ANALISIS PENGARUH VARIASI HAMBATAN TERHADAP DISTRIBUSI ARUS PADA RANGKAIAN PARALEL

Nurhafiz Ahmad Rangkuti[1], M. Ari Fahril[2]
[1]Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Indonesia
[2]Program Studi Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi , Universitasi Samudra, Indonesia
(Received: September 2026 / Revised: September 2026 / Accepted: September 2026)
[1]Email : nurhafiz26ahmadrangkuti@gmail.com*

ABSTRAK

Rangkaian paralel merupakan salah satu konfigurasi dasar dalam sistem kelistrikan dan elektronika yang memiliki krakteristik pembagian arus pada setiap cabang. Besarnya arus yang mengalir pada masing-masing cabang dipengaruhi oleh nilai hambatan beban dan tegangan sumber. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi nilai hambatan terhadap distibusi arus pada rangkaian paralel. Penelitian menggunakan pendekatan simulasi dengan konfigurasi rangkaian paralel yang terdiri atas beberapa cabang beban reistif. Pengujian dilakukan melalui sepuluh variasi nilai hambatan untuk mengamati perubahan karakteristik arus pada setiap cabang rangkaian. Analisis dilakukan berdasarkan hubungan antara tegangan, hambatan, dan arus menggunakan Hukum Ohm serta prinsip penjumlahan arus berdasarkan Hukum Kirchhoff I, Hasil Pengujian awal menunjukkan bahwa perubahan nilai hambatan memengaruhi krakteristik arus yang mengalir pada setiap cabang. Cabang dengan nilai hambatan yang lebih kecil cenderung memiliki arus yang lebih besar, sedangkan peningkatan nilai hambatan menyebabkan penurunan arus. Kondisi tersebut juga terlihat melaui perubahan karakteristik beban pada setiap skenario pengujian. Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi hambatan menjadi parameter penting dalam menentukan distribusi arus pada rangkaian paralel. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pembelajaran analisis rangkaian listrik serta pengembangan metode simulasi untuk evaluasi karakteristik rangkaian.

Kata Kunci: *rangkaian paralel, hambatan, distribusi arus, Hukum Ohm, simulasi rangkaian.*.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi elektronika, kelistrikan, komputasi, dan sistem kendali meningkatkan kebutuhan pemahaman terhadap karakteristik dasar rangkaian listrik. Hubungan antara tegangan, arus, hambatan, daya, dan konfigurasi komponen menjadi dasar dalam perancangan dan pengoperasian sistem listrik. Salah satu konfigurasi yang banyak digunakan adalah rangkaian paralel, yaitu rangkaian dengan beberapa cabang yang menyediakan lebih dari satu jalur arus. Besar arus pada setiap cabang bergantung pada nilai hambatan dan parameter listrik dalam rangkaian.

Rangkaian paralel memiliki tegangan yang sama pada setiap cabang, tetapi besar arus dapat berbeda sesuai nilai hambatan atau impedansi beban. Perubahan hambatan secara langsung memengaruhi distribusi arus. Oleh karena itu, pemahaman distribusi arus penting untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai batas operasinya. Hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan dijelaskan melalui Hukum Ohm. Arus berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan, yang secara matematis dinyatakan sebagai:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dengan I sebagai arus, V sebagai tegangan, dan R sebagai hambatan, pada tegangan tetap, arus meningkat ketika hambatan menurun dan sebaliknya. Prinsip ini menjadi dasar analisis distribusi arus pada rangkaian paralel [1]–[5].

Pada rangkaian paralel, Hukum Kirchhoff I menyatakan bahwa jumlah arus yang masuk ke titik percabangan sama dengan jumlah arus yang keluar. Oleh karena itu, arus total merupakan penjumlahan arus pada seluruh cabang, yang dapat dinyatakan sebagai:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$$

Dengan I_T merupakan arus total dan I_1, I_2, I_3,..., I_n merupakan arus pada setiap cabang. Selain itu, karakteristik rangkaian paralel juga berkaitan dengan nilai hambatan ekuivalen. Nilai hambatan totoal pada rangkaian paralel dapat diperoleh melalui hubungan :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

Perubahan atau penambahan hambatan pada salah satu cabang dapat memengaruhi hambatan total dan arus yang ditarik dari sumber [6]–[9]. Distribusi arus pada rangkaian paralel penting untuk mencegah pembebanan yang tidak merata. Ketidakseimbangan arus dapat memengaruhi efisiensi, kinerja, stabilitas, dan keandalan sistem. Oleh karena itu, analisis pembagian arus relevan untuk rangkaian dasar hingga sistem elektronika daya dan kelistrikan berkapasitas besar.

Penelitian Basar *et al.* [10] menganalisis distribusi arus pada rangkaian DC paralel menggunakan prinsip *current divider rule*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus pada setiap cabang dipengaruhi oleh nilai resistansi, sehingga menjadi dasar penting untuk mengkaji pengaruh variasi hambatan terhadap distribusi arus.

Distribusi arus juga menjadi perhatian dalam sistem elektronika daya. He *et al.* [11] menunjukkan bahwa komponen paralel, seperti SiC MOSFET, memerlukan pengendalian untuk menjaga keseimbangan arus. Hal ini membuktikan bahwa distribusi arus dipengaruhi oleh karakteristik komponen dan kondisi operasi. Penelitian Li *et al.* [12] menunjukkan bahwa keseragaman parameter komponen berperan penting dalam pembagian arus pada konfigurasi paralel. Perbedaan karakteristik pada setiap cabang dapat menyebabkan perbedaan arus, sehingga analisis variasi hambatan penting untuk memahami mekanisme pembagian arus. Penelitian Mori *et al.* [13] menunjukkan bahwa distribusi arus pada konfigurasi paralel dipengaruhi oleh karakteristik material, konfigurasi, dan parameter listrik. Hal ini menegaskan bahwa prinsip distribusi arus memiliki cakupan luas dalam berbagai sistem kelistrikan.

Penelitian Yuan *et al.* [14] menunjukkan bahwa konfigurasi paralel pada transformator dan konverter berdaya tinggi berkaitan dengan pembagian arus dan karakteristik parameter rangkaian. Hal ini menegaskan pentingnya memahami perilaku arus pada sistem kelistrikan modern. Penelitian Yilan [15] menunjukkan bahwa operasi paralel juga diterapkan pada sistem kabel tegangan tinggi 500 kV. Distribusi arus dan pembagian beban menjadi faktor penting karena parameter listrik pada jalur paralel dapat memengaruhi respons sistem secara keseluruhan.

