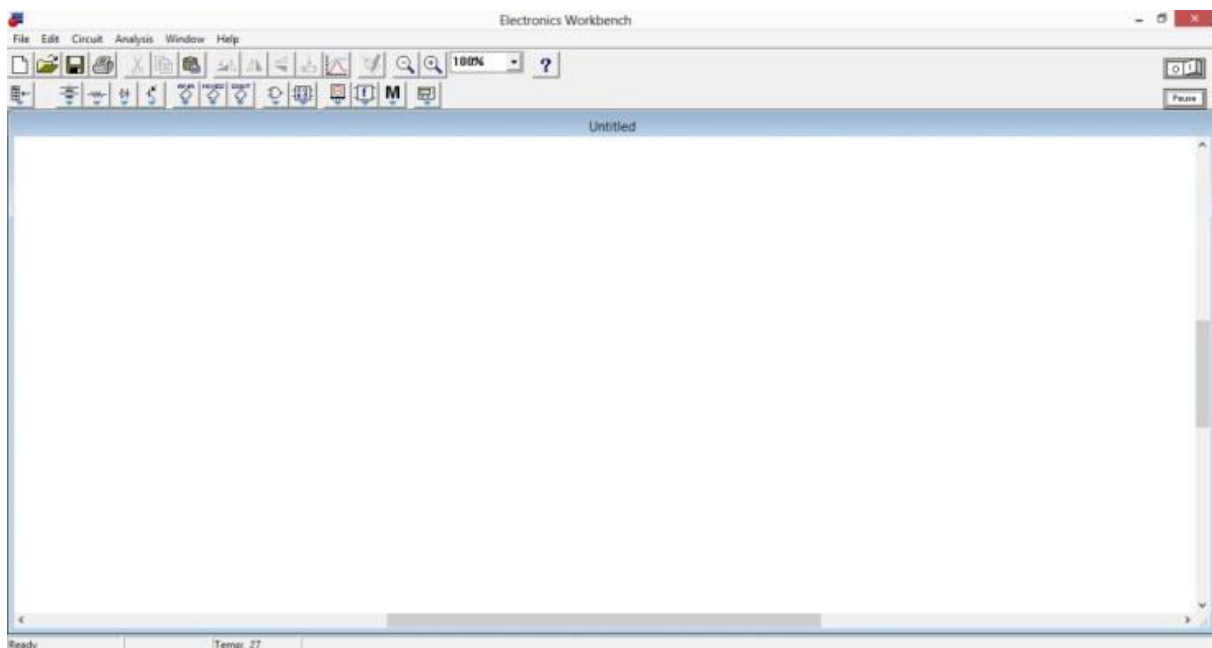
Secara umum materi tentang Hukum Ohm juga sudah dipahami oleh mahasiswa, namun kebanyakan dari mereka masih bingung untuk menerapkan hukum tersebut dalam konteks permasalahan rangkaian listrik. Mereka sudah mengetahui persamaan matematis dari Hukum Ohm, tetapi mereka belum bisa menerapkan hukum tersebut untuk menganalisis rangkaian listrik.

### **D. Electronics Workbench**

Electronics Workbench merupakan salah satu software elektronika yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi rangkaian listrik (Simatupang & Tiarmada, 2015). Dengan

menggunakan software ini, mahasiswa dapat belajar untuk merangkai rangkaian listrik dan melakukan simulasi secara virtual dengan bentuk animasi yang terlihat menarik serta memberikan gambaran kinerja dari rangkaian listrik (Islahudin, 2019). Selain itu, dengan menggunakan software ini juga mahasiswa tidak perlu membeli komponen yang dibutuhkan untuk merangkai rangkaian listrik serta dapat mengurangi terjadinya kesalahan saat merangkai rangkaian listrik (Zulfadhly & Hambali, 2020). Penggunaan software ini sangat mudah dan praktis, semua komponennya ditampilkan pada workspace berupa simbol dan diklasifikasikan sesuai dengan jenisnya (Hutagalung et al., 2020). Software ini dapat di download secara gratis dan dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pembelajaran (Pradana et al., 2019). Hal ini sangat mendukung proses pembelajaran yang dilakukan secara daring disaat kondisi pandemi Covid-19.

