

Analisis Rangkaian Mesh dengan Aplikasi Android Proto Circuit dan Pembuktiannya dengan Eksperimen Real

¹ Syifaul Fuada, ² Nusaibah Fathul Jannah, ³ Elgifa Nurfaiz Zarkasyi, ⁴ Muhammad Fatih Hady, ⁵ Roisyatin Iftah Ni'mah Aulia Cantika, ⁶ Thoriq Ghifari Nurizky

Program Studi S1 Sistem Telekomunikasi Universitas Pendidikan Indonesia^{1,2,3,4,5,6}

¹syifaulfuada@upi.edu, ²fathuljanh08@upi.edu, ³elgifazarkasyi13@upi.edu, ⁴muhammadfatihhady@upi.edu⁵ roisyatiniftah@upi.edu, ⁶thorizky@upi.edu

Article Info

Article history:

Received October 13th, 2023
Revised Desember 16th, 2023
Accepted January 13th, 2024

Keyword:

Loop Mesh circuit
Circuit simulation
Proto Circuit Android App
Physical practicum
Measuring difference

ABSTRACT

The existence of current technological developments can affect education in tertiary institutions because there is a simulator that can make it easier for students to understand electrical circuits, and researchers get a simulator, namely the Proto Circuit Android App. This study aims to reveal the differences in the measurement values in the 3-loop mesh circuit. The 3-loop mesh circuit is a method or method used to analyze an electrical circuit which usually consists of several interconnected loops. At the beginning of the practicum using a simulator called Proto Circuit Android App to make a design or description of a 3-loop mesh electrical circuit in visual form. The ters application is also a very popular and widely used electronic circuit simulation application. However, there is no research that specifically compares the simulation results with the Proto Circuit Android App and physical practice on a 3-loop mesh circuit. Therefore, this study complements this energy by measuring the measurement results of the three methods. The research results show that the results from the simulator and real are quite accurate but there are differences in values caused by imperfections in components, measurement inaccuracies, or other factors that affect circuit performance in real conditions. This research can be used for readers to operate the Proto Circuit Android App simulator and study the 3-loop mesh circuit.

Copyright © 2024 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Syifaul Fuada,
Sistem Telekomunikasi, Universitas Pendidikan Indonesia.
Email: syifaulfuada@upi.edu

Abstrak-- Adanya perkembangan teknologi saat ini dapat mempengaruhi pendidikan di perguruan tinggi oleh karena itu terdapat simulator yang dapat memudahkan mahasiswa untuk memahami rangkaian listrik, dan peneliti mendapatkan simulator yaitu Proto Circuit Android App. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap perbedaan nilai ukur pada rangkaian mesh 3 Loop. Rangkaian mesh 3 loop merupakan sebuah cara ataupun metode yang digunakan untuk menganalisis sebuah rangkaian listrik yang biasanya terdiri dari beberapa loop yang saling berhubungan. Pada permulaan eksperimen menggunakan simulator yang bernama Proto Circuit Android App untuk membuat rancangan atau gambaran sebuah rangkaian listrik mesh 3 loop dalam bentuk visual. Aplikasi ters juga merupakan sebuah perangkat lunak simulasi rangkaian elektronik yang sangat populer dan digunakan secara luas. Namun, belum ada penelitian yang secara khusus membandingkan hasil simulasi dengan Proto Circuit Android App dan eksperimen fisik pada rangkaian mesh 3 Loop. Oleh karena itu, penelitian ini melengkapi kekosongan ini dengan membandingkan hasil pengukuran dari ketiga metode tersebut. Hasil penelitan menunjukkan bahwa hasil dari simulator dan *real* cukup akurat tetapi ada nya perbedaan nilai yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan komponen, ketidakakuratan pengukuran, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi kinerja rangkaian dalam kondisi nyata. Penelitian ini

dapat digunakan bagi para pembaca untuk meoperasikan simulator Proto Circuit Android App serta mempelajari rangkaian mesh 3 loop.

I. Pendahuluan

Dalam bidang rekayasa elektronika, pengujian dan verifikasi rangkaian menjadi langkah kritis untuk memastikan kinerja yang diharapkan. Salah satu metode untuk menganalisis pada suatu rangkaian elektronika adalah dengan sebuah teknologi simulasi perangkat lunak. Penggunaan simulasi perangkat lunak telah menjadi praktik umum dalam menganalisis dan memvalidasi rangkaian elektronika sebelum implementasi fisiknya. Rangkaian listrik (atau rangkaian elektrik) merupakan interkoneksi berbagai piranti (device) yang secara bersama melaksanakan suatu tugas tertentu [1].

Salah satu application yang populer digunakan dalam simulasi adalah Proto Circuit Android App, yang menyediakan simulasi rangkaian elektronika dengan akurasi yang tinggi dan fleksibilitas yang baik. Application ini menyediakan interface tampilan depan yang sederhana dan juga mudah untuk dimengerti

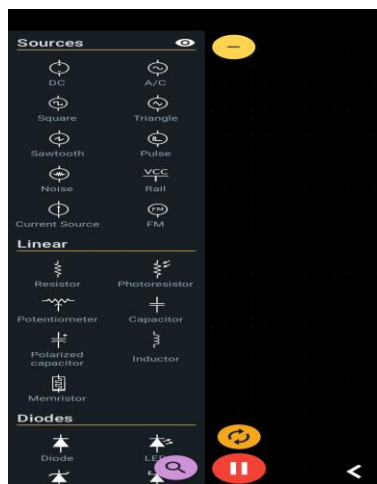
Di dalam paper ini, pembahasan akan difokuskan pada penganalisisan terhadap rangkaian Mesh 3 Loop dengan menggunakan application Proto Circuit Android App. Rangkaian Mesh 3 Loop merupakan salah satu permasalahan dalam rangkain elektronika yang terdiri dari 3 Loop yang saling terhubung. Dengan melakukan berbagai percobaan dari simulator dan juga dari percobaan langsung.