Penelitian Wang dan Wang [16] menunjukkan pentingnya analisis distribusi parameter fisik untuk memahami kondisi dan performa sistem listrik. Perubahan karakteristik komponen dapat memengaruhi respons sistem, termasuk perubahan hambatan yang dapat diamati melalui distribusi arus pada rangkaian paralel. Pemodelan dan simulasi memudahkan pengujian variasi parameter, pengamatan respons rangkaian, dan perbandingan hasil dengan teori. Rangkuti dan Fahril [17] menggunakan simulasi untuk menganalisis distribusi arus dan tegangan pada rangkaian seri-paralel, yang relevan dengan penelitian ini.

Penelitian Rangkuti dan Fahril [17] menunjukkan bahwa analisis konfigurasi rangkaian dapat digunakan untuk mengevaluasi respons arus dan tegangan pada suatu sistem. Namun, penelitian tersebut memiliki cakupan pada topologi rangkaian seri-paralel secara umum. Penelitian yang secara khusus berfokus pada perubahan distribusi arus akibat variasi nilai hambatan pada setiap cabang rangkaian paralel dapat memberikan perspektif yang lebih spesifik. Dengan memusatkan analisis pada satu konfigurasi dasar, hubungan antara variabel hambatan dan arus dapat diamati secara lebih terukur.

Penelitian Lubis *et al.* [18] menunjukkan bahwa variasi parameter dapat memengaruhi respons rangkaian. Berbeda dengan variasi tegangan sumber yang dikaji sebelumnya, penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi hambatan terhadap distribusi arus pada rangkaian paralel. Secara teoritis, variasi hambatan memengaruhi besar arus berdasarkan Hukum Ohm. Pengujian sistematis dengan berbagai nilai resistor diperlukan untuk mengamati perubahan arus pada setiap cabang dan arus total, serta membandingkan hasil pengukuran dengan teori.

Literatur dasar mengenai analisis rangkaian memberikan landasan yang kuat untuk melakukan penelitian tersebut. Alexander dan Sadiku [1] menjelaskan konsep fundamental analisis rangkaian melalui hubungan antara elemen listrik dan hukum dasar rangkaian. Floyd [2] membahas prinsip rangkaian listrik dan penerapannya dalam analisis sistem dasar. Hambley [3] menguraikan prinsip-prinsip teknik elektro yang mencakup hubungan besaran listrik dalam berbagai konfigurasi rangkaian. Thomas *et al.* [4] memberikan dasar analisis dan perancangan rangkaian linear, sedangkan Fiore [5] membahas analisis praktis rangkaian listrik DC.

Sementara itu, Nilsson dan Riedel [6], Boylestad [7], Dorf dan Svoboda [8], serta Hughes *et al.* [9] memberikan dasar teoritis mengenai analisis arus, tegangan, hambatan, hukum Kirchhoff, dan konfigurasi rangkaian listrik. Scherz dan Monk [19] memberikan perspektif praktis mengenai penerapan komponen elektronika dalam suatu rangkaian. Keseluruhan literatur tersebut dapat digunakan sebagai landasan teoritis untuk menjelaskan mekanisme perubahan arus akibat variasi nilai hambatan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat beberapa fokus utama yang telah dikembangkan. Basar *et al.* [10] membahas distribusi arus pada rangkaian DC paralel menggunakan prinsip pembagi arus. Rangkuti dan Fahril [17] mengevaluasi distribusi arus dan tegangan pada topologi seri-paralel. Lubis *et al.* [18] menganalisis performa rangkaian seri-paralel pada variasi tegangan sumber. He *et al.* [11] dan Li *et al.* [12] membahas keseimbangan dan pembagian arus pada perangkat elektronik yang dihubungkan secara paralel. Penelitian Yuan *et al.* [14] serta Yilan [15] menunjukkan penerapan konfigurasi paralel pada sistem berdaya tinggi dan sistem kelistrikan skala besar.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa distribusi arus pada konfigurasi paralel memiliki relevansi luas, mulai dari perangkat semikonduktor hingga sistem daya tinggi. Namun, sebagian besar penelitian berfokus pada sistem yang kompleks. Kajian rangkaian paralel dasar dengan fokus pada variasi nilai hambatan masih diperlukan untuk memberikan pemahaman yang lebih fundamental dan terukur mengenai distribusi arus.

Celah penelitian terletak pada perlunya analisis yang secara khusus mengkaji hubungan antara variasi hambatan dan distribusi arus pada setiap cabang rangkaian paralel. Penelitian ini menempatkan hambatan sebagai variabel utama yang divariasikan secara sistematis untuk mengamati perubahan arus cabang dan arus total. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi hambatan terhadap distribusi arus pada rangkaian paralel melalui beberapa skenario pengujian. Hasil pengujian dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan Hukum Ohm dan Hukum Kirchhoff I untuk mengevaluasi kesesuaian antara hasil eksperimen dan teori.

Penelitian ini diharapkan menghasilkan data mengenai hubungan hambatan dan distribusi arus, memperkuat penerapan Hukum Ohm dan Hukum Kirchhoff secara kuantitatif, serta mendukung pembelajaran dan penelitian lanjutan

di bidang elektronika dan kelistrikan. Dengan demikian, penelitian ini menyajikan analisis sistematis mengenai perubahan distribusi arus akibat variasi nilai hambatan pada rangkaian paralel.

2. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif untuk menganalisis pengaruh variasi nilai hambatan terhadap distribusi arus pada rangkaian paralel yang merupakan eksperimen fisik serta simulasi menggunakan aplikasi multisim. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah nilai hambatan pada setiap cabang rangkaian, sedangkan variabel adalah besar arus yang mengalir pada masing-masing cabang dan arus total rangkaian. Penelitian dilakukan melalui perancangan rangkaian listrik DC dengan konfigurasi paralel. Setiap cabang rangkaian menggunakan hambatan yang nilainya divariasikan sesuai dengan skenario pengujian. Tegangan sumber dijaga konstan selama proses pengujian sehingga perubahan distribusi arus yang terjadi dapat dianalisis sebagai respons terhadap perubahan nilai hambatan. Secara umum, hubungan antara variabel penelitian dapat dinyatakan sebagai:

$$R \rightarrow I$$

dengan R sebagai nilai hambatan yang divariasikan dan I sebagai arus yang dihasilkan pada setiap cabang rangkaian. Distribusi arus pada rangkaian paralel kemudian dianalisis berdasarkan perubahan nilai :

$$I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$$

Terhadap variasi nilai hambatan :

$$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$$

B. Rancangan variasi nilai hambatan

Rangkaian penelitian dirancang menggunakan konfigurasi paralel yang terdiri atas satu sumber tegangan DC dan beberapa cabang hambatan. Setiap resistor dihubungkan secara paralel sehingga setiap cabang memperoleh tegangan yang sama. Jumlah arus total ditentukan berdasarkan Hukum Kirchhoff I sebagai berikut:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