Electronics Workbench mampu memvisualisasikan konsep dasar dari dunia elektronika. Pada software ini tersedia beberapa komponen yang tersaji secara virtual dan dapat dirangkai menjadi suatu rangkaian listrik (Islahudin, 2019). Komponen tersebut dapat dirangkai menjadi suatu rangkaian listrik pada lembar kerja software Electronics Workbench seperti yang terdapat pada gambar 2.

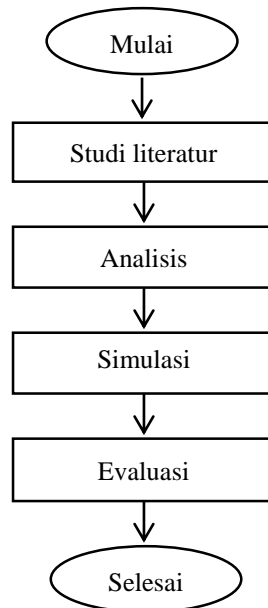


**Gambar 2. Lembar kerja software Electronics Workbench**

Penelitian terkait dengan penggunaan simulasi software *Electronics Workbench* telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian yang dilakukan oleh Islahudin menyatakan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara pemanfaatan software *Electronics Workbench* sebagai laboratorium virtual terhadap pemahaman konsep elektronika dasar (Islahudin, 2019) serta dapat meningkatkan hasil belajar siswa (Islahudin et al., 2018). Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Muhammad Zulfadhly menyatakan bahwa *Electronics Workbench* dapat meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika (Zulfadhly & Hambali, 2020). Berdasarkan dari latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm pada metode analisis rangkaian listrik yang dilakukan dengan menggunakan simulasi software *Electronics Workbench*.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi analisis deskriptif terkait dengan penerapan Hukum Kirchoff dan Hukum Ohm pada metode analisis rangkaian listrik menggunakan simulasi software Electronics Workbench. Penelitian ini dilakukan di Program Studi Teknologi Rekayasa Elektro-medis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Yogyakarta. Proses pelaksanaan penelitian terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Proses pelaksanaan penelitian

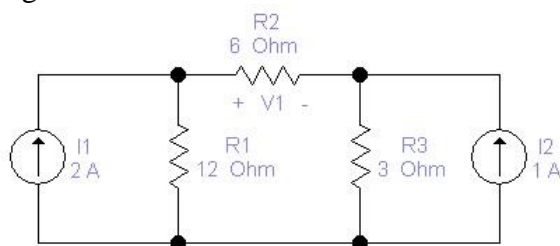
Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur untuk memperoleh informasi terkait dengan penerapan Hukum Kirchoff dan Hukum Ohm pada metode analisis rangkaian listrik. Setelah informasi diperoleh, penelitian dilanjutkan dengan menganalisis rangkaian listrik menggunakan persamaan matematis. Hasil analisis tersebut disimulasikan menggunakan *software Electronics Workbench*. Penelitian ini diakhiri dengan melakukan evaluasi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Metode analisis rangkaian listrik yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu metode analisis node dan metode analisis supernode. Kedua metode ini dipilih karena sering digunakan untuk menganalisis rangkaian listrik.

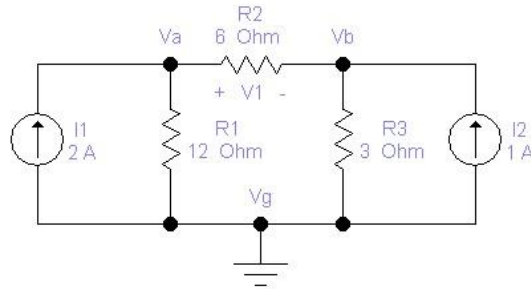
### A. Metode Analisis Node

Metode analisis node dapat dilakukan ketika rangkaian listrik memiliki sumber arus dalam rangkaianannya seperti pada gambar 4.