A. Tentang Aplikasi

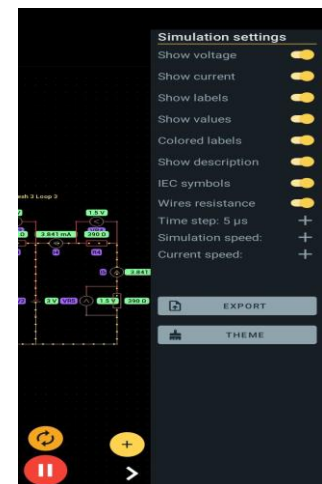
Proto Circuit Android App adalah sebuah perangkat lunak simulasi rangkaian elektronika yang dirancang untuk memfasilitasi analisis dan pengujian sebelum implementasi fisik. Application ini memiliki berbagai fungsi yang meliputi desain dan modifikasi rangkaian, simulasi dan analisis kinerja, serta pemodelan komponen elektronika. Keunggulan Proto Circuit Android App adalah antarmuka pengguna yang intuitif, kompatibilitas yang luas dengan berbagai platform perangkat, serta kemampuan untuk melakukan simulasi dengan akurasi tinggi. Proto Circuit juga menyediakan berbagai fungsi yang berguna bagi para pengembang dalam memahami dan memvalidasi kinerja rangkaian elektronika sebelum produksi massal[2].



Gambar 1.1 Tampilan Awal



Gambar 1.2 Komponen



Gambar 1.3 Pengaturan

Berikut adalah beberapa tampilan dari Proto Circuit Android App, pada gambar 1.1 menunjukkan keunggulan dari simulator yaitu dapat membuat *folder* untuk *file* yang berbeda-beda, kemudian pada gambar 1.2 menunjukkan komponen-komponen yang dimiliki oleh Proto Circuit yang dapat membantu peneliti ketika melakukan observasi, dan pada gambar 1.3 merupakan pengaturan yang dapat diatur untuk menunjukkan suatu nilai dari tegangan, arus dan lainnya agar muncul dalam tampilan.

Fungsi:

a. Desain dan Modifikasi Rangkaian

Proto Circuit memungkinkan pengguna untuk merancang dan memodifikasi rangkaian elektronik sesuai kebutuhan proyek mereka.

b. Simulasi Rangkaian

Application ini dapat melakukan simulasi yang akurat terhadap rangkaian elektronik, menghasilkan data dan hasil yang berguna untuk analisis dan verifikasi.

c. Pemodelan Komponen Elektronik

Proto Circuit menyediakan berbagai komponen elektronik yang dapat dimodelkan dan digunakan dalam rangkaian, termasuk resistor, kapasitor, transistor, dan lainnya.

d. Analisis Kinerja

Pengguna dapat menganalisis kinerja rangkaian, termasuk respons frekuensi, impedansi, tegangan, arus, dan lainnya.

e. Pengujian dan Verifikasi

Proto Circuit memungkinkan pengguna untuk menguji dan memverifikasi rangkaian sebelum melakukan implementasi fisiknya, membantu dalam mencegah kesalahan dan mengoptimalkan kinerja.

Kelebihan dan keunggulan:

a. Akurasi, Proto Circuit Android App menawarkan tingkat akurasi yang tinggi dalam melakukan simulasi rangkaian elektronik, sehingga memungkinkan pengguna untuk mendapatkan hasil yang lebih dekat dengan kenyataan.

b. Fleksibilitas, Application ini memberikan fleksibilitas dalam merancang dan memodifikasi rangkaian elektronik, sehingga pengguna dapat melakukan eksperimen dengan mudah dan cepat.

c. Antarmuka Pengguna Intuitif, Proto Circuit dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengakses dan menggunakan berbagai fitur dan fungsi yang disediakan.

d. Kompatibilitas, Proto Circuit dapat dijalankan pada platform Android, yang membuatnya dapat diakses oleh berbagai perangkat Android yang tersedia di pasaran.

e. Penghematan Waktu dan Biaya, dengan menggunakan Proto Circuit untuk melakukan simulasi dan pengujian rangkaian, pengguna dapat menghemat waktu dan biaya yang seharusnya diperlukan untuk melakukan eksperimen fisik atau prototipe.

f. Komponen Tak Terbatas, dalam proto circuit banyak komponen yang tidak memerlukan biaya untuk menggunakannya dan juga tidak adanya batas maksimal dalam penggunaan komponen, sehingga dapat memudahkan peneliti jika memerlukan banyak komponen secara bersamaan.

B. Riset tentang dan application Proto Circuit

Riset tentang dan application Proto Circuit yang belum tersedia di iOS:

Meskipun Proto Circuit telah menjadi pilihan yang populer di kalangan pengguna Android dan desktop, belum ada versi resmi dari Proto Circuit yang tersedia untuk platform iOS dan belum ada penelitian yang secara khusus mengembangkan versi Proto Circuit yang dapat diakses melalui perangkat iOS. Platform iOS memiliki basis pengguna yang besar dan juga digunakan secara luas dalam lingkungan industri dan akademik. Namun, hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus mengembangkan versi Proto Circuit yang dapat diakses melalui perangkat iOS. Penelitian sebelumnya dalam bidang ini terutama fokus pada pengembangan dan analisis Proto Circuit untuk platform lain, sedangkan kebutuhan akan versi iOS belum terpenuhi sepenuhnya[2].

C. Motivasi riset

Motivasi utama dari penelitian ini adalah untuk mengisi kekosongan yang ada dalam penawaran Proto Circuit dengan mengembangkan versi perangkat lunak yang kompatibel dengan perangkat iOS. Dengan menghadirkan Proto Circuit ke platform iOS, akan memberikan akses lebih luas kepada pengguna iOS yang ingin menggunakan application ini untuk simulasi dan analisis rangkaian elektronik. Selain itu, dengan melengkapi Proto Circuit untuk iOS, akan memperluas fleksibilitas dan kesempatan penggunaan perangkat lunak ini dalam berbagai lingkungan pengembangan elektronik di mana pengguna lebih cenderung menggunakan perangkat iOS.

Tujuan:

- a. Mengembangkan Proto Circuit dalam bentuk yang dapat diakses melalui perangkat iOS, seperti iPhone dan iPad.
- b. Menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan pada Proto Circuit versi iOS.
- c. Memastikan akurasi dan keandalan simulasi rangkaian pada Proto Circuit versi iOS.
- d. Memfasilitasi analisis dan verifikasi rangkaian elektronik melalui Proto Circuit versi iOS.
- e. Meningkatkan ketersediaan Proto Circuit kepada pengguna iOS yang berkepentingan dalam pengembangan dan analisis rangkaian elektronik.