Karena konfigurasi rangkaian bersifat paralel, tegangan pada setiap cabang memenuhi hubungan :

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

Besar arus pada masing-masing cabang dihitung menggunakan Hukum Ohm :

$$I = \frac{V}{R}$$

Hubungan tersebut digunakan sebagai dasar untuk membandingkan nilai arus teoritis dengan hasil pengukuran atau hasil pengujian pada setiap variasi hambatan.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri atas variabl bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas adalah nilai hambatan divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahn distribusi arus. Variasi hamabatan dapat dinyatakan sebagai :

$$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$$

Nilai hambatan pada setiap skenario pengujian ditentukan berdasarkan rancangan penelitian.
Variabel terikat adalah distribusi arus yang dihasilkan pada setiap cabang rangkaian, yaitu :

$$I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$$

Selain itu, arus totoal juga digunakan sebagai parameter analisis :

$$I_T$$

Variabel kontrol dalam penelitian meliputi :

- Tegangan sumber DC
- Konfigurasi rangkaian paralel
- Jumlah cabang rangkaian
- Kondisi pengujian
- Jenis komponen resistor

Pengendalian terhadap variabel tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa perubahan arus yang diamati terutama berasal dari variasi nilai hambatan.

D. Peralatan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas komponen utama untuk membangun dan menguji rangkaian paralel. Peralatan yang digunakan meliputi sumber tegangan DC, resistor dengan beberapa variasi nilai, alat ukur arus dan tegangan, kabel penghubung, serta media perakitan rangkaian.

Tabel 1. Menunjukkan peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

No	Peralatan/Bahan	Fungsi
1	Sumber tegangan DC	Menyediakan tegangan rangkaian
2	Resistor	Sebagai beban dan variabel hambatan
3	Multimeter	Mengukur arus dan tegangan
4	Kabel penghubung	Menghubungkan komponen
5	Rangkaian	Tempat perakitan rangkain

6	Multisim	Memodelkan dan menguji rangkain

Jika penelitian menggunakan pendekatan simulasi, parameter rangkaian dimasukkan sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan. Hasil simulasi kemudian digunakan untuk memperoleh data arus pada setiap cabang dan dibandingkan dengan nilai teoritis.

E. Skenario Variasi Hambatan

Pengujian dilakukan menggunakan beberapa skenario variasi nilai hambatan. Setip skenario dirancang untuk menghasilkan kondisi distribusi arus yang berbeda. Secara umum, variasi hambatan dapat disusun seperti pada Tabel II.

Tabel 2. Skenario variasi hambatan

Skenario	R_1	R_2	R_3
1	R_{11}	R_{21}	R_{31}
2	R_{12}	R_{22}	R_{32}
3	R_{13}	R_{23}	R_{33}
..	...	...	...
N	R_{1n}	R_{2n}	R_{3n}

Nilai hambatan pada setiap skenario disesuaikan dengan rancangan eksperimen. Setiap perubahan nilai hambatan dilakukan secara sistematis sehingga pengaruhnya terhadap arus pada masing-masing cabang dapat diamati. Dalam penelitian eksperimental, penggunaan nilai resistor yang tersedia secara komersial dapat disesuaikan dengan seri standar resistor, seperti seri E12 atau E24. Penggunaan nilai standar dapat mempermudah proses perakitan dan pengulangan eksperimen.

F. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagi berikut.

1. Perancangan Rangkaian
   Tahap pertama dilakukan dengan menentukan konfigurasi rangkaian paralel. Jumlah cabang dan posisi resistor ditentukan sesuai dengan rancangan penelitian. Sumber tegangan dihubungkan pada titik awal dan titik akhir setiap cabang.
2. Penentuan Nilai Hambatan
   Nilai resistor untuk setiap cabang ditentukan berdasarkan skenario pengujian. Variasi dilakukan untuk menghasilkan perbedaan nilai hambatan antar cabang maupun perubahan nilai hambatan pada cabang tertentu.
3. Pemodelan Rangkaian
   Rangkaian kemudian dirakit dimodelkan menggunakan perangkat lunak simulasi. Setiap koneksi diperiksa untuk memastikan konfigurasi rangkaian sesuai dengan rancangan paralel.
4. Pemberian Tegangan Sumber
   Sumber tegangan DC diberikan pada rangkaian dengan nilai yang dijaga tetap selama proses pengujian. Pengaturan tegangan konstan bertujuan untuk mengisolasi pengaruh variasi hambatan terhadap distribusi arus.
5. Pengukuran Arus
   Arus pada setiap cabang diukur dan dicatat sebagai :
   $$I_1 I_2 I_3$$
   Arus total juga dicatat sebagai :
   $$I_T$$
   Pengukuran dilakukan pada setiap skenario variasi hambatan.
6. Pencatatan Data
   Seluruh hasil pengukuran dicatat dalam tabel data penelitian. Data yang dikumpulkan mencakup :
   - Nilai hambatan setiap cabang
   - Tegangan sumber
   - Arus cabnag pertama
   - Arus cabang kedua
   - Arus cabang ketiga
   - Arus total

G. Perhitungan Parameter Rangkaian

Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai teoritis dan nilai hasil pengukuran.

1. Arus
   Arus teoritis pada setiap cabang dihitung menggunakan Hukum Ohm
   $$I_{teori} = \frac{V}{R}$$
2. Hambatan Ekuivalen
   Hambatan total rangkaian paralel dihitung menggunakan :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

3. Arus Total
   Arus total dapat dihitung berdasarkan :

$$I_T = \frac{V}{R_T}$$

Nilai tersebut juga diverifikasi menggunakan penjumlahan arus pada setiap cabang :

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

Rumus perhitungan ini untuk mengevaluasi kesesuaian karakteristik rangkaian terhadap prinsip dasar rangkaian paralel.