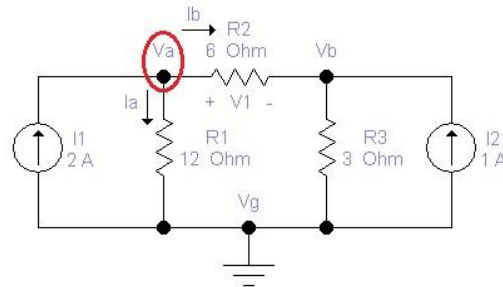
Gambar 4. Rangkaian listrik dengan sumber arus

Untuk mendapatkan nilai  $V_1$  pada gambar 4, maka dapat dilakukan dengan cara menentukan node ground ( $V_g$ ) pada rangkaian listrik tersebut. Kemudian menentukan tegangan node ( $V_a$  dan  $V_b$ ) pada rangkaian listrik tersebut seperti pada gambar 5. Selanjutnya mengasumsikan tegangan node yang sedang dihitung bernilai lebih tinggi daripada tegangan node manapun, sehingga arah arus keluar dari node tersebut.



**Gambar 5. Metode analisis node pada rangkaian listrik**

Hukum Kirchoff dan Hukum Ohm dapat diterapkan untuk menganalisis rangkaian listrik. Analisis tegangan node  $V_a$  dengan menerapkan Hukum Kirchoff 1:  $\sum I = 0$  seperti pada gambar 6.



**Gambar 6. Menganalisis tegangan node  $V_a$  pada rangkaian listrik**

$$I_a + I_b - I_1 = 0$$

Menerapkan Hukum Ohm:  $I = \frac{V}{R}$

$$\frac{V_a - V_g}{R_1} + \frac{V_a - V_b}{R_2} - I_1 = 0$$

Karena  $V_g = 0$ , maka

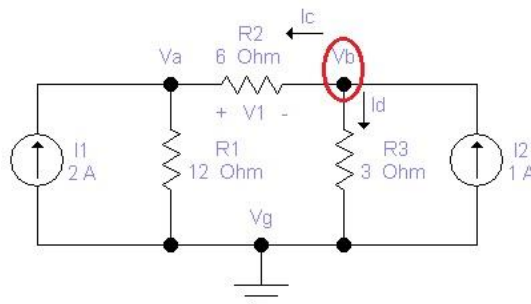
$$\frac{V_a - 0}{12} + \frac{V_a - V_b}{6} - 2 = 0 \quad | \times 12$$

$$V_a + 2V_a - 2V_b - 24 = 0$$

$$3V_a - 2V_b - 24 = 0$$

$$3V_a - 2V_b = 24 \quad (4)$$

Analisis tegangan node  $V_b$  dengan menerapkan Hukum Kirchoff 1:  $\sum I = 0$  seperti pada gambar 7.



**Gambar 7. Menganalisis tegangan node  $V_b$  pada rangkaian listrik**

$$I_c + I_d - I_2 = 0$$

Menerapkan Hukum Ohm:  $I = \frac{V}{R}$

$$\frac{V_b - V_a}{R_2} + \frac{V_b - V_g}{R_3} - I_2 = 0$$

Karena  $V_g = 0$ , maka

$$\frac{V_b - V_a}{6} + \frac{V_b - 0}{3} - 1 = 0 \quad | \times 6$$

$$V_b - V_a + 2V_b - 6 = 0$$

$$-V_a + 3V_b - 6 = 0$$

$$-V_a + 3V_b = 6 \quad (5)$$

Eliminasi Persamaan (4) dan Persamaan (5)

$$3V_a - 2V_b = 24 \quad | \times 1 \quad \text{menjadi} \quad 3V_a - 2V_b = 24$$

$$-V_a + 3V_b = 6 \quad | \times 3 \quad \text{menjadi} \quad -3V_a + 9V_b = 18 \quad +$$

$$\hline 7V_b = 42$$

$$V_b = \frac{42}{7}$$

$$V_b = 6 \text{ V}$$

Substitusi nilai  $V_b$  ke Persamaan (4)