D. Ruang lingkup penelitian

Penelitian ini akan fokus pada pengembangan Proto Circuit untuk platform iOS, dengan memperhatikan desain antarmuka pengguna yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna iOS. Penelitian tidak akan membahas aspek internal dan implementasi teknis dari Proto Circuit, melainkan lebih berfokus pada kemampuan dan fungsionalitas Proto Circuit dalam konteks penggunaan iOS. Penelitian ini akan fokus pada pengembangan Proto Circuit untuk platform iOS, dengan memperhatikan desain antarmuka pengguna yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna iOS. Penelitian tidak akan membahas aspek internal dan implementasi teknis dari Proto Circuit, melainkan lebih berfokus pada kemampuan dan fungsionalitas Proto Circuit dalam konteks penggunaan di perangkat iOS. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan yang belum terpenuhi dalam pengembangan Proto Circuit untuk pengguna iOS, sehingga memperluas aksesibilitas dan penggunaan perangkat lunak ini dalam industri elektronika dan komunitas pengembang rangkaian elektronik.

II. Metode Penelitian

A. Deskripsi rangkaian Mesh 3 Loop

Rangkaian Mesh 3 Loop adalah suatu jenis rangkaian listrik yang terdiri dari tiga Loop yang saling terhubung. Setiap Loop dalam rangkaian ini memiliki aliran arus yang berbeda. Rangkaian ini digunakan untuk menganalisis arus dan tegangan dalam sistem listrik yang kompleks. Dalam rangkaian ini, arus dalam setiap Loop dihitung secara terpisah, sehingga memudahkan dalam menganalisis dan memahami karakteristik aliran listrik dalam rangkaian. Untuk menganalisis sebuah rangkaian arus searah (DC) dibutuhkan beberapa teorema-teorema tertentu untuk dapat menganalisis sebuah rangkaian arus searah dengan mudah dan cepat[3,4]. Terdapat dua teorema yaitu teorema mesh dan teorema node voltage. Dua teorema ini digunakan ketika hukum kirchoff dan hukum ohm tidak dapat menyelesaikan permasalahan dalam menganalisis sebuah rangkaian arus searah [5]. Teorema Mesh merupakan teorema yang menentukan Loop dan arah arus. Loop atau disebut dengan lintasan tertutup dapat didefinisikan seperti node dari mana kita memulai pergerakan kita sampai kita akhiri ke node yang sama. Sedangkan node yaitu sebuah titik dimana dua atau lebih perangkat memiliki hubungan yang sama [6].

B. Komponen-Komponen Rangkaian Mesh 3 Loop

Komponen-komponen utama yang ada dalam rangkaian Mesh 3 Loop meliputi[7]:

a. Sumber Listrik

Ini adalah komponen yang menyediakan tegangan dalam rangkaian, dapat berupa sumber tegangan konstan (misalnya, baterai) atau variabel (misalnya, generator AC). Sumber listrik dapat berupa baterai atau generator. Tegangan yang dihasilkan oleh sumber listrik dapat tetap (DC) atau berubah-ubah (AC).

b. Resistor

Resistor adalah komponen yang menghambat aliran arus yang mengalir dalam rangkaian dan memiliki nilai resistansi tertentu. Resistansi diukur dalam satuan ohm (Ω).

c. Voltmeter

Voltmeter adalah alat pengukur yang digunakan untuk mengukur tegangan dalam suatu rangkaian. Tegangan diukur dalam satuan Volt (V). Voltmeter terhubung secara paralel dengan elemen yang akan diukur tegangannya, sehingga tegangan dapat diukur dengan mengamati beda potensial antara dua titik dalam rangkaian. Dalam rangkaian Mesh 3 Loop, voltmeter ditempatkan secara paralel dengan elemen atau resistor yang ingin diukur tegangannya dalam Loop tertentu. Voltmeter biasanya memiliki resistansi input yang sangat tinggi sehingga hampir tidak ada arus yang mengalir melalui voltmeter, sehingga tidak mempengaruhi nilai tegangan yang diukur.

d. Ammeter

Komponen yang digunakan untuk mengukur arus dalam suatu rangkaian. Arus diukur dalam satuan Ampere (A). Ammeter ditempatkan secara seri dalam rangkaian sehingga arus yang mengalir melalui rangkaian juga akan mengalir melalui ammeter. Dalam rangkaian Mesh 3 Loop, ammeter ditempatkan dalam Loop tertentu untuk mengukur arus yang mengalir dalam Loop tersebut. Ammeter memiliki resistansi internal yang rendah sehingga arus yang mengalir melalui ammeter dapat dianggap tidak mempengaruhi nilai arus yang diukur.

e. Ground

Ground atau titik nol merupakan referensi tegangan dalam suatu rangkaian yang digunakan sebagai titik acuan untuk mengukur tegangan dan sebagai referensi titik nol dalam pemilihan arah arus. Dalam rangkaian Mesh 3 Loop, ground digunakan sebagai titik acuan untuk mengukur tegangan pada elemen-elemen rangkaian. Misalnya, jika ada tiga Loop dalam rangkaian, ground digunakan untuk mengukur tegangan antara dua titik dalam Loop tersebut. Posisi ground dalam rangkaian tidak mempengaruhi distribusi arus dalam Loop-Loop tersebut, tetapi digunakan sebagai referensi dalam mengukur potensial dan membuat perbandingan tegangan antar Loop. Pada perancangan rangkaian Mesh 3 Loop, penting untuk menetapkan titik ground dengan tepat dan menghubungkannya secara konsisten ke komponen yang memerlukannya. Hal ini memastikan bahwa tegangan yang digunakan dalam pengukuran dan operasi rangkaian tetap konsisten dan dapat diandalkan.

C. Teori Rangkaian Mesh 3 Loop

Beberapa teori dasar dalam analisis rangkaian Mesh 3 Loop, antara lain:

a. Hukum Ohm

Hukum Ohm menyatakan bahwa arus yang mengalir melalui suatu konduktor (seperti resistor) sebanding dengan tegangan yang diterapkan pada konduktor tersebut dan berbanding terbalik dengan resistansinya. Hukum Ohm dapat dirumuskan sebagai [8]:

$$I = V/R \quad (1)$$

Berdasarkan pada persamaan (1) yaitu di mana I adalah arus dalam ampere (A), V adalah tegangan dalam volt (V), dan R adalah resistansi dalam ohm (Ω). Hukum Ohm menyatakan bahwa arus dalam suatu konduktor sebanding dengan tegangan yang diterapkan dan berbanding terbalik dengan resistansi. Ini dapat ditulis sebagai rumus matematis:

$$I = V/R \quad (2)$$

Berdasarkan pada persamaan (2) yaitu di mana I adalah arus dalam ampere (A), V adalah tegangan dalam volt (V), dan R adalah resistansi dalam ohm (Ω). George Simon Ohm (1789-1854) merumuskan hubungan antara kuat aruslistrik (I), hambatan (R) dan beda potensial (V) yang kemudian dikenal dengan hukum Ohm. Hubungan antara tegangan, arus dan hambatan dalam rangkaian dinyatakan oleh $V = I.R$ (hukum Ohm) [9,10].

b. Hukum Kirchhoff

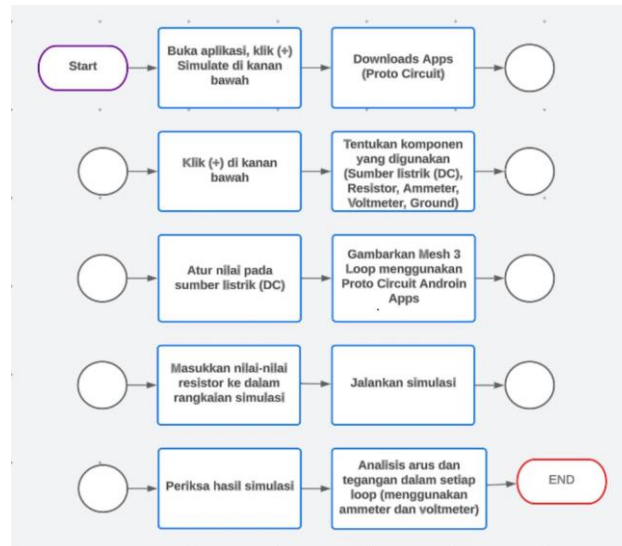
Hukum Kirchhoff I (Hukum simpul), menyatakan bahwa jumlah total arus yang masuk ke sebuah simpul dalam rangkaian harus sama dengan jumlah total arus yang keluar dari simpul tersebut. Hukum ini didasarkan pada prinsip kekekalan muatan. Hukum Kirchhoff I menyatakan bahwa jumlah total arus yang mengalir ke simpul (titik persimpangan dalam rangkaian) harus sama dengan jumlah total arus yang keluar dari simpul tersebut. Hukum ini didasarkan pada prinsip kekekalan muatan. Dalam rangkaian mesh 3 Loop, ini berarti bahwa jumlah arus yang memasuki simpul harus sama dengan jumlah arus yang keluar dari simpul. Hukum Ohm dan dua hukum Kirchoff memang mendominasi teori analisis rangkaian. Tetapi ketiga hukum tersebut menjadi tidak cukup ketika orang harus menganalisis terjadinya perubahan pada setiap parameter yang ada di dalam rangkaian [11].

Hukum Kirchhoff II (Hukum Loop), menyatakan bahwa jumlah total tegangan dalam suatu Loop tertutup dalam rangkaian harus nol [12]. Hukum ini didasarkan pada prinsip kekekalan energi. Hukum Kirchhoff II menyatakan bahwa jumlah total tegangan dalam suatu Loop tertutup harus nol. Hukum ini didasarkan pada prinsip kekekalan energi. Dalam rangkaian mesh 3 Loop, ini berarti bahwa jumlah tegangan yang diterapkan pada setiap komponen dalam suatu Loop harus sama dengan jumlah tegangan yang dihasilkan oleh komponen lain dalam Loop yang sama. Hukum kedua Kirchoff didasari oleh hukum konservasi energi yang menyatakan bahwa dalam suatu rangkaian tertutup, tegangan yang diperoleh dan tegangan yang berkurang haruslah sama besar [13].

D. Metode perhitungan tingkat akurasi yang digunakan dalam tabel di atas adalah sebagai berikut:

1. Hasil Simulasi/Hasil Hitung (%): Mengacu pada hasil perhitungan atau simulasi yang telah dilakukan sebelumnya. Persentase error dihitung dengan membagi hasil simulasi dengan hasil hitung dan dikalikan dengan 100% untuk mendapatkan persentase error.
2. Hasil Eksperimen/Hasil Hitung (%): Mengacu pada hasil eksperimen yang dilakukan. Persentase error dihitung dengan membagi hasil eksperimen dengan hasil hitung dan dikalikan dengan 100% untuk mendapatkan persentase error.
3. Hasil Eksperimen/Hasil Simulasi (%): Mengacu pada perbandingan antara hasil eksperimen dan hasil simulasi. Persentase error dihitung dengan membagi hasil eksperimen dengan hasil simulasi dan dikalikan dengan 100% untuk mendapatkan persentase error.

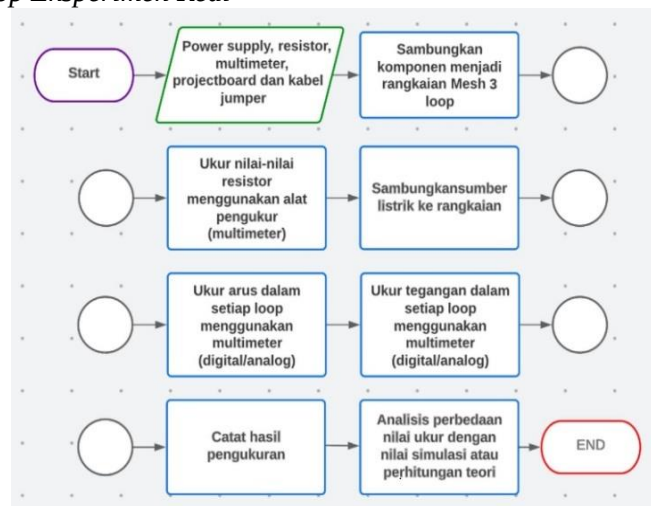
E. Flowchart Mesh 3 Loop Simulasi Proto Circuit