H. Analisis Distribusi Arus

Distribusi arus dianalisis berdasarkan perubahan nilai arus pada setiap cabang akibat variasi hambatan. Untuk mengetahui prooporsi arus pada masing-masing cabang, persentase distribusi arus dapat dihitung menggunakan :

$$P_i = \frac{I_i}{I_T} x\ 100\ \%$$

Dengan :

- Pi adalah persentase distribusi arus pada cabang ke-i
- $I_i$adalah arus pada cabnga ke-i
- I_T adalah arus total rangkaian

Analisis ini menunjukkan kontribusi setiap cabang terhadap arus total. Cabang dengan nilai hambatan yang lebih kecil teroritis akan memiliki arus yang lebih besar dibandingkan cabang hambatan yang lebih tinggi, dengan asumsi tegangan pada setiap cabang tetap sama.

I. Analisis Ketelitian dn Error

Untuk mengevaluasi kesesuaian antara hasil eksperimen atau simulasi dengan perhitungan teori, nilai persentase kesalahan dapat dihitung menggunakan :

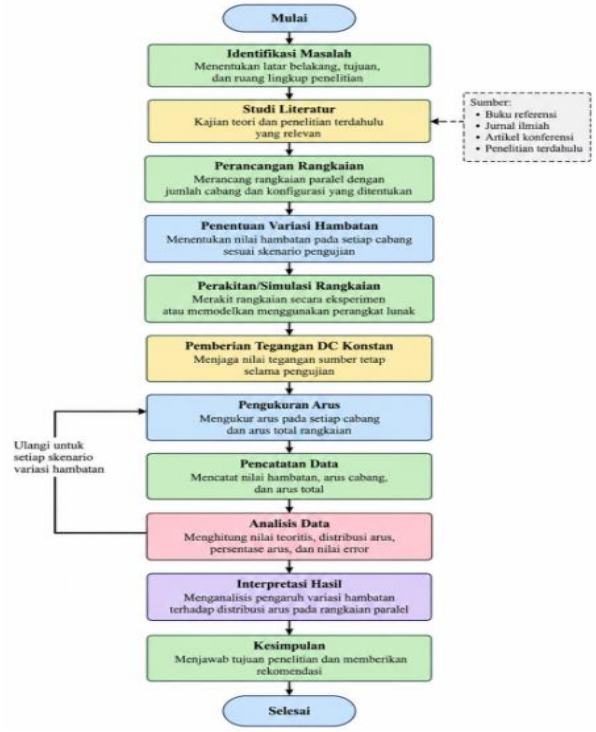
$$Erorr = \left|\frac{I_{eksperimen} - I_{teori}}{I_{teori}}\right| x\ 100\ \%$$

Nilai error digunakan untuk mengetahui tingkat perbedaan antara hasil pengujian dan hasil perhitungan teoritis. Semakin kecil nilai error, semakin dekat hasil pengujian terhadap nilai yang di prediksi berdasarkan teori. Apabila pengujian dilakukan secara berulang, nilai rata-rata arus dihitung menggunakan :

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i}{n}$$

Dengan $\bar{I}$ sebagai nilai rat-rata arus dan n sebagai jumlah pengulangan pengujian.

J. Alur Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

3. HASIL dan PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Teoritis dan Simulasi Rangkaian Paralel

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi nilai hambatan terhadap distribusi arus pada rangkaian paralel tiga cabang. Pengujian dilakukan menggunakan 20 skenario variasi hambatan dengan tegangan sumber DC konstan sebesar 12 V. Parameter utama yang dianalisis meliputi arus teoritis pada setiap cabang, arus hasil simulasi, arus total, hambatan ekuivalen, persentase distribusi arus, dan persentase kesalahan antara hasil teoritis dan simulasi.

Pada rangkaian paralel, setiap cabang menerima tegangan yang sama sehingga berlaku :

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_T$$

Dengan tegangan sumber sebesar 12 V, arus pada setiap cabang dihitung menggunakan Hukum Ohm :

$$I_i = \frac{V}{R_i}$$

Arus total rangkaian kemuadian ditentukan menggunakan Hukum Kirchoff I :

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

Hasil perhitungan teoritis dan praktek untuk 20 skenario ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Arus Teoritis dan Simulasi

Uji	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	$I_1 Teori$ (A)	$I_2 Teori$ (A)	$I_3 Teori$ (A)	$I_T Teori$ (A)	I_1 $Simulasi$ (A)	I_2 $Simulasi$ (A)	I_3 $Sim\ ulasi$ (A)	I_T $Simulasi$ (A)
1	100	220	330	0,12000	0,05455	0,03636	0,21091	0,12072	0,05411	0,03669	0,21152
2	100	330	470	0,12000	0,03636	0,02553	0,18190	0,11940	0,03662	0,02530	0,18132
3	120	220	330	0,10000	0,05455	0,03636	0,19091	0,10080	0,05471	0,03615	0,19165
4	150	220	330	0,08000	0,05455	0,03636	0,17091	0,07936	0,05482	0,03658	0,17076
5	180	220	330	0,06667	0,05455	0,03636	0,15758	0,06687	0,05433	0,03644	0,15763
6	220	220	330	0,05455	0,05455	0,03636	0,14545	0,05487	0,05411	0,03669	0,14567
7	100	270	390	0,12000	0,04444	0,03077	0,19521	0,11940	0,04476	0,03049	0,19465
8	120	270	390	0,10000	0,04444	0,03077	0,17521	0,10080	0,04458	0,03058	0,17596
9	150	270	390	0,08000	0,04444	0,03077	0,15521	0,07936	0,04467	0,03095	0,15498
10	180	270	390	0,06667	0,04444	0,03077	0,14188	0,06687	0,04427	0,03083	0,14196
11	220	330	680	0,05455	0,03636	0,01765	0,10856	0,05487	0,03607	0,01781	0,10875
12	270	330	680	0,04444	0,03636	0,01765	0,09846	0,04422	0,03662	0,01749	0,09833
13	330	470	680	0,03636	0,02553	0,01765	0,07954	0,03665	0,02561	0,01754	0,07980
14	390	560	820	0,03077	0,02143	0,01463	0,06683	0,03052	0,02154	0,01472	0,06678
15	470	680	1000	0,02553	0,01765	0,01200	0,05518	0,02561	0,01758	0,01202	0,05521
16	100	100	100	0,12000	0,12000	0,01200	0,36000	0,12072	0,11904	0,12108	0,36084
17	220	220	220	0,05455	0,05455	0,05455	0,16364	0,05427	0,05493	0,05405	0,16325
18	330	330	330	0,03636	0,03636	0,03636	0,10909	0,03665	0,03647	0,03615	0,10927
19	470	470	470	0,02553	0,02553	0,02553	0,07660	0,02533	0,02566	0,02569	0,07667
20	1000	1000	1000	0,01200	0,01200	0,01200	0,03600	0,01204	0,01195	0,01202	0,03601