$$3V_a - 2V_b = 24$$

$$3V_a - 2(6) = 24$$

$$3V_a - 12 = 24$$

$$3V_a = 24 + 12$$

$$3V_a = 36$$

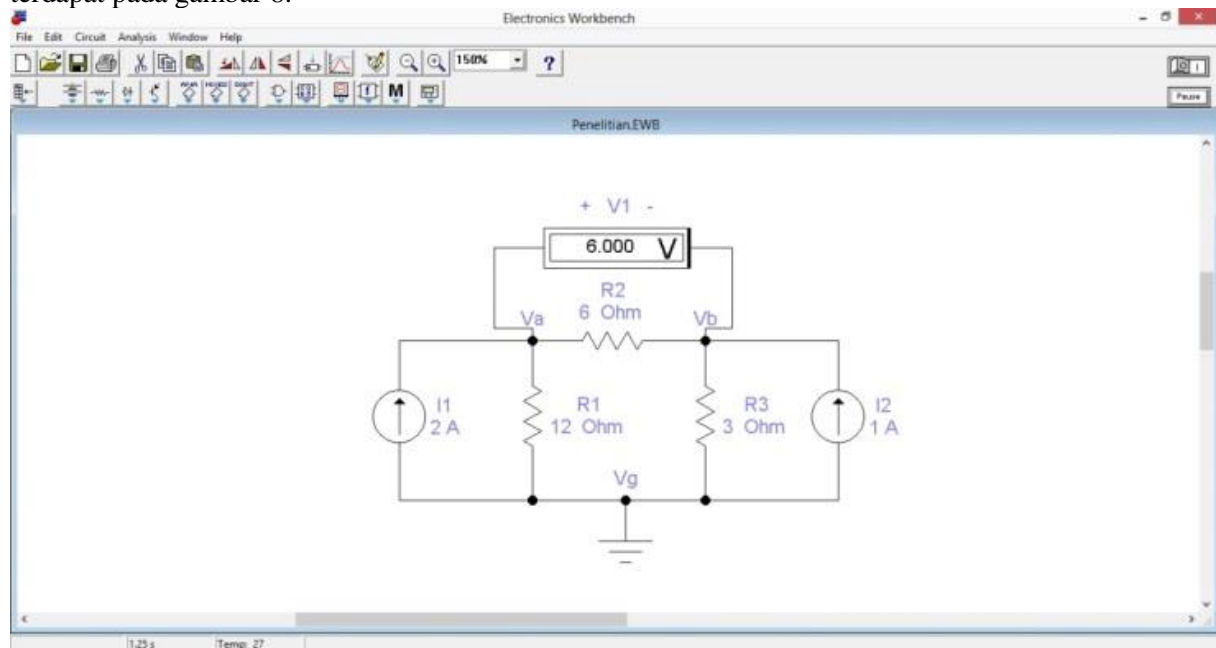
$$V_a = \frac{36}{3}$$

$$V_a = 12 \text{ V}$$

Nilai  $V_1$  merupakan pengurangan dari nilai  $V_a$  dengan  $V_b$

$$V_1 = V_a - V_b = 12 - 6 = 6 \text{ V}$$

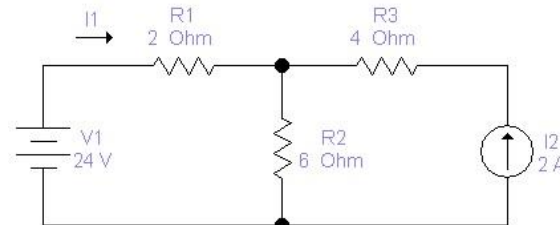
Hasil simulasi analisis *node* rangkaian listrik menggunakan *software Electronics Workbench* terdapat pada gambar 8.