Gambar 2.1 Flowchart mesh 3 loop simulasi

Pada gambar 2.1 terdapat tahapan dalam melakukan eksperimen menggunakan simulator. Pertama, *download app* nya di playstore, dengan nama Proto Circuit versi 1.20.0. Setelah itu buka aplikasi lalu klik tanda (+) *Simulate* di kanan bawah, lalu klik tanda (+) di kanan bawah jika sudah masuk ke bagian *simulate*. Tentukan komponen yang akan digunakan (sumber listrik (DC), resistor, ammeter, voltmeter, ground). Atur nilai pada sumber listrik (DC). Lalu, gambarkan rangkaian *Mesh 3 Loop* menggunakan Proto Circuit Android App, masukkan nilai-nilai resistor ke dalam rangkaian simulasi, jalankan simulasi dan periksa hasilnya serta analisis arus dan tegangan dalam setiap *Loop* (menggunakan *ammeter* dan *voltemeter*), selesai.

F. Flowchart Mesh 3 Loop Eksperimen Real



Gambar 2.2 Flowchart mesh 3 loop real

Pada gambar 2.2 terdapat tahapan dalam melakukan eksperimen real. Pertama sebelum memulai, persiapkan komponen yang akan digunakan (*power supply*, resistor, multimeter, projectboard, kabel jumper) lalu sambungkan komponen sesuai dengan rangkaian *Mesh 3 Loop* yang telah ditentukan, ukur nilai-nilai resistor menggunakan alat pengukur (multimeter). Sambungkan sumber listrik ke rangkaian, ukur arus dan tegangan dalam setiap *Loop* menggunakan multimeter (digital/analog), selalu catat hasil pengukuran, lakukan analisis perbedaan nilai ukur dengan nilai simulasi atau perhitungan teori, selesai.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil hitung

Mesh 3 Loop III

Loop A (Searah jarum jam)

$$-V_1 + I_1 \cdot R_1 + I_4 \cdot R_4 = 0$$

$$-V_1 + I_1 \cdot R_1 + R_4 (I_1 + I_2) = 0$$

$$-5 + 1000 I_1 + 390 I_1 + 390 I_2 = 0$$

$$1390 I_1 + 390 I_2 = 5 \dots\dots\dots (1)$$

Loop B (Berlawanan jarum jam)

$$I_4 \cdot R_4 + I_5 \cdot R_5 + I_2 \cdot R_2 = 0$$

$$R_4 (I_1 + I_2) + R_5 (I_2 - I_3) + I_2 \cdot R_2 = 0$$

$$390 I_1 + 390 I_2 + 390 I_2 - 390 I_3 + 47 I_2 = 0$$

$$390 I_1 + 827 I_2 - 390 I_3 = 0 \dots\dots\dots (2)$$

Loop C (Berlawanan jarum jam)

$$-V_2 + I_3 \cdot R_3 + I_5 \cdot R_5 = 0$$

$$-V_2 + I_3 \cdot R_3 + R_5 (I_2 - I_3) = 0$$

$$-3 + 270 I_3 + 390 I_3 - 390 I_2 = 0$$

$$660 I_3 - 390 I_2 = 3 \dots\dots\dots (3)$$

Matriks Persamaan

$$\frac{Dx}{D} = \frac{\begin{vmatrix} 5 & 390 & 0 & 5 & 390 \\ 0 & 827 & -390 & 0 & 827 \\ 3 & -390 & 660 & 3 & -390 \\ 390 & 827 & -390 & 390 & 827 \\ 0 & -390 & 660 & 0 & -390 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1390 & 390 & 0 & 1390 & 390 \\ 390 & 827 & -390 & 390 & 827 \\ 0 & -390 & 660 & 0 & -390 \end{vmatrix}} = \frac{2272800 - 760500}{758689800 - 311.805.000} = \frac{1512300}{446.884.800} = 0.003384 \text{ A (I1)}$$

$$V_{R1} = I_1 \cdot R_1 = 0.003384 \text{ A} \cdot 1000 \Omega = 3.384 \text{ V}$$

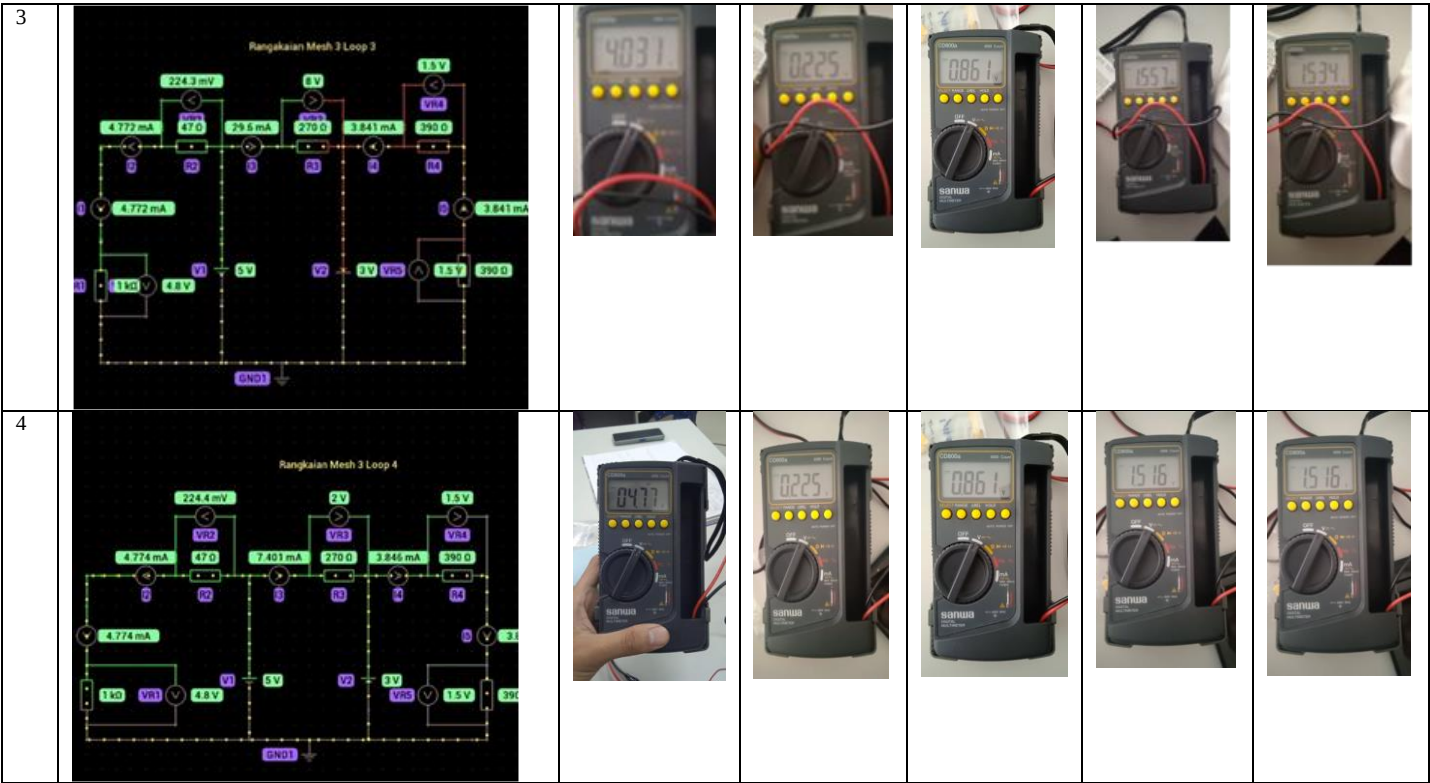
$$\frac{Dy}{D} = \frac{\begin{vmatrix} 1390 & 5 & 0 & 1390 & 1390 \\ 390 & 0 & -390 & 390 & 390 \\ 0 & 3 & 660 & 0 & 0 \\ 1390 & 390 & 0 & 1390 & 390 \\ 390 & 827 & -390 & 390 & 827 \\ 0 & -390 & 660 & 0 & -390 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1390 & 390 & 0 & 1390 & 390 \\ 390 & 827 & -390 & 390 & 827 \\ 0 & -390 & 660 & 0 & -390 \end{vmatrix}} = \frac{0 - 2616300}{758689800 - 311.805.000} = \frac{2616300}{446.884.800} = 0.000759 \text{ A (I2)}$$

$$V_{R2} = I_2 \cdot R_2 = 0.000759 \text{ A} \cdot 47 \Omega = 0.035673 \text{ V}$$

1390 390 5 1390 390
390 827 0 390 827
Dz = 0 -390 3 0 -390
D = 1390 390 0 1390 390
390 827 -390 390 827
0 -390 660 0 -390
= 2688.090-456.300 = 2231.790 = 0.004994 A (I3)
758689800-311.805.000 446.884.800
VR3 = I3 . R3 = 0.004994 A . 270 Ω = 1.34838 V
I4 = I1 + I2 = 0.003384 A + 0.000759 A = 0.004143 A
VR4 = I4 . R4 = 0.004143 A . 390 Ω = 1.61577 V
I5 = I3 - I2 = 0.004994 A - 0.000759 A = 0.004235 A
VR5 = I5 . R5 = 0.004235 A . 390 Ω = 1.65165 V

B. Tabel 1. Perhitungan Mesh 3 Pada Eksperimen Simulator dan Real

Set Up	Simulator	Eksperimen				
		VR1	VR2	VR3	VR4	VR5
1						
2						



Hasil Perbandingan Eksperimen

Tabel 2. Perbandingan hasil Rangkaian Mesh 3 Loop I

No	Parameter	Perhitungan	Simulasi	Real	Selisih
1	V_{R1}	3.384 V	3.4 V	3.489 V	0.489 V
2	V_{R2}	0.035673 V	35.64 mV	0.034 V	0.00164 V
3	V_{R3}	1.34838 V	1.3 V	1.208 V	0.092 V
4	V_{R4}	1.61577 V	1.6 V	1.624 V	0.076 V
5	V_{R5}	1.65165 V	1.7 V	1.737 V	0.063 V

Tabel 3. Perbandingan hasil Rangkaian Mesh 3 Loop II

No	Parameter	Perhitungan	Simulasi	Real	Selisih
1	VR1	5.426 V	5.4 V	4.037 V	1.363 V
2	VR2	0.306393 V	306.3 mV	0.317 V	0.0107 V
3	VR3	2.26719 V	2.3 V	2.746 V	0.446 V
4	VR4	0.42561 V	425.6 mV	0.419 V	0.0066 V
5	VR5	0.73242 V	732.4 mV	0.741 V	0,0086 V

Tabel 4. Perbandingan hasil Rangkaian Mesh 3 Loop III

No	Parameter	Perhitungan	Simulasi	Real	Selisih
1	VR1	4.7755491 V	4.8 V	4.031 V	0.069 V
2	VR2	0.22445 V	224.3 mV	0.225 V	0.0007 V
3	VR3	7.999992 V	8 V	0.861 V	7.139 V

4	VR4	1.5 V	1.5 V	1.557 V	0.007 V
5	VR5	1.5 V	1.5 V	1.534 V	0.034 V

Tabel 5. Perbandingan hasil Rangkaian Mesh 3 Loop IV

No	Parameter	Perhitungan	Simulasi	Real	Selisih
1	VR1	4.7755491 V	4.8 V	4.77 V	0.23 V
2	VR2	0.22445 V	224.4 mV	0.225 V	0.0006 V
3	VR3	1.999999998 V	2 V	0.861 V	1.139 V
4	VR4	1.5 V	1.5 V	1.516 V	0.016 V
5	VR5	1.5 V	1.5 V	1.516 V	0.016 V

Tabel 6. Data % error hasil Rangkaian Mesh 3 Loop I

No	Parameter	Hasil Simulasi/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Simulasi (%)
1	VR1	$\frac{3.4}{3.384} \times 100\% = 1.00$	$\frac{3.489}{3.384} \times 100\% = 1.03$	$\frac{3.489}{3.4} \times 100\% = 1.02$
2	VR2	$\frac{0.03564}{0.035673} \times 100\% = 0.99$	$\frac{0.034}{0.035673} \times 100\% = 0.95$	$\frac{0.034}{0.03564} \times 100\% = 0.95$
3	VR3	$\frac{1.3}{1.34838} \times 100\% = 0.96$	$\frac{1.208}{1.34838} \times 100\% = 0.89$	$\frac{1.208}{1.3} \times 100\% = 0.92$
4	VR4	$\frac{1.6}{1.61577} \times 100\% = 0.99$	$\frac{1.624}{1.61577} \times 100\% = 1.00$	$\frac{1.624}{1.6} \times 100\% = 1.01$
5	VR5	$\frac{1.7}{1.65165} \times 100\% = 1.02$	$\frac{1.737}{1.65165} \times 100\% = 1.05$	$\frac{1.737}{1.7} \times 100\% = 1.02$