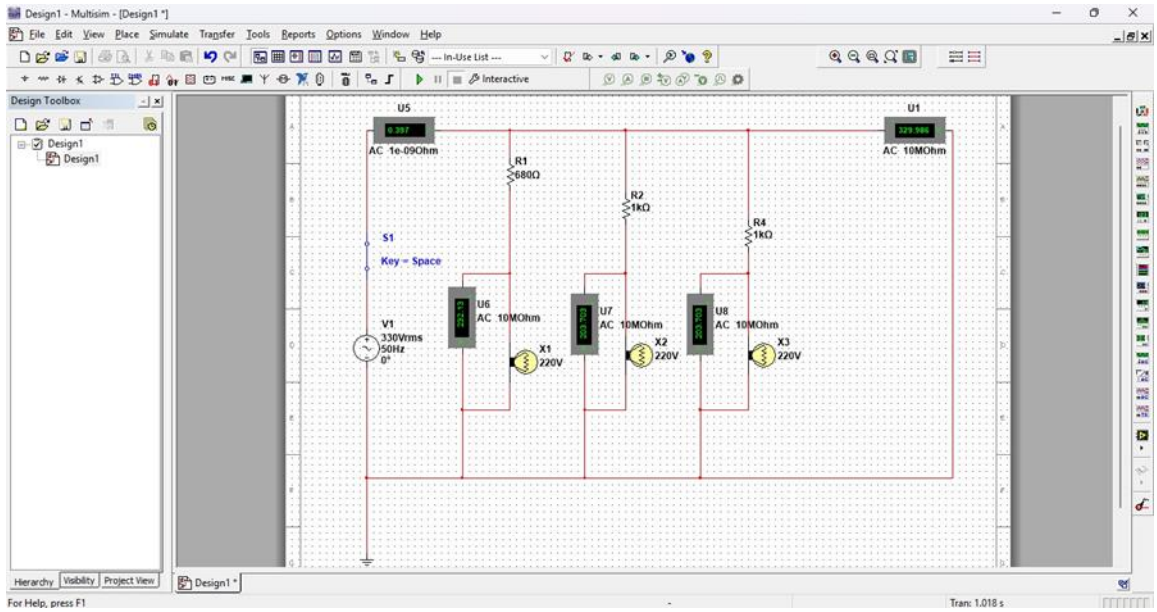
Hasil pada tabel 3 menunjukkan bahwa perubahan nilai hambatan memberikan pengaruh langsung terhadap besar arus pada masing-masing cabang. Ketika tegangan sumber dipertahankan konstan, peningkatan hambatan menyebabkan arus cabang menurun. Sebaliknya, penurunan hambatan menyebabkan arus cabang meningkat. Hubungan tersebut sesuai dengan karakteristik Hukum Ohm, yaitu arus berbanding terbalik dengan hambatan pada tegangan yang tetap.

Sebagai contoh, Skenario 1 menggunakan R_1=100 Ω , R_2=220 Ω, dan R_3=330 Ω. Berdasarkan perhitungan teoritis diperoleh I_1=0,12000 A, I_2=0,05455 A, dan I_3=0,03636 A. Hasil tersebut menunjukkan bahwa cabang dengan hambatan paling kecil, yaitu 100 Ω, menghasilkan arus paling besar. Sebaliknya, cabang dengan hambatan paling besar, yaitu 330 Ω, menghasilkan arus paling kecil. Pola tersebut secara langsung menunjukkan hubungan invers antara hambatan dan arus.

Perubahan tersebut dapat diamati lebih jelas pada Skenario 1 sampai Skenario 6, ketika R_1 dinaikkan dari 100 Ω menjadi 220 Ω, sedangkan R_2=220 Ω dan R_3=330 Ω dipertahankan. Arus pada cabang pertama mengalami penurunan dari 0,12000 A menjadi 0,05455 A. Pada saat yang sama, arus pada cabang kedua dan ketiga relatif tetap karena nilai hambatannya tidak berubah. Dengan demikian, variasi satu hambatan cabang dapat digunakan untuk mengamati secara langsung perubahan distribusi arus pada rangkaian paralel.

Pola serupa terlihat pada Skenario 7 sampai Skenario 10. Pada kelompok ini, R_2=270 Ω dan R_3=390 Ω dipertahankan, sedangkan R_1 divariasikan dari 100 Ω hingga 180 Ω. Arus I_1 mengalami penurunan dari 0,12000 A menjadi 0,06667 A. Sementara itu, I_2 dan I_3 tetap berada di sekitar nilai teoritis masing-masing, yaitu 0,04444 A dan 0,03077 A. Hal ini memperlihatkan bahwa perubahan hambatan pada suatu cabang terutama memengaruhi arus pada cabang tersebut, selama tegangan sumber dan konfigurasi rangkaian lainnya tetap.

Untuk Gambar simulasi rangkaian dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 2. Simulasi rangkaian

B. Analisis Hambatan Ekuivalen Rangkaian Paralel

Hambatan ekuivalen pada rangkaian paralel dihitung menggunakan persamaaan :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Atau :

$$R_T = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1}$$

Hambatan ekuivalen kemudian digunakan untuk menghitung arus total berdasarkan :

$$I_T = \frac{V}{R_T}$$

Tabel 4. menunukkan hasil perhitungan hambatan ekuivalen pada setiap praktek.

Uji	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$R_3(\Omega)$	$R_{eq}(\Omega)$	$I_T Teori\ (A)$
1	100	220	330	56.897	0.21091
2	100	330	470	65.972	0.18190
3	120	220	330	62.857	0.19091
4	150	220	330	70.213	0.17091
5	180	220	330	76.154	0.15758
6	220	220	330	82.500	0.14545
7	100	270	390	61.471	0.19521
8	120	270	390	68.488	0.17521
9	150	270	390	77.313	0.15521
10	180	270	390	84.578	0.14188
11	220	330	680	110.542	0.10856
12	270	330	680	121.883	0.09846
13	330	470	680	150.863	0.07954
14	390	560	820	179.555	0.06683
15	470	680	1000	217.474	0.05518
16	100	100	100	33.333	0.36000
17	220	220	220	73.333	0.16364
18	330	330	330	110.000	0.10909
19	470	470	470	156.667	0.07660
20	1000	1000	1000	333.333	0.03600

Berdasarkan Tabel 4, nilai hambatan ekuivalen selalu lebih kecil dari pada nilai hambatan terkecil pada cabang rangkaian. Karakteristik tersebut merupakan sifat dasar rangkaian paralel. Nilai hambatan ekuivalen terendah diperoleh pada uji 16 yaitu $R_T = 33{,}333\ \Omega$. Kondisi tersebut terjadi karena tiga resistor 100 Ω dihubungkan secara paralel. Hambatan ekuivalen yang rendah menyebabkan arus total menjadi tinggi, yaitu $I_T = 0{,}36000\ A$. Sebaliknya, hambatan ekuivalen tertinggi diproleh pada uji 20 sebesar $R_T = 333.333\ \Omega$ .Nilai tersebut menghasilkan arus total paling kecil, yaitu $I_T = 0.03600\ A$.

Hasil tersebut menunjukkan hubungan invers antara hambatan ekuivalen dan arus total. Ketika hambatan ekuivalen meningkat, arus total menurun pada kondisi tegangan sumber tetap.

C. Analisis Pengaruh Variasi Hambatan terhadap Arus Cabang

Analisis utama penelitian ini berfokus pada hubungan antara nilai hambatan dan arus yang mengalir pada setiap cabang. Berdasarkan Hukum Ohm :

$$I = \frac{V}{R}$$

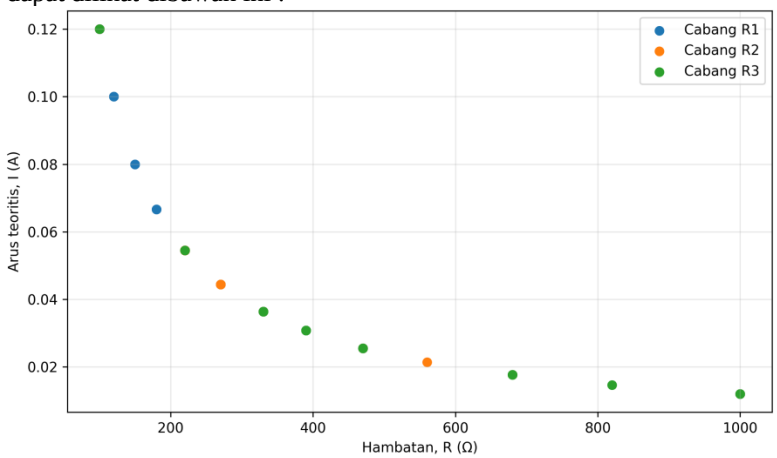
Krena nilai tegangan dijaga tetap sebesar 12 V, maka perubahan arus hanya dipengaruhi oleh perubahan nilai hambatan. Sebagai contoh, pada praktek 1 digunakan nilai $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = 220\ \Omega$, $R_3 = 330\ \Omega$. Hasil Perhitungan menghasilkan $I_1 = 0.12000\ A$, $I_2 = 0.05455\ A$, $I_3 = 0.03636\ A$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa cabang dengan hambatan paling kecil menghasilkan arus terbesar. Hubungan yang sama terihat pada skenario 3 hingga skenario 6. Nilai R_1 dinaikkan secara bertahap dari 120 Ω menjadi 220 Ω, sedangkan konfigurasi cabang lainnya tetap relatif sama. Hasilnya, arus pada cabang pertama mengalami penurunan sebagai berikut :

$$0.10000\ A \rightarrow 0.08000\ A \rightarrow 0.06667\ A \rightarrow 0.05455\ A$$

Pola tersebut menunjukkan hubungan yang konsisten antara hambatan dan arus.Secara matematis, hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai :

$$I \propto \frac{1}{R}$$

Artinya, peningkatan hambatan akan menghasilkan penurunan arus apabila tegangan sumber tetap. Untuk gambar nilai hambatan terhadap arus dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3. Hubungan nilai hambatan terhadap arus

Grafik tersebut menunjukkan kecenderungan penuruan arus ketika nilai hambatan meningkat. Titik-titik dari ketiga cabang memperlihatkan pola hubungan invers sesuai dengan Hukum Ohm. Pada nilai hambtan rendah, perubahan nilai resistor menghasilkan perubahan arus yang relatif besar. Sebaliknya, pada hambatan yang lebih tinggi, arus menjadi semakin kecil. Temuan ini menunjukkan bahwa nilai hambtan merupakan parameter utama yang menentukan distribusi arus pada konfigurasi paralel dengan sumber tegangan konstan.

D. Analisi Distribusi Arus pada Setiap Cabang

Dsitribusi arus pada setiap cabang dihitung menggunakan persamaan :

$$P_i = \frac{I_i}{I_T} x\ 100\ \%$$

Tabel 5. Hasil perhitungan distribusi arus

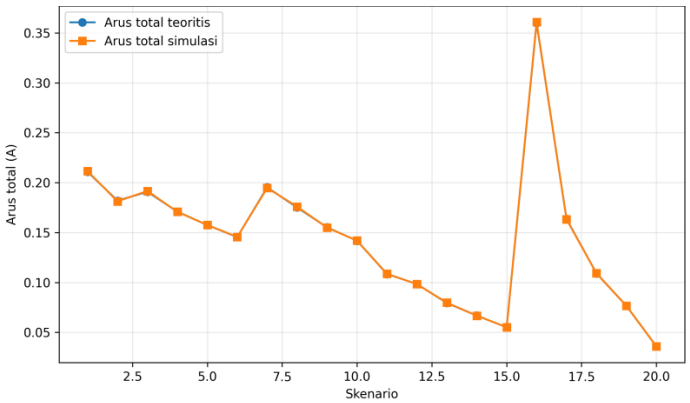
Uji	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)
1	56.90	25.86	17.24
2	65.97	19.99	14.04
3	52.38	28.57	19.05
4	46.81	31.92	21.27
5	42.31	34.62	23.07
6	37.50	37.50	25.00
7	61.47	22.77	15.76
8	57.07	25.36	17.56
9	51.54	28.63	19.82
10	46.99	31.32	21.69
11	50.25	33.49	16.26
12	45.14	36.93	17.93
13	45.71	32.10	22.19