**Gambar 8.** Hasil simulasi analisis *node* rangkaian listrik menggunakan *software Electronics Workbench*

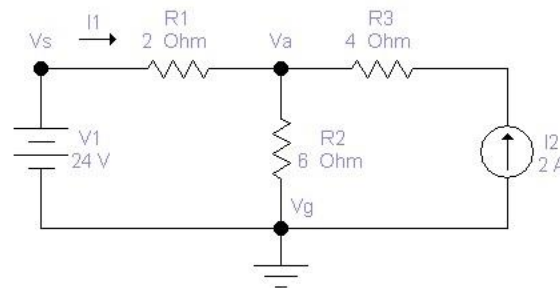
### B. Metode Analisis Supernode

Metode analisis supernode dapat dilakukan ketika rangkaian listrik memiliki sumber arus dan sumber tegangan dalam rangkaiannya seperti pada gambar 9.



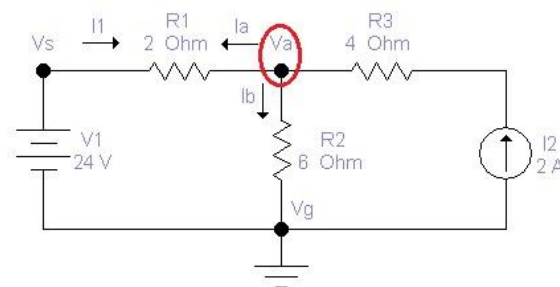
Gambar 9. Rangkaian listrik dengan sumber arus dan sumber tegangan

Untuk mendapatkan nilai  $I_1$  pada gambar 9, maka dapat dilakukan dengan cara menentukan *node ground* ( $V_g$ ) pada rangkaian listrik tersebut. Kemudian menentukan tegangan *node* ( $V_a$ ) pada rangkaian listrik tersebut seperti pada gambar 10. Selanjutnya mengasumsikan tegangan *node* yang sedang dihitung bernilai lebih tinggi daripada tegangan *node* manapun, sehingga arah arus keluar dari *node* tersebut. Lalu menentukan *supernode* ( $V_s$ ) pada rangkaian listrik tersebut sebagai satu *node*.



Gambar 10. Metode analisis *supernode* pada rangkaian listrik

Hukum Kirchoff dan Hukum Ohm dapat diterapkan untuk menganalisis rangkaian listrik. Analisis tegangan *node*  $V_a$  dengan menerapkan Hukum Kirchoff 1:  $\sum I = 0$  seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Menganalisis tegangan *node*  $V_a$  pada rangkaian listrik