Tabel 7. Data % error hasil Rangkaian Mesh 3 Loop II

No	Parameter	Hasil Simulasi/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Simulasi (%)
1	VR1	$\frac{5.4}{5.426} \times 100\% = 0.99$	$\frac{4.037}{5.426} \times 100\% = 0.74$	$\frac{4.037}{1.61577} \times 100\% = 0.99$
2	VR2	$\frac{0.3063}{0.306393} \times 100\% = 0.99$	$\frac{0.317}{0.306393} \times 100\% = 1.03$	$\frac{0.317}{0.3063} \times 100\% = 1.03$
3	VR3	$\frac{2.3}{2.26719} \times 100\% = 1.01$	$\frac{2.746}{2.26719} \times 100\% = 1.21$	$\frac{2.746}{2.3} \times 100\% = 1.19$
4	VR4	$\frac{0.4256}{0.42561} \times 100\% = 0.99$	$\frac{0.419}{0.42561} \times 100\% = 0.98$	$\frac{0.419}{0.4256} \times 100\% = 0.98$
5	VR5	$\frac{0.7324}{0.73242} \times 100\% = 0.99$	$\frac{0.741}{0.73242} \times 100\% = 1.01$	$\frac{0.741}{0.7324} \times 100\% = 1.01$

Tabel 8. Data % error hasil Rangkaian Mesh 3 Loop III

No	Parameter	Hasil Simulasi/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Simulasi (%)
1	VR1	$\frac{4.8}{4.7755491} \times 100\% = 1.00$	$\frac{4.031}{4.7755491} \times 100\% = 0.84$	$\frac{4.031}{4.8} \times 100\% = 0.83$
2	VR2	$\frac{0.2243}{0.22445} \times 100\% = 0.99$	$\frac{0.225}{0.22445} \times 100\% = 1.00$	$\frac{0.225}{0.2243} \times 100\% = 1.00$
3	VR3	$\frac{8}{7.999992} \times 100\% = 1.00$	$\frac{0.861}{7.999992} \times 100\% = 0.10$	$\frac{0.861}{8} \times 100\% = 0.10$

4	VR4	$\frac{1.5}{1.5} \times 100\% = 1$	$\frac{1.557}{1.5} \times 100\% = 1.03$	$\frac{1.557}{1.5} \times 100\% = 1.03$
5	VR5	$\frac{1.5}{1.5} \times 100\% = 1$	$\frac{1.534}{1.5} \times 100\% = 1.02$	$\frac{1.534}{1.5} \times 100\% = 1.02$

Tabel 9. Data % error hasil Rangkaian Mesh 3 Loop IV

No	Parameter	Hasil Simulasi/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Hitung (%)	Hasil Eksperimen/Hasil Simulasi (%)
1	VR1	$\frac{4.8}{4.7755491} \times 100\% = 1.00$	$\frac{4.77}{4.7755491} \times 100\% = 0.84$	$\frac{4.77}{4.8} \times 100\% = 0.83$
2	VR2	$\frac{0.2244}{0.22445} \times 100\% = 0.99$	$\frac{0.225}{0.22445} \times 100\% = 1.00$	$\frac{0.225}{0.2244} \times 100\% = 1.00$
3	VR3	$\frac{2}{1.999999998} \times 100\% = 1.00$	$\frac{0.861}{1.999999998} \times 100\% = 0.43$	$\frac{0.861}{2} \times 100\% = 0.43$
4	VR4	$\frac{1.5}{1.5} \times 100\% = 1$	$\frac{1.516}{1.5} \times 100\% = 1.01$	$\frac{1.516}{1.5} \times 100\% = 1.01$
5	VR5	$\frac{1.5}{1.5} \times 100\% = 1$	$\frac{1.516}{1.5} \times 100\% = 1.01$	$\frac{1.516}{1.5} \times 100\% = 1.01$

C. Analisis Hasil

Dari hasil perhitungan tabel 1 yaitu simulasi, dan eksperimen real pada rangkaian Mesh 3 Loop, dapat dilakukan analisis sebagai berikut:

- Perbandingan antara hasil hitungan dan simulasi pada tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan nilai arus dan tegangan. Hal ini bisa disebabkan oleh toleransi komponen, ketidaksempurnaan alat simulasi, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi akurasi simulasi.
- Perbandingan antara hasil eksperimen *real* dan hitungan/simulasi menunjukkan adanya perbedaan nilai arus dan tegangan pada tabel 3 Perbedaan ini dapat disebabkan oleh ketidaksempurnaan komponen, ketidakakuratan pengukuran, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi kinerja rangkaian dalam kondisi nyata.

Berdasarkan tabel data % error di atas, dapat dilihat bahwa untuk tabel 6 dan tabel 7 memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan tabel 8 dan tabel 9, karena memiliki persentase error yang lebih rendah. Namun, untuk tabel 8 dan tabel 9 memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan tabel 6 dan tabel 7, meskipun persentase errornya lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi tidak hanya dapat ditentukan berdasarkan persentase error semata, tetapi juga mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti keakuratan hasil eksperimen dan simulasi yang digunakan. Dengan menggunakan metode perhitungan tingkat akurasi seperti yang tercantum di atas, dapat diketahui bahwa Proto Circuit Android App merupakan alat yang cukup akurat. Dalam rangkaian Mesh 3 Loop, terdapat perbedaan antara hasil perhitungan, simulasi, dan eksperimen real pada tabel 4 dan tabel 5 Untuk memahami perbedaan ini, dapat dikaitkan dengan teori-teori yang relevan, seperti hukum Kirchhoff dan hukum Ohm, serta penelitian yang telah dilakukan sebelumnya[14].

