

FISIKA

Kelas XII SMA/Sederajat

MATERI

Listrik Arus Searah



POGIL

Nama :

Kelas :

Irfan Yusuf, M.Pd.
Prof. Dr. Punaji Setyosari, M.Ed., M.Pd.
Prof. Dr. Dedi Kuswandi, M.Pd.
Saïda Ulfa, M.Edu., Ph.D.

RANGKAIAN SERI

A. Identifikasi Kebutuhan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi rangkaian seri, pebelajar diharapkan dapat dengan tepat:

- Menganalisis resistansi total pada rangkaian seri.
- Menyelidiki karakteristik arus listrik pada rangkaian seri.
- Menganalisis distribusi tegangan setiap resistor pada rangkaian seri.

Pengantar



Gambar 1. Lampu Dekoratif di Kafe Disusun Secara Seri

Saat menyalakan beberapa lampu menggunakan satu sakelar, kita mungkin melihat bahwa semakin banyak lampu yang terhubung, semakin redup cahaya yang dihasilkan. Hal serupa juga terjadi pada rangkaian lampu dekorasi yang sering digunakan di kafe. Jika salah satu lampu dalam rangkaian tersebut putus,

seluruh lampu lainnya bisa ikut mati. Fenomena ini menunjukkan bahwa ada cara tertentu dalam menyusun komponen listrik yang memengaruhi arus listrik dan cara kerja perangkat listrik tersebut.

Salah satu cara menyusun komponen listrik adalah dengan menggunakan rangkaian seri. Contoh rangkaian seri dapat ditemukan pada beberapa jenis lampu dekoratif dan perangkat listrik sederhana lainnya. Pada rangkaian seri, semua komponen dihubungkan dalam satu jalur yang sama, sehingga arus listrik mengalir melalui setiap komponen secara berurutan. Aliran listrik melewati seluruh komponen tanpa percabangan, sehingga ada beberapa karakteristik khusus yang membedakan rangkaian seri dari jenis rangkaian lainnya.

Pengaturan ini memiliki kelebihan dan kekurangan yang memengaruhi cara kerja suatu perangkat. Jika lebih banyak komponen ditambahkan dalam satu jalur, efeknya akan terlihat pada bagaimana listrik mengalir dan bagaimana perangkat

bekerja. Untuk memahami lebih jauh bagaimana tegangan, arus, dan hambatan bekerja dalam rangkaian seri resistor, diperlukan pemahaman mengenai konsep dasar rangkaian listrik dan bagaimana komponennya saling berhubungan.



Prediksi Awal



Sebelum mempelajari rangkaian seri resistor, kita bisa memikirkan beberapa hal dari pengalaman sehari-hari. Bagaimana penyusunan lampu dalam satu rangkaian memengaruhi nyala lampu? Apa yang terjadi jika beberapa lampu disusun berurutan dalam satu rangkaian? Apakah semua lampu menyala sama terang, atau ada yang lebih redup? Bagaimana jumlah dan jenis resistor memengaruhi kuat arus dalam rangkaian? Apakah menambahkan resistor selalu membuat arus semakin kecil? Apa yang terjadi pada tegangan di setiap komponen? Pertanyaan-pertanyaan ini membantu kita memprediksi bagaimana arus, tegangan, dan hambatan bekerja dalam rangkaian seri. Bagaimana tanggapan Anda?

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

B. Menghubungkan Pengetahuan Sebelumnya

Kita telah belajar bahwa arus listrik mengalir dari sumber tegangan melalui penghantar. Jika dalam suatu rangkaian hanya ada satu jalur aliran listrik, bagaimana arus listrik akan mengalir melalui setiap komponen yang tersusun dalam jalur tersebut? Kita juga telah mengetahui bahwa hambatan dapat memperlambat aliran arus listrik. Jika beberapa resistor disusun dalam satu jalur tanpa percabangan, bagaimana pengaruhnya terhadap hambatan total dalam rangkaian? Berdasarkan pemahaman sebelumnya tentang arus dan tegangan, mengapa lampu dalam rangkaian hias sering kali menjadi redup jika jumlah lampu yang terhubung semakin banyak? Jelaskan bagaimana kaitannya dengan rangkaian seri resistor?