$$I_a + I_b - I_2 = 0$$

Menerapkan Hukum Ohm:  $I = \frac{V}{R}$

$$\frac{V_a - V_s}{R_1} + \frac{V_a - V_g}{R_2} - I_2 = 0$$

Karena  $V_s = 24$  dan  $V_g = 0$ , maka

$$\frac{V_a - 24}{2} + \frac{V_a - 0}{6} - 2 = 0 \quad | \times 6$$



$$3V_a - 72 + V_a - 12 = 0$$

$$4V_a - 84 = 0$$

$$4V_a = 84$$

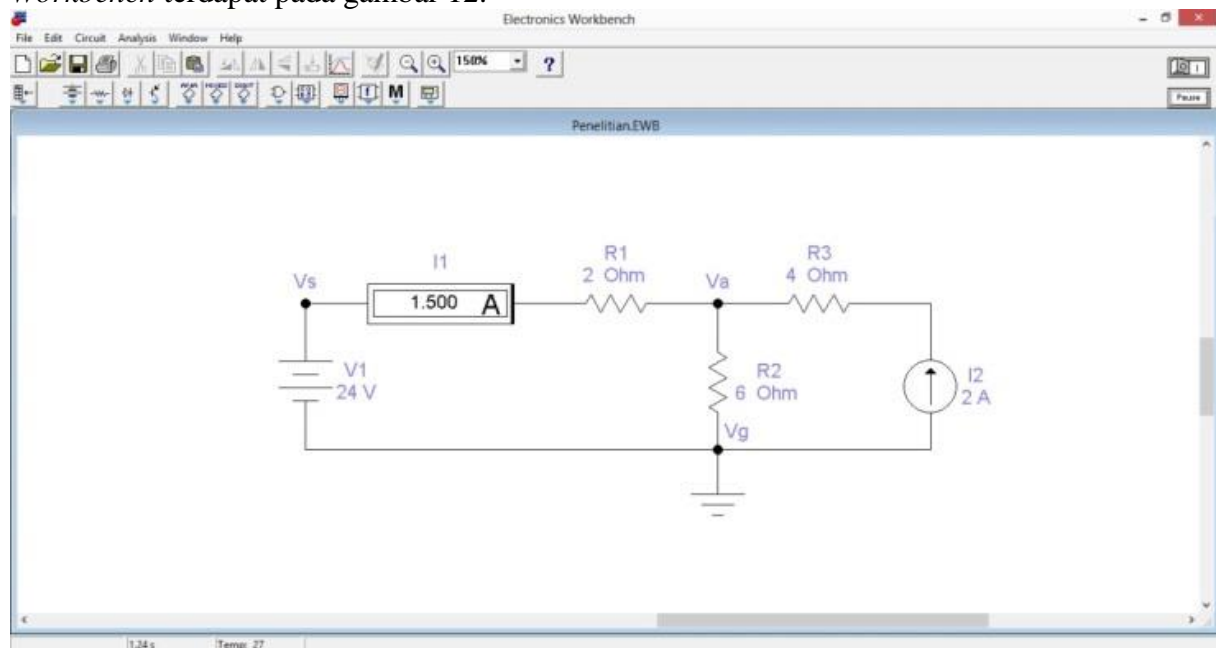
$$V_a = \frac{84}{4}$$

$$V_a = 21 \text{ V}$$

Nilai  $I_1$  dapat dihitung dengan menerapkan Hukum Ohm:  $I = \frac{V}{R}$

$$I_1 = \frac{V_s - V_a}{R_1} = \frac{24 - 21}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ A}$$

Hasil simulasi analisis *supernode* rangkaian listrik menggunakan *software Electronics Workbench* terdapat pada gambar 12.



**Gambar 12.** Hasil simulasi analisis *supernode* rangkaian listrik menggunakan *software Electronics Workbench*

Penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm menjadi dasar dalam menganalisis suatu rangkaian listrik. Rangkaian listrik dapat dianalisis menggunakan metode analisis *node* dan metode analisis *supernode*. Sistem persamaan linear dua variabel dengan metode eliminasi dan substitusi juga digunakan untuk menyelesaikan persamaan rangkaian listrik. Metode eliminasi dapat menyelesaikan persamaan rangkaian listrik dengan cara menghilangkan salah satu dari variabel yang ada, sedangkan metode substitusi dapat menyelesaikan persamaan rangkaian listrik dengan cara memasukkan salah satu persamaan ke dalam persamaan yang lainnya (Islahudin et al., 2018). Penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm serta penggunaan sistem persamaan linear dua variabel dalam menganalisis rangkaian listrik disesuaikan dengan konteks rangkaiannya. *Software Electronics Workbench* berperan dalam melakukan simulasi dan membuktikan kebenaran dari hasil analisis rangkaian listrik yang telah dilakukan (Zulfadhly & Hambali, 2020). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm pada metode analisis rangkaian listrik menggunakan simulasi *software Electronics Workbench* dapat diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

Penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm dapat diaplikasikan untuk mempermudah dalam menganalisis suatu rangkaian listrik. Rangkaian listrik yang dapat dianalisis dengan menerapkan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm yaitu metode analisis node dan metode analisis supernode. Metode analisis node dapat dilakukan ketika rangkaian listrik memiliki sumber arus dalam rangkaiannya. Metode analisis supernode dapat dilakukan ketika rangkaian listrik memiliki sumber arus dan sumber tegangan dalam rangkaiannya. Metode analisis rangkaian listrik tersebut dapat disimulasikan menggunakan software Electronics Workbench. Software ini dapat membuktikan kebenaran dari hasil analisis yang telah dilakukan sehingga dapat diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran.

### B. Saran

Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm tidak hanya dapat diterapkan pada metode analisis node dan metode analisis supernode saja, tetapi dapat diterapkan pula pada metode analisis rangkaian listrik yang lainnya, sehingga diperlukan eksplorasi lebih jauh lagi terkait dengan penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm untuk menganalisis rangkaian listrik. Selain itu, metode eliminasi dan substitusi hanya dapat menyelesaikan persamaan rangkaian listrik yang bersifat sederhana saja atau memiliki sedikit variabel, sehingga diperlukan metode lainnya yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan rangkaian listrik yang bersifat lebih kompleks atau memiliki banyak variabel. Untuk melatih keterampilan mahasiswa, penggunaan software simulasi elektronika yang lainnya juga diperlukan, mengingat software Electronics Workbench bukan satu-satunya software simulasi elektronika yang dapat digunakan untuk membuktikan hasil analisis rangkaian listrik. Berdasarkan hasil penelitian, kegiatan praktikum berbasis simulasi seperti ini perlu diterapkan dalam proses pembelajaran.

## Daftar Pustaka

- Arnas, Y., & Anam, K. (2019). Metoda Cramer Untuk Solusi Analisa Rangkaian Listrik Menggunakan Scilab. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, 12(1), 61–68. <https://journal.ppicurug.ac.id/index.php/jurnal-ilmiah-aviasi/article/view/144>
- Hutagalung, S. N., Yanny, A., & Hutabarat, S. A. (2020). Pelatihan Electronics Workbench (EWB) Dalam Pembelajaran Fisika Bagi Siswa/i di SMA Citra Harapan Percut. *Journal of Social Responsibility Projects*, 1(1), 9–11.
- Islahudin, I. (2019). Pemanfaatan Laboratorium Virtual Berbasis Software Electronics Workbench (Ewb) Untuk Menunjang Pemahaman Konsep Mahasiswa Pada Mata Kuliah Elektronika Dasar I. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 5(2), 96. <https://doi.org/10.31764/orbita.v5i2.1394>
- Islahudin, I., Khaerani, S., & Zulkarnain, Z. (2018). Pemanfaatan Laboratorium Virtual Berbasis Ewb (Electronics Workbench) Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Fisika Siswa Ipa Kelas Xii Ipa Ma Nw Darussalimin Sengkol, Batukliang Lombok Tengah Tahun Pelajaran 2018/2019. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 4(2), 47. <https://doi.org/10.31764/orbita.v4i2.576>
- Nurullaeli. (n.d.). Media Analisis Rangkaian Listrik Menggunakan Pendekatan Numerik Gauss-Jordan, Gauss-Seidel, dan Cramer. *Navig. Phys. J. Phys. Educ*, 2(1), 1–8.
- Pradana, E. Y., Kartikawati, S., & ... (2019). ... Learning dengan Inquiry Learning Berbasis Software EWB (Electronics Workbench) pada Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jupiter (Jurnal ...)*, 4(2), 25–29. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/JUPITER/article/view/5164%0Ahttp://e-journal.unipma.ac.id/index.php/JUPITER/article/viewFile/5164/2363>
- Ramdhani, M. (2008). Rangkaian Listrik. In *Penerbit Erlangga*. Erlangga.
- Simatupang, S., & Tiarmada, T. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Pokok Listrik Dinamis Di Kelas X Semester Ii Sma

- Negeri 8 Medan T.P. 2013/2014. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika*, 1(1), 25.  
<https://doi.org/10.24114/jiaf.v1i1.2693>
- Wahyudi, W. (2017). Analisis Hasil Belajar Mahasiswa pada Pokok Bahasan Hukum Ohm dan Kirchoff dalam Matakuliah Elektronika Dasar I. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(2), 129–134. <https://doi.org/10.29303/jpft.v1i2.248>
- Yanto, D. T. P. (2019). Praktikalitas Media Pembelajaran Interaktif pada Proses Pembelajaran Rangkaian Listrik. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(1), 75–82. <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i1.409>
- Zulfadhly, M., & Hambali. (2020). Penerapan Media Electronic Workbench Simulator pada Mata Pelajaran Dasar Listrik Elektronika di SMK N 5 Padang. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(2), 352–360.