D. Penelitian Relevan

Studi sebelumnya tentang rangkaian Mesh 3 Loop, perbedaan nilai ukur, atau faktor-faktor yang mempengaruhi performa rangkaian dapat memberikan wawasan tambahan. Misalnya, penelitian yang mengkaji pengaruh temperatur terhadap resistansi komponen atau pengaruh frekuensi pada kinerja multimeter dalam rangkaian Mesh 3 Loop dapat menjelaskan perbedaan hasil yang ditemukan. Analisis perbedaan antara hasil hitungan, simulasi, dan eksperimen real dapat menjadi dasar untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap perbedaan tersebut. Hal ini dapat memberikan pemahaman lebih lanjut tentang faktor-faktor yang mempengaruhi performa rangkaian dan relevansinya terhadap aplikasi praktis [15].

IV. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan, simulasi, dan eksperimen real pada rangkaian Mesh 3 Loop, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perbandingan antara hasil hitungan dan simulasi menunjukkan adanya perbedaan nilai arus dan tegangan. Hal ini bisa disebabkan oleh toleransi komponen, ketidaksempurnaan alat simulasi, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi akurasi simulasi.
2. Perbandingan antara hasil eksperimen real dan hitungan/simulasi menunjukkan adanya perbedaan nilai arus dan tegangan. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh ketidaksempurnaan komponen, ketidakakuratan pengukuran, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi kinerja rangkaian dalam kondisi nyata. Melakukan perbandingan antara nilai ukur pada rangkaian Mesh 3 Loop menggunakan application simulasi Proto Circuit Android App dan eksperimen fisik.
3. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kekosongan penelitian yang belum membandingkan hasil simulasi dengan Proto Circuit Android App dan eksperimen fisik pada rangkaian Mesh 3 Loop.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan Proto Circuit Android App sebagai perangkat lunak simulasi rangkaian elektronik yang populer dan fleksibel. Proto Circuit Android App memberikan akurasi yang tinggi dalam melakukan simulasi rangkaian elektronik dan juga menyediakan berbagai fungsi untuk analisis kinerja, desain dan modifikasi rangkaian, serta pemodelan komponen elektronik. Penelitian ini berhasil mengungkap perbedaan nilai ukur pada rangkaian Mesh 3 Loop antara simulasi dengan Proto Circuit Android App dan eksperimen fisik. Penggunaan Proto Circuit Android App sebagai alat simulasi memberikan fleksibilitas dan akurasi tinggi dalam analisis rangkaian elektronik, namun masih diperlukan eksperimen fisik untuk memvalidasi hasil simulasi. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan dan pemahaman tentang penggunaan Proto Circuit Android App dalam menganalisis rangkaian elektronik sebelum implementasi fisiknya.

V. Daftar Pustaka

- [1] M. D. L. Rumlus, T. Widjajanti, and R. Hilum, "Penerapan Hukum Kirchoff pada Rangkaian Ekvivalen untuk Memperoleh Persamaan Telegraph," *Jurnal Natural*, vol. 16, no. 2, pp. 110, Dec. 2020.
- [2] A. Kuruba, "Methods to implement & qualify the circuit changes on Proto-PCB to reduce the ESD test cycle time," International Conference on ElectroMagnetic Interference & Compatibility (INCEMIC), Bengaluru, India, 2016, pp. 1-3, doi: 10.1109/INCEMIC.2016.7921498.
- [3] S. Sudirham and S. Sudaryatno, "Analisis Rangkaian Listrik Jilid-1 (Rangkaian Arus Searah dan Arus Bolak-Balik)," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Electrical Circuits and Systems*, Darpublic, Kanayakan, Bandung, 40135, 2023, pp. D-30.
- [4] Y. Huang. K, Chi Tse. "Circuit theoretic classification of parallel connected DC–DC converters". *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 2007, vol. 54(5), pp 1099-1108.
- [5] S. Saputra, "Analisis Mesh dan Node Voltage pada Rangkaian," *Sains dan Teknologi, Teknik Elektro*, 2023.
- [6] Wang, Yongliang, Zhang, Guofeng, Zhang, Shulin, Wang, Yong, & Xie, X. (2020). "Analysis and Simulation of Multi-Loop SQUID-Based Electric Circuits with Mesh Current Method". *Journal IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 30(8), pp. 1-9, doi: 10.1109/TASC.2020.3024008
- [7] N. M. Seniari, B. W. Dharma, W. Ginarsa, I. M. Supriyatna. "Pengenalan Rangkaian Listrik Sederhana Di SDN 26 Ampenan Mataram". *Jurnal Karya Pengabdian*, Vol. 4(1), pp. 1-6, 2022, doi: 10.29303/jkp.v4i1.106
- [8] B. N. Adha, "Rangkaian Listrik Teorema Mesh," *Rangkaian Listrik*, 2023.
- [9] K. P. T, Yudiana. "Pengembangan Media Pembelajaran Trainer Hukum Ohm Dan Hukum Kirchoff Pada Mata Pelajaran Dasar Listrik Dan Elektronika di Smk Negeri 3 Singaraja". 2021 (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Ganesha).
- [10] R. M. Yasi and C. F. Hadi, "Pengaruh Tegangan Terhadap Besar Kuat Arus Listrik Pada Persamaan Hukum Ohm," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1331.
- [11] E. M. Sobich, "Aplikasi Hukum Kirchhoff-1 untuk Perhitungan Perubahan Tegangan Simpul

Rangkaian Resistif," Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi dan Metrologi – LIPI, Kompleks PUSPIPTEK- Serpong, Tangerang, 2023.

- [12] M. P. Bungsu, "Rangkaian Listrik Analisa Mesh," Laporan Resmi Eksperimen, 2023.
- [13] M. Ishaq, "Hand Out Fisika Dasar/Listrik-Magnet/ Elektrodinamik 1," Fisika Dasar Semester II 2002/2003, 2002.
- [14] G. A. M. Ulandari, "Rangkaian DC Menggunakan Teorema Mesh," *Jurnal Repoteknologi*, vol. 2(3), pp. 1-13, 2022.
- [15] W. Wahyudi, "Analisis Hasil Belajar Mahasiswa pada Pokok Bahasan Hukum Ohm dan Kirchoff dalam Matakuliah Elektronika Dasar I," *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 248, Apr. 2015.