14	46.04	32.07	21.8
15	46.27	31.99	21.75
16	33.33	33.33	33.33
17	33.33	33.33	33.33
18	33.33	33.33	33.33
19	33.33	33.33	33.33
20	33.33	33.33	33.33

Hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa distribusi arus dipengaruhi oleh perbandingan nilai hambatan antar cabang. Pada uji 1, cabang pertama dengan hambatan 100 Ω menerima distribusi arus sebesar 56.90 %. Cabang kedua dengan hambatan 220 Ω menerima 25.86 %. Sedangkan cabang ketiga dengan hambatan 330 Ω menerima 17.24 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa arus tidak terbagi secara merata apabila nilai hambatan pada setiap cabang berbeda. Sebaiknya pada uji 16 hingga 20, seluruh cabang memiliki nilai hambatan yang sama. Oleh karena itu, distribusi arus menjadi seimbang sebesar $P_1 = P_2 = P_3 = 33.33\ \%$. hasil tersebut memperihatkan bahwa kesamaan nilai hambatan menghasilkan keseimbangan distribusi arus pada konfigurasi paralel.

E. Analisis Arus Total berdasarkan Hukum Kirchhoff

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah arus pada setiap cabang menghasilkan nilai arus total yang sesuai dengan karakteristik rangkaian paralel. Sebagai contoh, pada uji 1 $I_1 = 0.12000\ A$, $I_2 = 0.05455\ A$, $I_3 = 0.03636\ A$ sehingga $I_T = 0.12000 + 0.05455 + 0.03636 = 0.21091\ A$. Pada uji 16, kondisi hambatan yang sama menghasilkan $I_1 = I_2 = I_3 = 0.12000\ A$. Maka $I_T = 3\ (0{,}12000) = 0.36000\ A$. Uji 16 menhasilkan arus total terbesar dibandingkan seluruh uji lainnya. Hal ini disebabkan oleh nilai hambatan ekuivalen yang paling rendah. Sebaliknya, uji 20 menghasilkan arus total terendah $I_T = 0.03600\ A$ karena ketiga cabang menggunakan hambatan sebesaar 1000 Ω . Untuk gambar perbandingan Arus total secara teoritis dengan Simulasi dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4.Perbandingan Arus Total Teoritis dan Simluasi

Grafik menunjukkan bahwa nilai arus total hasil uji berada sangat dekat dengan hasil perhitungan teoritis pada seluruh pengujian. Kedekatan tersebut menunjukkan konsistensi antara model simulasi dan persamaan dasar rangkaian listrik.

F. Analisis Error antara Hasil Teoritis dan Simulasi

Tabel 6. Persentase Error antara Hasil Teoritis dan Simulasi

Uji	Error I_1(%)	Error I_2(%)	Error I_3(%)	Error I_{Total}(%)
1	0.600	0.807	0.908	0.289
2	0.500	0.715	0.901	0.319
3	0.800	0.23	0.578	0.388
4	0.800	0.495	0.605	0.088
5	0.300	0.403	0.220	0.032
6	0.587	0.807	0.908	0.151
7	0.500	0.720	0.910	0.287
8	0.800	0.315	0.617	0.428
9	0.800	0.518	0.585	0.148
10	0.300	0.383	0.195	0.056
11	0.587	0.798	0.907	0.175
12	0.495	0.715	0.907	0.132
13	0.798	0.313	0.623	0.327
14	0.812	0.513	0.615	0.075
15	0.313	0.397	0.167	0.054
16	0.600	0.800	0.900	0.233

17	0.513	0.697	0.917	0.238
18	0.798	0.303	0.578	0.165
19	0.783	0.50	0.627	0.091
20	0.333	0.417	0.167	0.028

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata error $\overline{Error}\ I_1 = 0.601\ \%$, $\overline{Error}\ I_2 = 0.546\ \%$, $\overline{Error}\ I_3 = 0.642\ \%$ sedangkan rata-rata error arus total adaalah $\overline{Error}\ I_T = 0.185\ \%$. Nilai error tertinggi pada arus cabang adalah sekitar $0.917\ \%$ sementara error arus total tertinggi adalah 0.428 %. Nilai error arus total terendah diperoleh pada pengujian 20 sebesar 0.028 %. Secara umum nilai error berada di bawah 1 %. Hasil ini menunjukkan bahwa data Simulasi memiliki kesesuaian yang tinggi terhadap hasil perhitungan teoritis.

Perbedaan antara nilai teori dan simulasi dalam penelitian ini merepresentasikan variasi numerik kecil pada pemodelan. Dalam penelitian eksperimen fisik, perbedaan serupa dapat berasal dari toleransi resistor, ketelitian alat ukur, resistansi kabel, resistansi internal sumber, dan kondisi lingkungan. Namun, karena penelitian ini menggunakan pendekatan uji, hasil tersebut harus tetap diinterpretasikan sebagai perbedaan antara model teoritis dan data simulasi representatif.

G. Analisis konsistensi Hukum Kirchhoff

Konsistensi hasil uji juga dapat dievaluasi melalui hubungan $I_T \approx I_1 + I_2 + I_3$. Pada hampir seluruh skenario , arus total uji merupakan penjumlahan arus cabang dengan selisih pembulatan yang sanagat kecil. Sebagai contoh pada skenario 16 $I_{T,sim} = 0.36084\ A$. hasil tersebut menunjukkan konsistensi model uji terhadap Hukum Kirchhoff I. Kesesuaian tersebut juga terlihat pada skenario lainnya. Perbedaan yang sangat kecil dapat muncul akibat pembulatan angka hingga lima atau enam digit desimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap 20 skenario variasi hambatan pada rangkaian paralel dengan tegangan sumber konstan sebesar 12 V, dapat disimpulkan bahwa variasi nilai hambatan memengaruhi distribusi arus pada setiap cabang rangkaian. Hubungan tersebut mengikuti prinsip Hukum Ohm, yaitu arus berbanding terbalik dengan nilai hambatan ketika tegangan dijaga konstan. Cabang dengan nilai hambatan lebih rendah menghasilkan arus yang lebih besar, sedangkan cabang dengan nilai hambatan lebih tinggi menghasilkan arus yang lebih kecil.

Analisis distribusi arus menunjukkan bahwa perbedaan nilai hambatan antar cabang menghasilkan distribusi arus yang tidak merata. Pada skenario 1, misalnya, hambatan 100 Ω, 220 Ω, dan 330 Ω menghasilkan arus masing-masing sebesar 0.12000 A, 0.05455 A, dan 0.03636 A. Distribusi arus tersebut menunjukkan kontribusi masing-masing cabang sebesar 56.90%, 25.86%, dan 17.24%. Sebaliknya, ketika nilai hambatan pada ketiga cabang dibuat sama, distribusi arus menjadi seimbang dengan kontribusi masing-masing cabang sebesar 33.33%.

Hambatan ekuivalen juga menunjukkan hubungan yang konsisten dengan arus total rangkaian. Nilai hambatan ekuivalen terendah sebesar 33.333 Ω diperoleh pada konfigurasi tiga resistor 100 Ω secara paralel dan menghasilkan arus total sebesar 0.36000 A. Sementara itu, konfigurasi tiga resistor 1000 Ω menghasilkan hambatan ekuivalen sebesar 333.333 Ω dengan arus total sebesar 0.03600 A. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan hambatan ekuivalen menyebabkan penurunan arus total pada tegangan sumber yang tetap.

Hasil simulasi menunjukkan kesesuaian yang tinggi terhadap hasil perhitungan teoritis. Berdasarkan 20 skenario, rata-rata error arus cabang pertama sebesar 0.601%, cabang kedua sebesar 0.546%, dan cabang ketiga sebesar 0.642%. Rata-rata error arus total sebesar 0.185%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model simulasi memberikan respons yang dekat dengan prediksi berdasarkan Hukum Ohm dan Hukum Kirchhoff I.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan teoritis dan simulasi tanpa validasi langsung menggunakan rangkaian fisik. Model yang digunakan belum mempertimbangkan toleransi resistor, resistansi kabel dan koneksi, resistansi internal sumber, serta ketidakpastian alat ukur. Oleh karena itu, hasil simulasi belum dapat dianggap sebagai representasi penuh dari kondisi rangkaian nyata. Penelitian selanjutnya perlu melakukan validasi eksperimen fisik dengan menggunakan konfigurasi dan nilai hambatan yang sama dengan model simulasi. Perbandingan antara arus teoritis, simulasi, dan eksperimen dapat digunakan untuk mengevaluasi akurasi model melalui analisis error dan ketidakpastian pengukuran. Penelitian lanjutan juga dapat memperluas variasi tegangan sumber, jumlah cabang, dan konfigurasi seri-paralel untuk memperoleh karakterisasi distribusi arus yang lebih komprehensif.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa variasi hambatan merupakan parameter penting dalam menentukan pola distribusi arus pada rangkaian paralel. Hasil penelitian dapat menjadi dasar analisis rangkaian listrik serta mendukung pembelajaran mengenai Hukum Ohm, Hukum Kirchhoff, hambatan ekuivalen, dan prinsip pembagian arus. Penelitian selanjutnya dapat memperluas kajian melalui validasi eksperimen menggunakan rangkaian fisik, variasi tegangan sumber, penambahan jumlah cabang, serta analisis ketidakpastian dan toleransi komponen.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] C. K. Alexander and M. N. O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuits*, 7th ed. New York, NY, USA: McGraw Hill, 2021.

[2] T. L. Floyd, *Principles of Electric Circuits: Conventional Current Version*, 11th ed. Harlow, U.K.: Pearson, 2021.
[3] A. R. Hambley, *Electrical Engineering: Principles and Applications*. Harlow, U.K.: Pearson, 2021.
[4] R. E. Thomas, A. J. Rosa, and G. J. Toussaint, *The Analysis and Design of Linear Circuits*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2021.
[5] J. M. Fiore, *DC Electrical Circuit Analysis: A Practical Approach*. Boston, MA, USA: Delmar Cengage Learning, 2021.
[6] J. W. Nilsson and S. A. Riedel, *Electric Circuits*, 12th ed. Harlow, U.K.: Pearson, 2022.
[7] R. L. Boylestad, *Introductory Circuit Analysis*. Harlow, U.K.: Pearson, 2021.
[8] R. C. Dorf and J. A. Svoboda, *Introduction to Electric Circuits*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2023.
[9] E. Hughes, J. Hiley, K. Brown, and I. Smith, *Hughes Electrical and Electronic Technology*, 13th ed. Harlow, U.K.: Pearson, 2022.
[10] M. F. Basar, N. I. B. M. Farriz, N. H. A. Razik, M. F. Yaakub, N. Hasim, and A. N. Ramani, "Analysis of current distribution in parallel DC circuits using the current divider rule," in *Proc. 2025 IEEE 16th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Aug. 2025, pp. 115–120.
[11] Y. He, X. Wang, S. Shao, and J. Zhang, "Active gate driver for dynamic current balancing of parallel-connected SiC MOSFETs," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 38, no. 5, pp. 6116–6127, May 2023.
[12] Y. Li, B. Tian, B. Zhao, P. Sun, Z. Zhao, X. Cheng, *et al*., "The method for chip sorting based on SiC MOSFET parameters for parallel current sharing under a symmetrical layout," in *Proc. 2025 IEEE Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications in Asia (WiPDA Asia)*, Aug. 2025, pp. 1–5.
[13] K. Mori, Y. Suzuki, N. Hara, M. Kitamura, and T. Tominaka, "Current distribution characteristics of superconducting parallel circuits," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 30, no. 4, pp. 1919–1922, Jul. 1994.
[14] T. Yuan, F. Jin, Z. Li, C. Zhao, and Q. Li, "Design of an integrated transformer with parallel windings for a 30-kW LLC resonant converter," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 38, no. 11, pp. 14317–14333, Nov. 2023.
[15] B. Yilan, "Research on key technology of parallel operation of 500 kV high-voltage single-core cable," *ZGGX*, vol. 44, no. 4, pp. 27–32, 2026.
[16] B. Wang and L. Wang, "A fault diagnosis method for inter-turn short circuit based on magnetic field distribution," *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, Art. no. 17409, 2025.
[17] N. A. Rangkuti and M. A. Fahril, "Analisi topologi rangkaian seri-paralel berbasis simulasi Multisim untuk evaluasi distribusi arus dan tegangan," *Jurnal Hadron*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2026.
[18] E. F. R. Lubis, N. A. Rangkuti, N. Sinuhaji, and I. M. Giawa, "Modeling and performance analysis of a series-parallel AC circuit under supply voltage variations using simulation," *JCEIT: Journal of Computer Engineering and Information Technology*, vol. 2, no. 3, 2026.
[19] P. Scherz and S. Monk, *Practical Electronics for Inventors*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw Hill, 2022.