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

C. Eksplorasi Materi



Gambar 2. Sekring (Fuse) yang Terpasang pada Motor

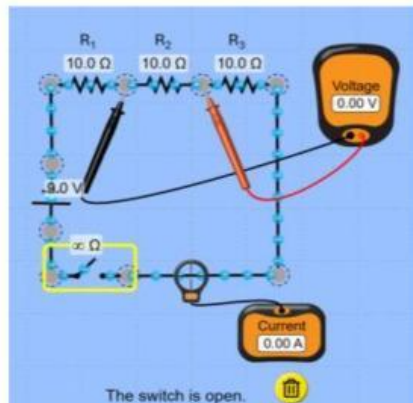
Masalah kelistrikan seperti arus pendek atau beban berlebih sering menyebabkan kerusakan pada motor dan peralatan lainnya. Kerusakan ini bisa menimbulkan bahaya, seperti motor yang *overheat* atau bahkan kebakaran. Sekring motor berfungsi sebagai sistem perlindungan

dengan memutus aliran arus ketika terjadi gangguan seperti arus berlebih. Sekring ini akan bekerja secara otomatis untuk menghentikan aliran arus yang dapat merusak motor dan komponen kelistrikan lainnya. Lalu bagaimana sekring dirangkai pada suatu rangkaian?

Permasalahan mengenai lampu dekorasi yang disusun berurutan dan padam seluruhnya ketika satu lampu mati, sebagaimana telah dibahas sebelumnya, merupakan contoh sederhana dari salah satu rangkaian listrik. Pada rangkaian ini, semua komponen, seperti resistor terhubung tanpa percabangan, sehingga arus listrik harus mengalir melewati setiap resistor secara berurutan. Akibatnya, arus yang mengalir melalui setiap resistor memiliki nilai yang sama, meskipun nilai resistansinya berbeda. Sekring, yang terpasang pada salah satu titik dalam rangkaian ini, berfungsi untuk memutuskan arus ketika terjadi gangguan seperti beban berlebih atau arus pendek. Oleh karena itu, sekring juga disusun dalam jalur yang menghubungkan sumber daya listrik dengan beban, sehingga jika ada masalah, sekring akan terputus dan menghentikan aliran arus yang berbahaya.

Pada rangkaian ini, semua komponen, seperti resistor terhubung tanpa percabangan, sehingga arus listrik harus mengalir melewati setiap resistor secara berurutan. Akibatnya, arus yang mengalir melalui setiap resistor memiliki nilai yang sama, meskipun nilai resistansinya berbeda, meskipun nilai resistansinya berbeda, tegangan pada tiap resistor akan berbeda tergantung besar hambatan yang dimiliki. Kondisi ini menggambarkan prinsip kerja dari jenis rangkaian ini, yaitu jika salah satu komponen terputus, maka seluruh aliran arus akan

terhenti. Prinsip ini pula yang membuat sekering efektif digunakan sebagai pemutus arus, karena cukup dipasang pada satu titik dalam rangkaian untuk menghentikan aliran listrik secara keseluruhan saat terjadi gangguan.



Gambar 3. Rangkaian Seri

Salah satu contoh sederhana dari susunan komponen listrik tanpa percabangan terlihat pada sistem yang mengharuskan arus mengalir melewati setiap elemen secara berurutan. Arus yang mengalir memiliki nilai yang sama di setiap titik, sedangkan tegangan pada masing-masing komponen berbeda tergantung besar hambatannya. Rangkaian

seperti ini ditunjukkan pada gambar 12 memenuhi persamaan arus:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

Jenis rangkaian ini dinamakan rangkaian seri. Nilai resistansi dari rangkaian seri, dapat ditentukan dengan menerapkan hukum Ohm. Semua komponen terhubung tanpa percabangan, sehingga arus listrik harus mengalir melewati setiap resistor secara berurutan. Oleh karena itu, arus yang mengalir melalui setiap resistor adalah sama, sedangkan tegangan total merupakan jumlah dari tegangan pada masing-masing resistor.

Pada rangkaian seri diperoleh jumlah total tegangan listrik merupakan penjumlahan tegangan pada setiap resistor yang dirangkai seri.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

dengan menggunakan Hukum Ohm yaitu:

$$V = IR$$

$$V_1 = IR_1 ; V_2 = IR_2 ; V_3 = IR_3$$

Disubstitusi pada persamaan:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$R = R_1 + R_2$$

Pada setiap resistor mengalir arus yang sama seperti jika terhubung sendiri ke sumber tegangan. Kondisi tersebut terjadi asalkan sumber tegangan tidak kelebihan beban.

D. Contoh Soal

Menganalisis 1

Marsela sedang mempelajari rangkaian listrik seri dengan menggunakan tiga buah resistor: $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$, dan $R_3 = 6\ \Omega$. Ketiga resistor ini disusun secara seri dan dihubungkan ke sebuah baterai. Namun, saat melakukan percobaan, Marsela melakukan kesalahan dengan menukar posisi resistor terbesar ($6\ \Omega$) dan resistor terkecil ($2\ \Omega$). Marsela sempat khawatir bahwa hal ini akan memengaruhi arus listrik dalam rangkaian.

Pertanyaan:

Jika Marsela menukar posisi resistor $2\ \Omega$ dan $6\ \Omega$ dalam rangkaian seri, maka apakah besar arus listrik dalam rangkaian akan berubah? Jelaskan alasanmu secara logis!

Jawaban:

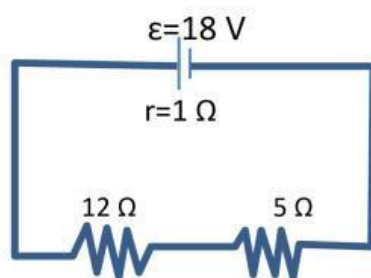
- ✓ Menuliskan yang diketahui:
 - Rangkaian seri
 - Sebelum maupun sesudah penukaran:
 $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$, dan $R_3 = 6\ \Omega$
 - Tegangan baterai tetap
 - Posisi resistor diubah, tetapi nilai resistansi dan urutan sambungan tetap seri
- ✓ Menuliskan yang ditanyakan:
Apakah besar arus berubah ketika posisi resistor dalam rangkaian seri diubah?
- ✓ Mencari jawaban:
Pada rangkaian seri hambatan total:
 $R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 4 + 6 = 12\ \Omega$
Arus listrik dalam rangkaian seri hanya dipengaruhi oleh total hambatan dan tegangan: $I = \frac{V}{R_{total}}$

Ketika resistor ditukar posisinya, nilai total hambatan tetap: $R_{total} = 2 + 4 + 6 = 12 \, \Omega$, maka besar arus: tetap.

- ✓ Menuliskan kesimpulan akhir:
Meskipun Marsela menukar posisi resistor $2 \, \Omega$ dan $6 \, \Omega$, besar arus dalam rangkaian tidak berubah, karena dalam rangkaian seri, arus hanya bergantung pada jumlah total hambatan, bukan urutan penempatan resistor. Oleh karena itu, posisi resistor dalam rangkaian seri tidak memengaruhi besar arus listrik.

🔍 Menganalisis 2

Rafi sedang melakukan percobaan dan diminta menganalisis rangkaian listrik sederhana. Dia diberikan sebuah baterai 12 volt yang memiliki hambatan internal sebesar $1 \, \Omega$, serta dua resistor luar yang masing-masing bernilai $12 \, \Omega$ dan $5 \, \Omega$. Semua komponen disusun dalam satu rangkaian seri sebagaimana pada gambar berikut:



Rafi diminta untuk memprediksi beberapa hal sebelum melakukan pengukuran. Namun, Rafi bingung karena meskipun tegangan baterai 12 volt, tegangan terminal yang terukur di luar baterai ternyata lebih kecil.

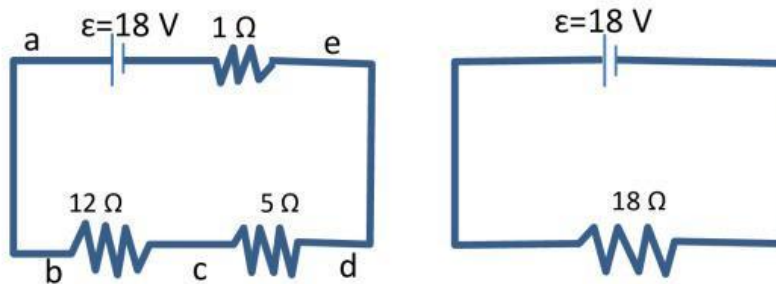
Pertanyaan:

Bagaimana arus dan penurunan tegangan di tiap bagian rangkaian bekerja?

Jawaban:

- ✓ Menuliskan yang diketahui:
- | | | |
|---------------|---|------------------|
| ε | = | $18 \, \text{V}$ |
| R_1 | = | $12 \, \Omega$ |
| R_2 | = | $5 \, \Omega$ |
| r | = | $1 \, \Omega$ |

- ✓ Menuliskan yang ditanyakan:
Arus dan penurunan tegangan di tiap bagian rangkaian
- ✓ Mencari jawaban:
Pertama yang dilakukan adalah mencari hambatan baterai: $R_{\text{total}} = 5\Omega + 12\Omega + 1\Omega = 18\Omega$



Ketika sudah memperoleh nilai hambatan kemudian kita substitusikan nilai R pada persamaan $V=IR$. Sehingga akan diperoleh:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{18 \text{ V}}{18\Omega} = 1,0 \text{ A}$$

Karena $I = 1,0 \text{ A}$ maka penurunan potensial dari b ke c (nilai I sama pada semua rangkaian seri) yaitu:

$$V_{bc} = IR_{bc} = (1,0 \text{ A})(12\Omega) = 12 \text{ V}$$

dan dari c ke d adalah:

$$V_{cd} = IR_{cd} = (1,0 \text{ A})(5\Omega) = 5 \text{ V}$$

Penurunan potensial terminal dari baterai adalah penurunan potensial dari a ke e . Oleh karena itu, penurunan potensial terminal yaitu:

$$V_{bc} + V_{cd} = 12\Omega + 5\Omega = 17 \text{ V}$$

- ✓ Menuliskan kesimpulan akhir:
Arus dalam rangkaian yaitu 1 A . Penurunan potensial pada setiap resistor dari b ke c yaitu 12 V dan dari c ke d yaitu 5 V . Penurunan potensial terminal baterai yaitu 17 V .

Metakognitif

1. Alusius sedang merakit lampu hias untuk dekorasi kamar menggunakan beberapa lampu LED yang dihubungkan secara seri. Dia ingin memastikan lampunya tidak terlalu

redup, jadi ia mencoba menambahkan beberapa resistor ke dalam rangkaian untuk mengatur kecerahan. Namun setelah menambahkan resistor-resistor tersebut, Dia menyadari bahwa lampu-lampu justru menjadi semakin redup. Apa yang terjadi pada nilai resistansi total jika lebih banyak resistor ditambahkan dalam sebuah rangkaian seri? Jelaskan bagaimana cara menghitung resistansi totalnya!

Jawaban:

Pada rangkaian seri, resistansi total selalu bertambah jika lebih banyak resistor ditambahkan. Ini karena resistansi dalam rangkaian seri dijumlahkan secara langsung sesuai dengan persamaan:

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

- Jika satu resistor tambahan dimasukkan ke dalam rangkaian seri, maka resistansi total meningkat.
- Semakin banyak resistor ditambahkan, semakin besar hambatan total, sehingga arus listrik dalam rangkaian akan semakin kecil (berdasarkan Hukum Ohm: $I = V/R$).

2. Bayu dan temannya sedang melakukan percobaan di laboratorium. Mereka menyusun tiga buah lampu secara seri dalam satu rangkaian dan menghubungkannya ke baterai. Setelah menyalakan rangkaian, Bayu memerhatikan bahwa semua lampu menyala dengan terang yang sama. Namun, ketika salah satu lampu dicabut, seluruh rangkaian mati dan tidak ada satu pun lampu yang menyala. Bagaimana karakteristik arus listrik dalam rangkaian seri? Jelaskan dengan mengaitkan fenomena yang terjadi jika salah satu komponen dilepas dari rangkaian!

Jawaban:

Pada rangkaian seri, arus listrik yang mengalir sama besar di setiap komponen, karena arus hanya memiliki satu jalur untuk mengalir. Jika ada tiga lampu dalam rangkaian seri, maka arus yang mengalir melalui lampu pertama, kedua, dan ketiga adalah identik. Jika salah satu komponen (seperti lampu) dilepas atau putus, maka jalur arus listrik akan terputus sepenuhnya, sehingga tidak ada arus yang bisa mengalir ke seluruh rangkaian. Inilah sebabnya semua lampu mati ketika satu lampu dilepas. Karakteristik penting lainnya adalah tegangan dari sumber listrik akan terbagi di

antara komponen-komponen sesuai dengan nilai resistansinya.

3. Sinta sedang mengerjakan proyek membuat pemanas mini menggunakan kawat resistif dan beberapa resistor. Ia menyusun resistor-resistor tersebut secara seri untuk menurunkan suhu secara bertahap. Saat mengukur tegangan di tiap resistor menggunakan voltmeter, dia mendapati bahwa tegangan di setiap resistor berbeda-beda. Padahal, semua resistor itu ada dalam satu rangkaian yang sama. Mengapa tegangan pada setiap resistor dalam rangkaian seri tidak selalu sama? Jelaskan bagaimana distribusi tegangan dapat dianalisis menggunakan Hukum Ohm!

Jawaban:

Tegangan pada setiap resistor dalam rangkaian seri tidak selalu sama karena tegangan terbagi berdasarkan nilai hambatan masing-masing resistor. Distribusi tegangan dalam rangkaian seri yaitu:

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

Tegangan pada setiap resistor dihitung menggunakan Hukum Ohm:

$$V_i = I \times R_i$$

- Jika suatu resistor memiliki hambatan lebih besar, maka tegangan yang jatuh pada resistor tersebut juga lebih besar.
- Jika semua resistor memiliki nilai hambatan yang sama, tegangan akan terbagi rata di antara mereka.

Tulis tanggapanmu terhadap eksplorasi materi di atas pada kolom berikut: