



**ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK
TERTUTUP DUA LOOP BERBANTUAN
TABEL**

SKRIPSI

Oleh
Bagus Hari Antoro
NIM 160210102009

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK
TERTUTUP DUA LOOP BERBANTUAN
TABEL**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

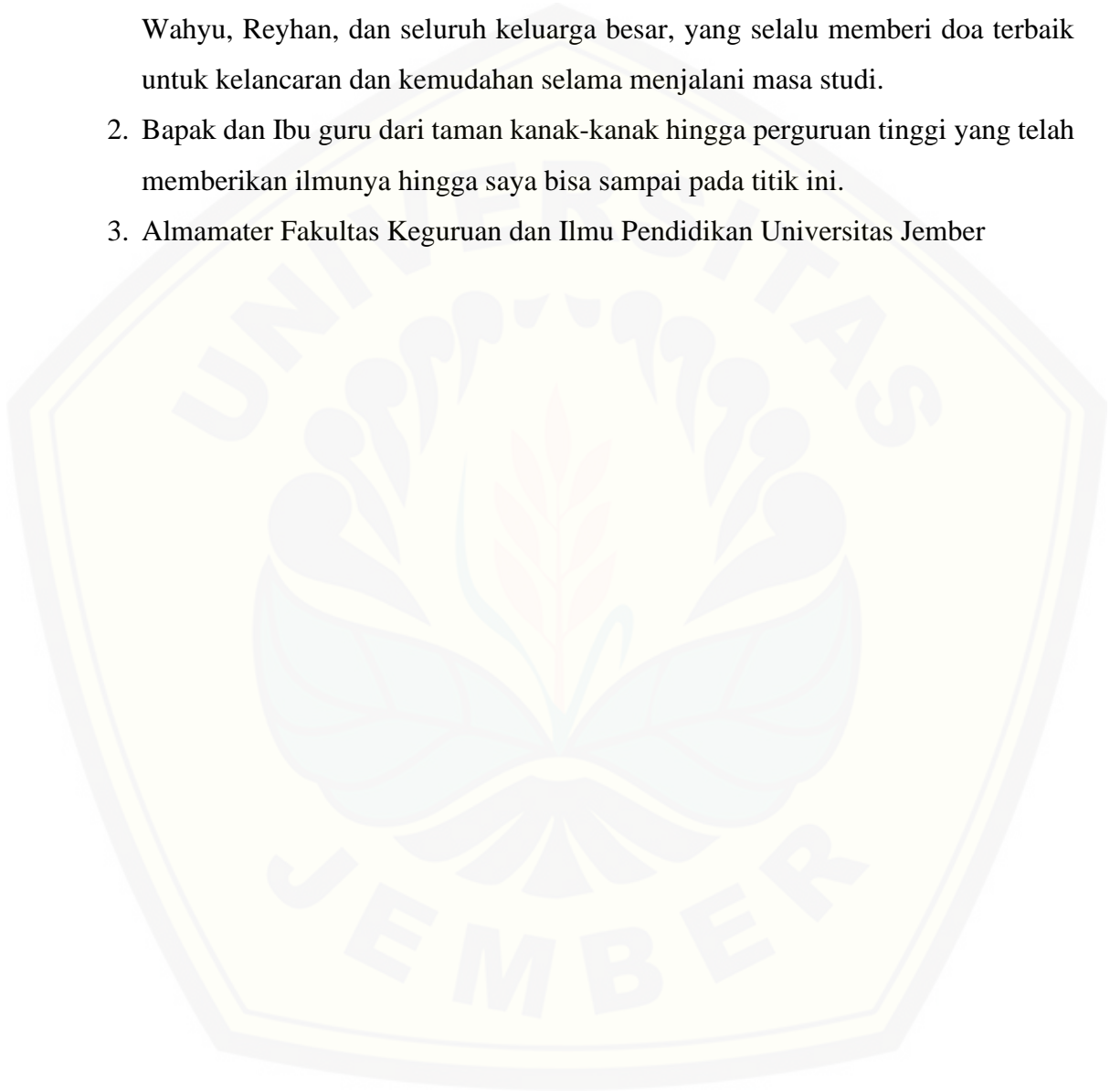
Oleh
Bagus Hari Antoro
NIM 160210102009

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya Bapak Suharno dan Ibu Sujiani serta seluruh adik-adiku Wahyu, Reyhan, dan seluruh keluarga besar, yang selalu memberi doa terbaik untuk kelancaran dan kemudahan selama menjalani masa studi.
2. Bapak dan Ibu guru dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmunya hingga saya bisa sampai pada titik ini.
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember



MOTO

“ Ridho dan do’a orang tua akan berbanding lurus dengan kebahagiaan dan keberhasilan yang kita capai”



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bagus Hari Antoro

NIM : 160210102009

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Penyelesaian Rangkaian Listrik Tertutup Dua Loop Berbantuan Tabel ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 04 Februari 2020

Yang menyatakan,

Bagus Hari Antoro

NIM. 160210102009

SKRIPSI

**ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK
TERTUTUP DUA LOOP BERBANTUAN
TABEL**

Oleh

Bagus Hari Antoro
NIM 160210102009

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Penyelesaian Rangkaian Listrik Tertutup Dua Loop Berbantuan Tabel ” karya Bagus Hari Antoro telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc
NIP. 19680710 199302 1 001

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP. 19620401 198702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Sudarti, M.Kes
NIP. 19620123 198802 2 001

Dr. Supeno, S.Pd, M.Si
NIP 19741207 199903 1 002

Mengesahkan,
Dekan,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph. D.
NIP 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Analisis Penyelesaian Rangkaian Listrik Tertutup Dua Loop Berbantuan Tabel; Bagus Hari Antoro, 160210102009; 2020; 46 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Materi listrik dinamis dalam ilmu fisika merupakan salah satu materi yang memiliki tingkat kesulitan yang tinggi pada siswa di SMA. Kesulitan ini banyak ditemukan pada sub materi hukum Kirchoff yang membahas tentang rangkaian listrik tertutup dua loop. Penyebab kesulitan siswa dalam menyelesaikan persoalan adalah perlunya analisis yang menyeluruh untuk menyelesaikan suatu persoalan, proses penerjemahan bahasa soal dalam bahasa matematis, mengaplikasikan konsep, dan membuat algoritma menjadi faktor kesulitan yang dialami oleh siswa. Dalam pelaksanaan Ujian Nasional maupun Ujian Masuk Perguruan Tinggi, materi tentang rangkaian listrik sering sekali di keluarkan. Sehingga dapat dipastikan siswa akan merasa kesulitan serta kehilangan banyak waktu untuk menyelesaikan persoalan. Oleh karena itu diperlukan solusi alternatif penyelesaian baru untuk memudahkan siswa dalam menyelesaikan persoalan. Dengan analisis persoalan berbantuan tabel dalam hal ini dapat dijadikan sebagai salah satu solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyelesaian berbantuan tabel dalam persoalan rangkaian listrik tertutup dua loop. Analisis tabel didasarkan pada hukum Ohm dan dikombinasikan dengan teorema Thevenin dan Norton untuk mendapatkan besar kuat arus dalam setiap percabangan dalam rangkaian. Langkah – langkah yang dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini yang pertama adalah mengumpulkan data terkait dengan materi listrik dinamis terkhusus dalam materi hukum Kirchoff, langkah yang kedua adalah melakukan kajian teori dari data dan informasi yang telah didapatkan berupa hukum Ohm dan teorema Thevenin dan Norton yang telah ada, dengan berbantuan tabel, langkah ketiga adalah melakukan analisis terhadap persoalan yang ada menggunakan penyelesaian berbantuan tabel

dan hukum Kirchoff. Langkah yang keempat adalah data dari hasil penelitian dilakukan analisis untuk kemudian dilakukan pembahasan.

Hasil analisis yang diperoleh dari penelitian ini adalah penyelesaian berbantuan tabel dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai bentuk variasi persoalan rangkaian listrik dua loop, dengan langkah yang lebih ringkas dan perhitungan matematis yang lebih sederhana, penyelesaian ini bisa digunakan sebagai solusi alternatif baru dalam menyelesaikan persoalan rangkaian listrik tertutup dua loop.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Penyelesaian Rangkaian Listrik Tertutup Dua Loop Menggunakan Metode Tabel”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Jember;
2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
5. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Drs.Trapsilo Prihandono, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
7. Dr. Sudarti, M.Kes, selaku Dosen Penguji Utama yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini;
8. Dr. Supeno, S.Pd, M.Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini;
9. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
10. Segenap Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember yang telah ikhlas dan tulus dalam berbagi ilmu dan pengalaman kepada penulis selama ini;

11. Kedua orang tua, adik-adik, dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa, nasihat, dan dukungan material selama menjalani masa studi.
12. Kepada seluruh teman Al-Kosan Jawa 25 (Dimas, Adit, Teguh, Imut, Rozi, Deni) yang telah saling membantu sama lain dan sebagai keluarga baru ditanah perantauan selama menjalani masa studi.
13. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan kontribusi dan bantuannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

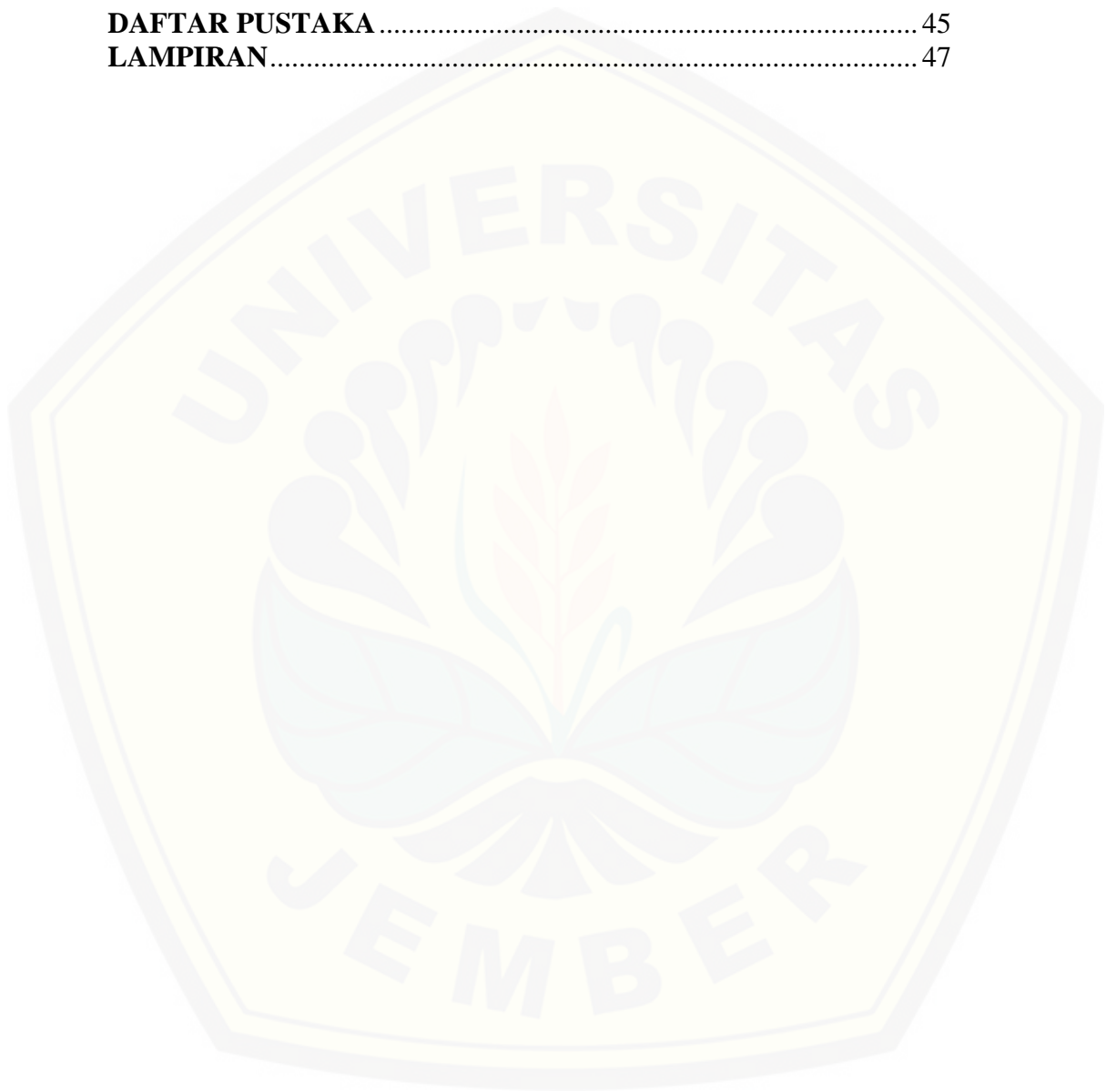
Jember, 04 Februari 2020

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Batasan masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Arus Listrik dan Kuat Arus Listrik	5
2.2.1 Arus Listrik.....	5
2.2.2 Kuat Arus Listrik	6
2.2 Hukum Ohm	7
2.3 Gaya Gerak Listrik	8
2.4 Rangkaian Seri dan Pararel	9
2.4.1 Rangkaian seri	9
2.4.2 Rangkaian Pararel	10
2.5 Hukum Kirchoff	11
2.5.1 Hukum Kirchoff I	12
2.5.2 Hukum Kirchoff II.....	12
2.6 Theorema Thevenin dan Northon	12
2.6.1 Theorema Thevenin	13
2.6.2 Teorema Norton.....	15
2.7 Metode Cepat	17
2.8 Aplikasi Hukum Kirchoff	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Jenis Penelitian	20
3.3 Definisi Operasional Variabel	20
3.3 Langkah Penelitian	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26

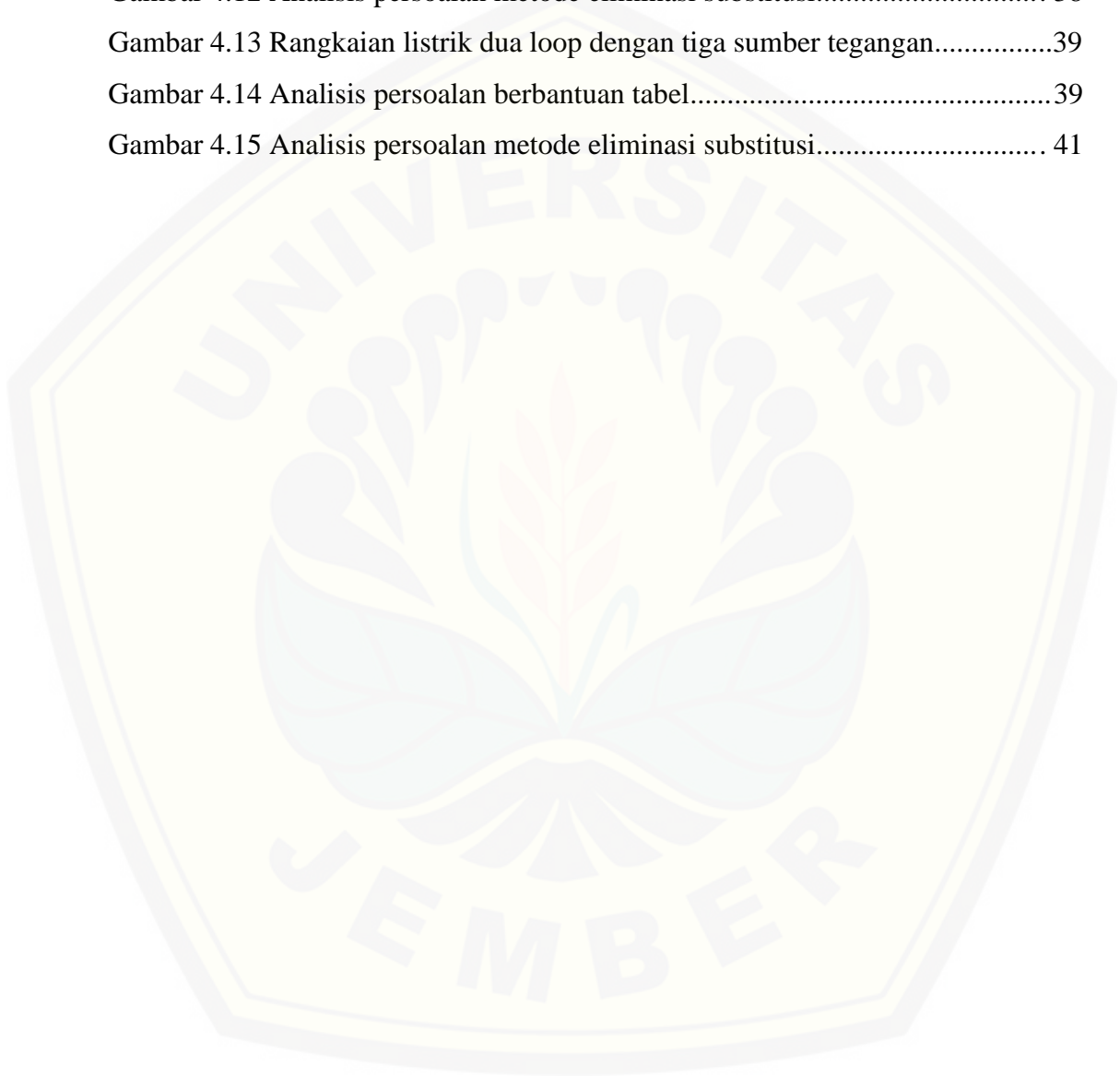
4.1 Hasil Penelitian.....	26
4.2 Pembahasan.....	42
BAB 5. PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR GAMBAR

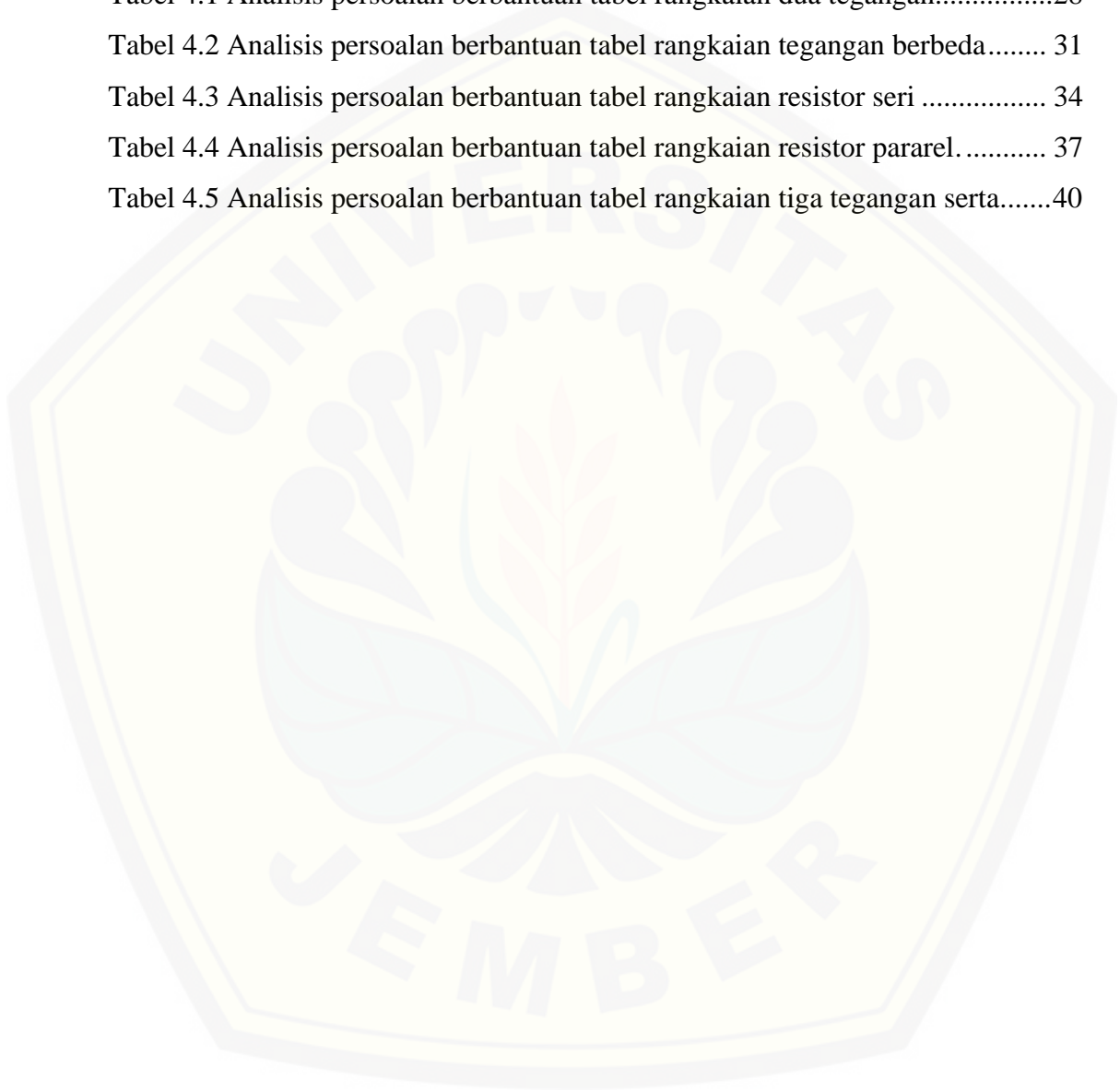
	Halaman
Gambar 2.1 Arah arus listrik.....	5
Gambar 2.2 Muatan yang melalui penampang kawat.....	6
Gambar 2.3 Kawat dengan aliran arus listrik.....	7
Gambar 2.4 Rangkaian listrik dengan simbol hambatan dan tegangan	8
Gambar 2.5 Rangkaian susunan seri	9
Gambar 2.6 Rangkaian susunan paralel.....	10
Gambar 2.7 Rangkaian arus tertutup dua loop.....	11
Gambar 2.8 Rangkaian listrik dua loop Thevenin	13
Gambar 2.9 Tahanan pada resistor.....	13
Gambar 2.10 Sumber tegangan pada rangkaian pendek	13
Gambar 2.11 Sumber tegangan pada rangkaian pendek	14
Gambar 2.12 Rangkaian Thevenin.....	14
Gambar 2.13 Rangkain listrik dua loop Norton.....	15
Gambar 2.14 Tahanan pada resistor.....	15
Gambar 2.15 Sumber tegangan pada rangkaian pendek	16
Gambar 2.16 Sumber tegangan pada rangkaian dihubungkan.....	16
Gambar 2.17 Rangkaian Norton	17
Gambar 2.18 Rangkaian listrik dua loop	18
Gambar 3. 1 Skema Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Rangkaian listrik dua loop analisa berbantuan tabel.....	22
Gambar 3.3 Rangkaian listrik dua loop metode eliminasi substitusi.....	25
Gambar 4.1 Rangkaian listrik dua loop dengan dua sumber tegangan.....	27
Gambar 4.2 Analisis persoalan berbantuan tabel.....	27
Gambar 4.3 Analisis persoalan metode eliminasi substitusi.....	29
Gambar 4.4 Rangkaian listrik dua loop dengan dua sumber tegangan berbeda....	30
Gambar 4.5 Analisis persoalan berbantuan tabel.....	30
Gambar 4.6 Analisis persoalan metode eliminasi substitusi	32
Gambar 4.7 Rangkaian listrik dua loop dengan resistor seri.....	33

Gambar 4.8 Analisis persoalan berbantuan tabel.....	33
Gambar 4.9 Analisis persoalan metode eliminasi substitusi.....	35
Gambar 4.10 Rangkaian listrik dua loop dengan resistor paralel.....	36
Gambar 4.11 Analisis persoalan berbantuan tabel.....	36
Gambar 4.12 Analisis persoalan metode eliminasi substitusi.....	38
Gambar 4.13 Rangkaian listrik dua loop dengan tiga sumber tegangan.....	39
Gambar 4.14 Analisis persoalan berbantuan tabel.....	39
Gambar 4.15 Analisis persoalan metode eliminasi substitusi.....	41



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Analisis berbantuan tabel	24
Tabel 4.1 Analisis persoalan berbantuan tabel rangkaian dua tegangan.....	28
Tabel 4.2 Analisis persoalan berbantuan tabel rangkaian tegangan berbeda.....	31
Tabel 4.3 Analisis persoalan berbantuan tabel rangkaian resistor seri	34
Tabel 4.4 Analisis persoalan berbantuan tabel rangkaian resistor paralel.	37
Tabel 4.5 Analisis persoalan berbantuan tabel rangkaian tiga tegangan serta.....	40



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Matriks penelitian	47
Lampiran 2. Analisis uji persoalan terhadap 4 responden siswa	49



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika adalah ilmu sains yang berkaitan dengan produk dan proses. Dalam aplikasinya kegiatan yang mencakup pengamatan, percobaan, dan penyelidikan dinamakan suatu proses, dari hasil kegiatan tersebut akan didapatkan suatu konsep-konsep fisika serta hukum fisika yang disebut sebagai produk (Hastuti, 2016). Dalam belajar fisika dituntut untuk memahami suatu permasalahan dengan kompleks agar dapat memecahkannya. Menurut Sugiana (2016), fisika merupakan pelajaran yang memiliki banyak sekali persamaan dan kompleks, ditambah dengan kemampuan dari siswa yang terbatas dan kurangnya minat untuk belajar fisika akan memperkuat anggapan bahwa fisika merupakan pelajaran yang sulit. Dari persoalan tersebut banyak solusi belajar fisika yang ditawarkan baik berupa model ataupun metode untuk mengatasi permasalahan dalam belajar fisika.

Adapun salah satu materi yang tergolong sulit dalam fisika adalah tentang Listrik Dinamis yang membahas tentang rangkaian listrik tertutup dua loop dalam hukum Kirchoff II. Kesulitan dalam materi ini dibuktikan oleh hasil penelitian Rusilowati (2006), yang menyatakan dari pencapaian total 214 siswa, dari 5 sekolah yang berbeda, persentase pencapaian siswa menunjukkan nilai 40 % - 41 % hasil tersebut tergolong dalam kategori lemah atau rendah. Hal ini dikarenakan penyelesaian memerlukan analisis yang menyeluruh untuk menyelesaikan suatu persoalan. Proses penerjemahan bahasa soal dalam bahasa matematis, mengaplikasikan konsep, dan membuat algoritma menjadi faktor kesulitan yang dialami oleh siswa dalam menyelesaikan persoalan.

Materi kelistrikan dinamis membahas tentang suatu gejala kelistrikan karena adanya muatan listrik yang bergerak dalam suatu rangkaian. Ditinjau dari konsep fisika, hukum Kirchoff terbagi dalam dua bagian, hukum Kirchoff pertama menyatakan bahwa setiap titik cabang, jumlah semua arus yang masuk harus sama dengan semua arus yang meninggalkan cabang tersebut, hukum Kirchoff kedua menyatakan jumlah perubahan potensial mengelilingi lintasan tertutup pada suatu rangkaian harus sama dengan nol (Giancolli, 2014).

Materi tentang hukum Kirchoff ini termasuk dalam salah satu materi fisika yang diujikan dalam Ujian Nasional (UN) ataupun Ujian Masuk Perguruan Tinggi, dapat diketahui dalam proses pengerjaan soal-soal fisika membutuhkan waktu yang relatif lama, terkhusus dalam materi yang tergolong sulit seperti hukum Kirchoff II, maka dapat dipastikan akan menghabiskan waktu hanya untuk menyelesaikan sebuah persoalan. Sehingga dalam proses pengerjaannya diperlukan metode perhitungan cepat agar lebih efektif dan efisien ketika mengerjakan soal fisika yang sulit, namun tidak menghilangkan konsep fisika di dalamnya. Menurut Setiyono (2005), metode cepat adalah bagian dari *mathmagic*, sehingga mampu digunakan untuk mengerjakan soal dengan mudah dan disertai cara baru dengan waktu yang seminim mungkin. Selain itu dari hasil penelitian Khasanah (2019), menunjukkan bahwa aplikasi dari penggunaan metode cepat berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa.

Beberapa metode seperti Thevenin dan Norton, Matrix, Sistem Persamaan Linear, telah diaplikasikan untuk memberikan solusi dalam memecahkan persoalan tentang kuat arus rangkaian listrik tertutup dua loop. namun beberapa metode masih memiliki beberapa kekurangan untuk meminimalisir kesulitan siswa dalam menyelesaikan persoalan. Sehingga peneliti melakukan analisis penyelesaian berbantuan tabel untuk menyelesaikan persoalan rangkaian listrik dua loop yang semula dianggap sulit dan menghabiskan banyak waktu dalam penyelesaiannya, menjadi lebih mudah dan cepat. Penyelesaian ini mengkaji prinsip teori dasar hukum Ohm, teorema Thevenin dan Northon yang telah ada. metode ini menggunakan tabel untuk memecah loop dalam rangkaian sehingga akan lebih mudah untuk menerjemahkan bahasa soal dalam bahasa matematis, serta langkah penyelesaian yang lebih sederhana akan memudahkan siswa membuat algoritma penyelesaian persoalan tanpa menghilangkan konsep fisika yang ada di dalamnya.

Oleh karena itu dalam penelitian ini, peneliti membuat judul skripsi yang berjudul “**Analisis Penyelesaian Rangkaian Listrik Tertutup Dua Loop Berbantuan Tabel** ” dengan tujuan untuk menjelaskan bagaimana analisis penyelesaian berbantuan tabel untuk menyelesaikan persoalan kuat arus rangkaian

listrik tertutup dua loop. Selain hal tersebut hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan alternatif jawaban dalam penyelesaian persoalan rangkaian listrik dua loop menjadi lebih mudah dan cepat, sehingga akan mempermudah siswa dalam mengerjakan persoalan kelistrikan.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah analisis penyelesaian kuat arus rangkaian listrik tertutup dua loop berbantuan tabel ?

1.3 Batasan masalah

Adanya batasan masalah adalah agar penelitian ini dapat memfokuskan pada permasalahan yang akan diteliti :

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah membahas tentang kuat arus rangkaian listrik tertutup dua loop.

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis penyelesaian berbantuan tabel dalam persoalan kuat arus rangkaian listrik tertutup dua loop.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Bagi peneliti, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan tambahan wawasan mengenai materi listrik dinamis, dan dijadikan sebagai pemenuhan tugas akhir
- b. Bagi mahasiswa, penelitian ini dapat dijadikan sebagai suatu referensi baru dalam solusi mengerjakan persoalan kuat arus rangkaian listrik tertutup dua loop.
- c. Bagi guru, hasil produk dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bahan ajar yang mana untuk diajarkan kepada siswanya. Sehingga diharapkan

siswa dapat menambah wawasan untuk dijadikan solusi mengerjakan persoalan kuat arus rangkaian listrik tertutup dua loop dengan mudah dan cepat.

- d. Bagi peneliti lain, dapat dijadikan pedoman untuk selanjutnya diterapkan di sekolah.

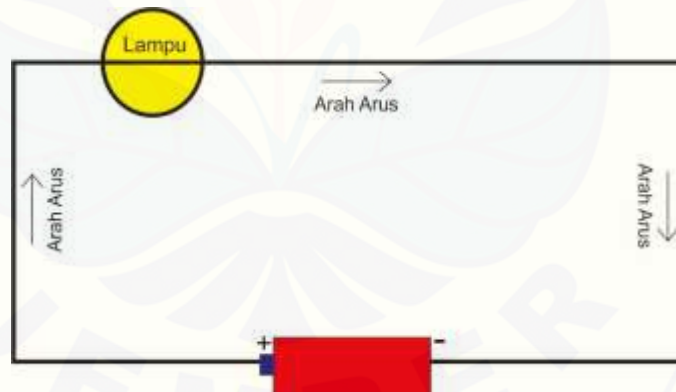


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arus Listrik dan Kuat Arus Listrik

2.2.1 Arus Listrik

Listrik dinamis berhubungan dengan muatan listrik yang selalu bergerak dalam hal ini lebih dikenal sebagai arus listrik. Jika melihat suatu sungai yang berarus maka dapat menganalogikan arus listrik demikian pula. Dimana dalam arus listrik selalu terjadi aliran yang kontinu dari potensial tinggi menuju potensial rendah. Arus listrik mengalir dikarenakan adanya beda potensial. Gaya gerak dalam listriklah yang menimbulkan adanya perbedaan potensial. Dapat dilihat fungsi dalam baterai untuk menghasilkan sebuah beda potensial, yang kemudian membuat muatan bergerak. Dalam sebuah logam penghantar yang mengalir di dalamnya adalah elektron bebas yang bermuatan negatif, sehingga arah arus listrik berlawanan dengan gerak muatan negatif, atau dapat dikatakan arah arus searah dengan muatan positif.



Gambar 2.1 Arah arus listrik

Ketika perantara lintasan penghantar yang kontinu dihubungkan pada terminal kutub-kutub baterai akan tercipta sebuah rangkaian arus listrik. Sehingga ketika terbentuk rangkaian muatan tersebut akan secara otomatis bergerak melalui kawat penghantar dalam rangkaian dari satu kutub terminal baterai menuju kutub terminal lainnya. Sehingga aliran inilah yang disebut dengan arus listrik (Giancolli, 2014).

2.2.2 Kuat Arus Listrik

Diketahui arus listrik akan terjadi jika terdapat muatan listrik yang bergerak dengan penghantar yang kontinu. Dalam hal ini sering disebut sebagai rangkaian tertutup, apabila rangkaian terbuka (terputus) maka tidak akan ada aliran arus.



Gambar 2.2 Muatan yang melalui penampang kawat

Arah suatu arus listrik dalam suatu penghantar selalu berlawanan arah dengan arah gerak elektron. Jika dilihat pada Gambar 2.2 kuat arus listrik dapat diartikan sebagai jumlah total muatan yang melalui seluruh penampang kawat pada setiap titik persatuan waktu. Sehingga secara matematis dapat dirumuskan :

$$I = \frac{q}{t} \quad (2.1)$$

Yang mana q merupakan jumlah muatan yang melalui penghantar tiap detik dalam interval waktu t . Arus diukur dalam coulomb persekon, sehingga satuan ini diberi nama ampere (A) (Giancolli, 2014).

Selain hal di atas suatu kuat arus yang timbul tidak terlepas dan selalu berhubungan dengan rapat arus, yang mana rapat arus merupakan besar arus yang melewati satu satuan luas penampang. Apabila dituliskan secara matematis adalah sebagai berikut :

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.2)$$

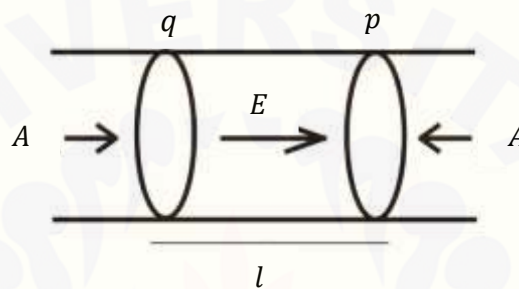
Dimana J merupakan rapat arus dan A adalah luas penampang yang dilalui oleh arus (Mulyanto, 2014).

2.2 Hukum Ohm

Kecepatan rata-rata akhir muatan pembawa haruslah tetap atau konstan, dan sebanding dengan kuat medan listrik E . Sehingga menyebabkan rapat arus akan sebanding dengan dengan kuat medan listrik yaitu :

$$J = \sigma E \quad (2.3)$$

Suatu bahan yang memiliki harga konduktivitas besar, maka mampu mengalirkan suatu arus yang besar juga untuk suatu harga kuat medan listrik E .



Gambar 2.3 Kawat dengan aliran arus listrik

pada Gambar 2.3 suatu logam dengan luas penampang yang sama dialiri suatu arus listrik, sehingga dapat dimisalkan beda potensial pada titik q dan p adalah V , Serta medan listrik dalam logam tersebut adalah sama maka dapat dituliskan :

$$E = \frac{V}{l} \quad (2.4)$$

Sehingga besar rapat arus dalam persamaan 2.2 dapat dituliskan :

$$J = \sigma \frac{V}{l} \quad (2.5)$$

Sehingga besar arus dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$I = \sigma \frac{A}{l} V \quad (2.6)$$

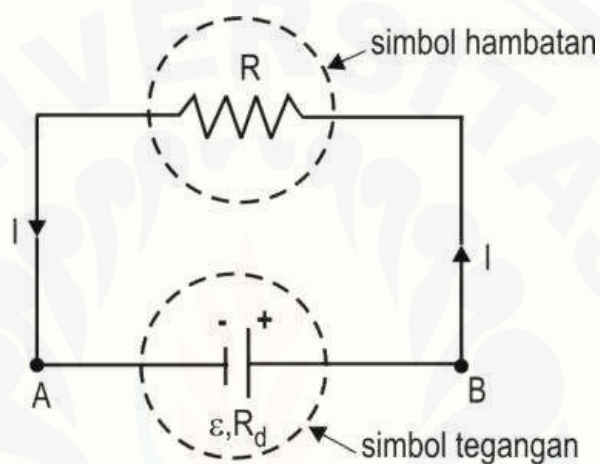
Apabila tetapan $\sigma \frac{A}{l}$ dituliskan dengan $\frac{1}{R}$, maka didapatkan persamaan hukum Ohm sebagai berikut :

$$V = I R \quad (2.7)$$

Dari persamaan tersebut George Simon Ohm menyatakan bahwa besar arus sebanding dengan besar beda potensial, dan mengasumsikan resistansi (R) sebagai suatu faktor proporsional dari voltase dan arus (Sutrisno, 1979).

2.3 Gaya Gerak Listrik (GGL)

Beda potensial akan timbul apabila memberikan sebuah sumber pada rangkaian listrik dimana sumber tersebut bisa berupa baterai atau generator listrik yang dapat mengubah suatu bentuk energi menjadi sebuah energi listrik. Perangkat untuk menghasilkan sumber tersebut biasa disebut dengan sumber Gaya Gerak Listrik atau GGL. Beda potensial yang ada antara terminal – terminal sumber, apabila tidak ada arus yang mengalir ke rangkaian luar disebut dengan GGL sumber



Gambar 2.4 Rangkaian listrik dengan simbol hambatan dan tegangan

Baterai merupakan sebuah sumber arus yang tidak konstan, arus yang dikeluarkan dari baterai berbeda-beda sesuai dengan resistansi internalnya. Voltase dalam baterai bisa saja turun dikarenakan reaksi kimia di dalamnya tidak dapat memasok muatan dengan cukup cepat untuk bisa mempertahankan GGL penuh. Selain itu muatan yang harus mengalir di antara elektroda – elektroda baterai akan selalu ada halangan untuk aliran yang bebas sempurna. Maka dapat dikatakan bahwa baterai memiliki resistansinya sendiri (Giancolli, 2014).

Jika dilihat pada Gambar 2.4 besarnya arus yang dapat mengalir dalam kawat penghantar tergantung oleh hambatan konduktor dan resistansi internalnya, sehingga dapat diketahui hubungan antara arus yang mengalir dalam kawat penghantar dengan tegangan pada ujung terminal konduktor penghantar. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\varepsilon = I (R + R_d) \quad (2.8)$$

Dengan ε merupakan tegangan pada ujung terminal konduktor, yang sama dengan tegangan sumber, dan R adalah hambatan kawat penghantar dan R_d merupakan hambatan dalam yang dimiliki oleh sumber (Mulyatno, 2014).

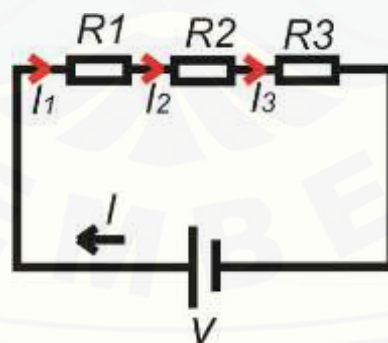
2.4 Rangkaian Seri dan Pararel

Jenis susunan rangkaian di dalam kelistrikan dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu rangkaian seri dan rangkaian pararel. Dimana rangkaian seri merupakan sebuah rangkaian yang komponen listrik disusun secara berderet dengan tidak ada percabangan pada sumber arus listrik. Sedangkan rangkaian pararel merupakan rangkaian komponen listrik disusun secara sejajar dengan begitu akan terbentuk suatu cabang di antara sumber arus listrik.

2.4.1 Rangkaian seri

Apabila dalam suatu rangkaian listrik dihubungkan dari ujung menuju ujung di sepanjang jalur tunggal maka dapat dikatakan bahwa suatu rangkaian disusun secara seri. Dalam rangkaian seri komponen seperti resistor akan sama – sama dilalui oleh muatan sehingga arus akan bernilai tetap ketika melewati setiap resistor. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I_1 = I_2 = I_3 \quad (2.9)$$



Gambar 2.5 Rangkaian susunan seri

Dalam rangkaian seri dapat ditentukan V pada ketiga resistor, karena resistor – resistor dihubungkan dari ujung ke ujung, sehingga konversi energi menyatakan

bahwa voltase total V adalah sama dengan voltase dari masing – masing resistor, sehingga dapat dituliskan :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2.10)$$

Resistansi jika disusun secara seri, maka resistansi total adalah merupakan jumlah resistansi – resistansi tersebut.

Dan hal ini berlaku untuk berapapun jumlah resistansi yang disusun di dalam rangkaian :

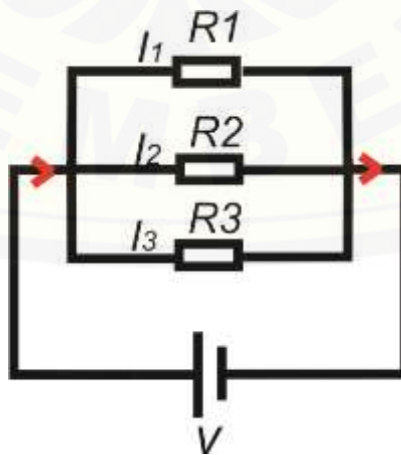
$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.11)$$

(Giancolli, 2014).

2.4.2 Rangkaian Pararel

Apabila dalam suatu rangkaian listrik dihubungkan secara sejajar dan terbentuk percabangan dari sumber arus maka dapat dikatakan sebagai rangkaian pararel. Dalam rangkaian pararel arus total I yang meninggalkan sumber terbagi ke dalam beberapa cabang sesuai jumlah komponen listrik yang dipasang. Karena arus listrik terkonversikan maka arus yang masuk dalam percabangan harus sama dengan arus yang keluar dari percabangan. Persamaan untuk mencari besar kuat arus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2.12)$$



Gambar 2.6 Rangkaian susunan pararel

Ketika resistor terhubung secara paralel seperti Gambar 2.6 maka masing – masing akan memiliki nilai voltase yang sama. Sehingga voltase mutlak diberikan dari sumber tegangan pada setiap resistor, sehingga dapat dituliskan :

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad (2.13)$$

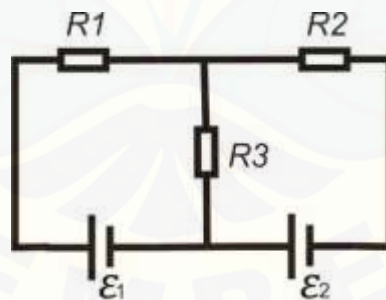
Dikarenakan setiap arus memiliki nilai berbeda pada 3 resistornya maka dapat dituliskan bahwa nilai $I = \frac{V}{R}$, karena pada setiap resistor memiliki nilai voltase sama maka nilai resistansi total dapat dituliskan :

$$R = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2.14)$$

(Giancolli, 2014).

2.5 Hukum Kirchoff

Rangkaian listrik di dalam hukum Kirchoff bersifat lebih kompleks, dapat dilihat apabila terdapat resistor – resistor dihubungkan secara silang dan dibagi dalam beberapa percabangan, sehingga dalam menentukan besar arus dalam rangkaian diperlukan metode lain untuk menghitungnya, dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Rangkaian arus tertutup dua loop

pada Gambar 2.7 untuk menentukan besarnya arus yang mengalir diperlukan suatu metode yang ditemukan oleh Gustav Robert Kirchoff (1842 – 2887), sehingga dalam rangkaian listrik tertutup dapat diselesaikan permasalahan mengenai arus yang mengalir, atau biasa disebut dengan hukum Kirchoff. Pada hukum Kirchoff ini terbagi atas dua kaidah (Mulyatno,2014).

2.5.1 Hukum Kirchoff I

Rangkaian listrik tertutup dengan memiliki percabangan, maka jumlah arus listrik yang masuk pada titik percabangan memiliki jumlah arus yang sama ketika keluar dari titik percabangan. Sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar} \quad (2.15)$$

2.5.2 Hukum Kirchoff II

Penjumlahan perubahan potensial mengelilingi lintasan tertutup pada suatu rangkaian adalah sama dengan nol, atau jumlah aljabar GGL (ε) dalam setiap loop rangkaian sama dengan jumlah aljabar hasil kali (IR) dalam rangkaian loop yang sama.

$$\sum \varepsilon = \sum IR \quad (2.16)$$

(Sutrisno, 1979).

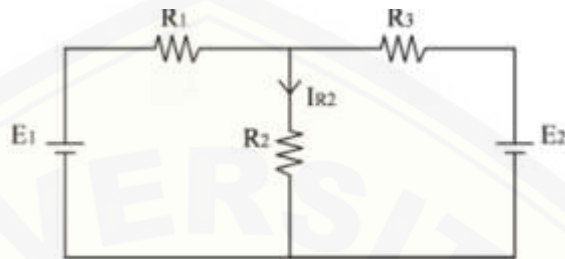
2.6 Theorema Thevenin dan Northon

Dalam menganalisis suatu rangkaian listrik dapat digunakan beberapa metode dan teorema, pada tahun 1883 seorang insinyur yang berasal dari Perancis bernama M.L, Thevenin telah mengembangkan teorema baru untuk menyederhanakan analisa dalam suatu rangkain yang linear dan kompleks, kemudian dikembangkan kembali oleh E. L, Norton yang merupakan seorang ilmuwan. Dari hasil pengembangan teori yang dilakukan didapatkan sebuah teorema baru yang disebut sebagai teorema Thevenin dan teorema Norton.

Kegunaan utama dari teorema Thevenin dan teorema Norton adalah sebagai suatu pengganti dari bagian sebuah rangkaian atau jaringan, yang sangat rumit dan sangat kompleks, menjadi rangkaian dengan ekuivalen yang lebih sederhana. Sehingga dapat memungkinkan untuk membuat perhitungan yang lebih efektif dan efisien dari besaran arus, tegangan, dan daya yang diberikan oleh rangkaian asal pada sebuah beban (Yuliana. 2017).

2.6.1 Theorema Thevenin

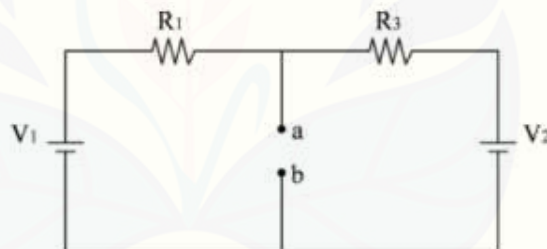
Dalam teorema Thevenin ini dijelaskan bahwasanya suatu rangkaian listrik yang linier dengan dua terminal dapat diganti dengan sebuah sirkuit yang ekuivalen yang terdapat satu sumber tegangan dengan resistor yang dirangkai seri.



Gambar 2.8 rangkaian listrik dua loop Thevenin

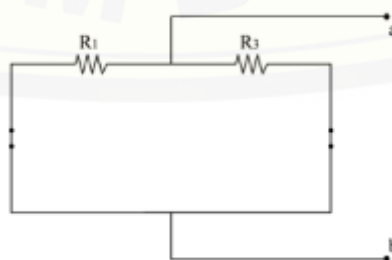
Dari rangkaian pada Gambar 2.8 dapat dilakukan langkah-langkah berikut untuk mengetahui besar kuat arus dengan teorema Thevenin adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan titik terminal a-b pada salah satu resistor di dalam rangkaian



Gambar 2.9 Tahanan pada resistor

- b. Sumber tegangan pada rangkaian bebas digantikan dengan rangkaian pendek, untuk mencari tahanan Thevenin

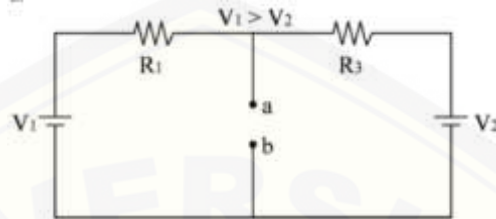


Gambar 2.10 Sumber tegangan pada rangkaian pendek

Sehingga didapatkan persamaan tahanan Thevenin adalah sebagai berikut :

$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} \quad (2.17)$$

- c. Menghubungkan kembali sumber tegangan, dan menghitung nilai tegangan Thevenin



Gambar 2.11 Sumber tegangan pada rangkaian pendek

Sehingga dengan $V_1 > V_2$ pada terminal a-b, akan didapatkan persamaan :

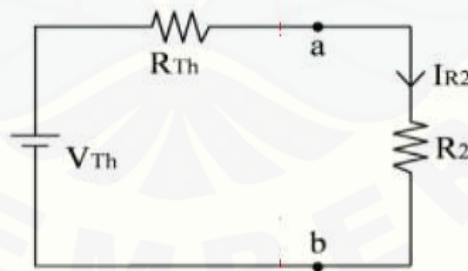
$$I_{th} = \frac{V_1 - V_2}{R_1 + R_3} \quad (2.18)$$

atau dapat dituliskan sebagai berikut :

$$V_{th} = V_1 - I_{th} \cdot R_1 \quad (2.19)$$

$$V_{th} = V_2 + I_{th} \cdot R_3 \quad (2.20)$$

- d. Menghubungkan kembali rangkaian sesuai dengan teorema Thevenin



Gambar 2.12 Rangkaian Thevenin

Sehingga nilai kuat arus dalam resistor R_2 dapat diketahui :

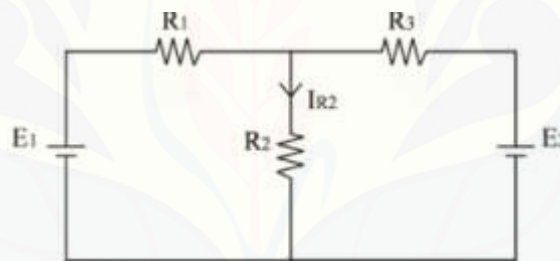
$$I_{R_2} = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_2} \quad (2.21).$$

(Ramdhani, 2005).

Teorema Thevenin dapat difungsikan untuk menganalisa sistem daya dan rangkaian lainnya, yang mana terdapat resistor yang dijadikan sebagai subjek penggantian. Subjek pengganti ini sering disebut dengan resistor beban atau R_L . Sehingga dengan perubahan resistor menjadi lebih sederhana maka tidak perlu dilakukan analisa pada rangkaian secara menyeluruh, namun hanya pada sekitar resistor beban tersebut (Aini, 2017).

2.6.2 Teorema Norton

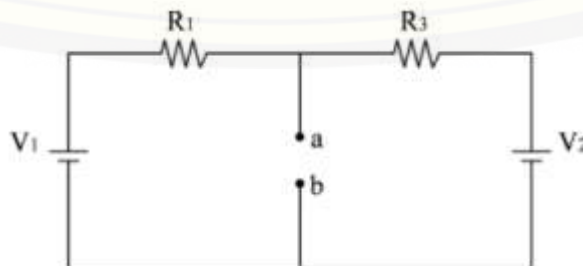
Dalam rangkaian teorema Norton menyatakan suatu rangkaian aktif, linier, dan resistif dengan mengandung satu atau lebih sumber tegangan dapat digantikan dengan suatu sumber arus dan suatu tahanan dengan dipararelkan pada sumber arus. Sehingga untuk menghitung suatu sumber arus beban dilepas lalu dicari arus hubung singkat (Parhan, 2013).



Gambar 2.13 Rangkain listrik dua loop Norton

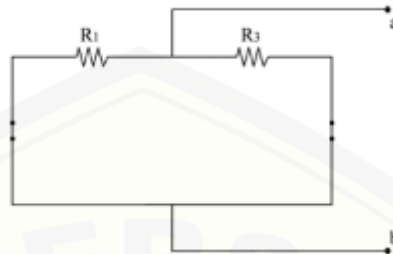
Dari rangkaian pada Gambar 2.13 dapat dilakukan langkah-langkah berikut untuk mengetahui besar kuat arus dengan teorema Norton adalah sebagai berikut :

- Menentukan titik terminal a-b pada salah satu resistor di dalam rangkaian



Gambar 2.14 Tahanan pada resistor

- b. Sumber tegangan pada rangkaian bebas digantikan dengan rangkaian pendek, untuk mencari tahanan Norton

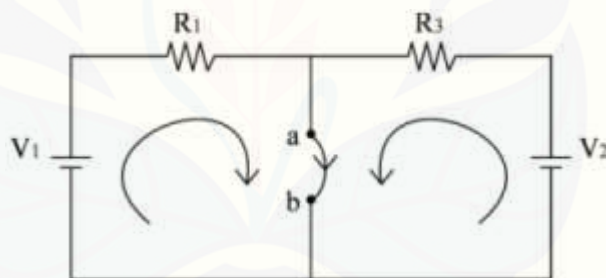


Gambar 2.15 Sumber tegangan pada rangkaian pendek

Sehingga didapatkan persamaan tahanan Norton adalah sebagai berikut :

$$R_N = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} \quad (2.22)$$

- c. Menghubungkan kembali sumber tegangan, dan menghitung nilai tegangan Norton

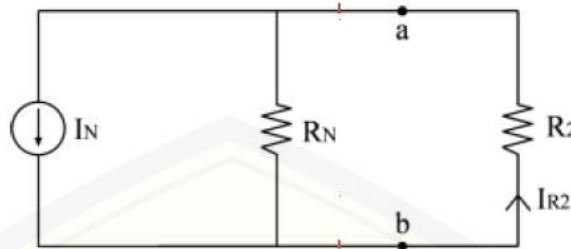


Gambar 2.16 Sumber tegangan pada rangkaian dihubungkan

Sehingga dengan $I_N = I_1 + I_2$, akan didapatkan persamaan :

$$I_N = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_3} \quad (2.23)$$

d. Menghubungkan kembali rangkaian sesuai dengan teorema Norton



Gambar 2.17 Rangkaian Norton

Sehingga nilai kuat arus dalam resistor R_2 dapat diketahui :

$$I_{R_2} = \frac{R_N}{R_N + R_2} \cdot I_N . \quad (2.24)$$

(Ramdhani, 2005).

2.7 Metode Cepat (*MagicMath*)

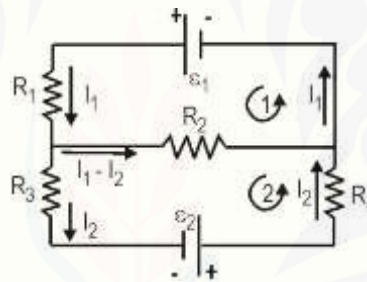
Dalam menyelesaikan masalah matematis telah banyak dikembangkan metode–metode cepat. Dimana dengan adanya metode cepat sebuah soal yang membutuhkan analisis kompleks dan menghabiskan waktu dalam pengerjaannya akan lebih mudah dan cepat untuk menyelesaikannya. Dalam persoalan fisika tidak hanya melibatkan matematis namun diperlukan juga nalar yang baik untuk memecahkan permasalahan. Beberapa penelitian telah dikembangkan untuk memindahkan *mindset* dari fisika yang dianggap sulit menjadi fisika yang mudah dan menyenangkan, salah satunya adalah penelitian Widyawati (2019), yang mengembangkan teori tentang relativitas khusus Einstein, di dalamnya terdapat beberapa macam persamaan, dengan bahasan yang cukup rumit, hal inilah yang menggiring opini siswa bahwa fisika harus menghafalkan banyak rumus, namun dengan dikembangkannya teori relativitas ini, dari persamaan yang cukup banyak dapat diselesaikan hanya dengan menggunakan satu persamaan yaitu phytagoras.

Dari hasil pengembangan teori relativitas khusus Einstein, dilakukan penelitian Khasannah (2019), untuk mengaplikasikan ke sekolah, dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan

yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi metode Pythagoras dalam menyelesaikan soal-soal relativitas khusus Einstein berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar. Hal tersebut dapat diketahui bahwa *magicmath* memiliki peran penting dalam membantu proses pembelajaran yang ada di sekolah.

2.8 Aplikasi Hukum Kirchoff (Metode Eliminasi Substitusi)

Hukum Kirchoff dengan metode eliminasi substitusi dalam penyelesaian rangkaian arus listrik tertutup sangat banyak digunakan oleh sebagian besar siswa, hukum ini diaplikasikan untuk menentukan besar arus pada setiap percabangan rangkaian tersebut. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan penyelesaian menggunakan metode eliminasi substitusi :



Gambar 2.18 Rangkaian listrik dua loop

Berdasarkan Gambar 2.18 tahapan untuk menyelesaikan persoalan rangkaian dua loop adalah :

- a. Menganalisis terlebih dahulu rangkaian tersebut, untuk kemudian dapat dibedakan ke dalam dua buah bagian rangkaian, yaitu rangkaian 1 dan 2.
- b. Menentukan arah loop yang sama untuk kedua rangkaian tertutup, kemudian membuat pemisalan pada tanda aljabar I dan ε sesuai dengan perjanjian yang telah disepakati adalah :
 1. Jika arus searah dengan arah loop maka dapat disepakati untuk memberikan tanda (+), sedangkan jika berlawanan dengan arah loop dapat diberikan tanda (-)

2. Jika arah loop pada sumber tegangan dari kutub (-) menuju kutub (+) maka ε dapat disepakati untuk memberikan tanda (+), sedangkan jika berlawanan dapat diberikan tanda (-)
- c. Menuliskan konsep hukum Kirchoff pada setiap loop yang telah disesuaikan dengan arah loop
- Loop pertama :
- $$\sum \varepsilon = \sum IR$$
- $$\varepsilon_1 = I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_2$$
- Loop Kedua :
- $$\varepsilon_2 = I_2 R_4 - (I_1 - I_2) R_2 + I_2 R_3$$
- d. Dengan menyelesaikan secara eliminasi dan substitusi pada persamaan loop pertama dan loop kedua akan didapatkan besar kuat arus I_1, I_2, I_3
- e. Jika hasil dalam penyelesaian didapatkan hasil kuat arus negatif maka hanya arah arusnya berlawanan dengan arah yang dimisalkan di dalam rangkaian.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu pada semester Gasal bulan November tahun 2019/2020. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di Laboratorium Fisika, Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Jember.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk kedalam penelitian *non experimental*, Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan atau mendeskripsikan suatu keadaan, peristiwa, objek apakah orang, atau segala sesuatu yang terkait dengan variabel-variabel yang bisa dijelaskan baik dengan angka-angka maupun kata-kata (Punaji, 2010). Penelitian ini berfokus pada studi kasus tentang rangkaian listrik dua loop dengan mengkaji teori-teori yang sudah ada kemudian menganalisis dengan sebuah solusi penyelesaian baru berbantuan tabel.

3.3 Definisi Operasional Variabel

Dalam penelitian ini akan didefinisikan beberapa variabel yang akan diteliti adalah sebagai berikut :

a. Penyelesaian berbantuan tabel

Pada penelitian ini dari teori-teori yang sudah ada, penyelesaian berbantuan tabel digunakan sebagai solusi alternatif baru untuk menyelesaikan persoalan rangkaian listrik tertutup dua loop.

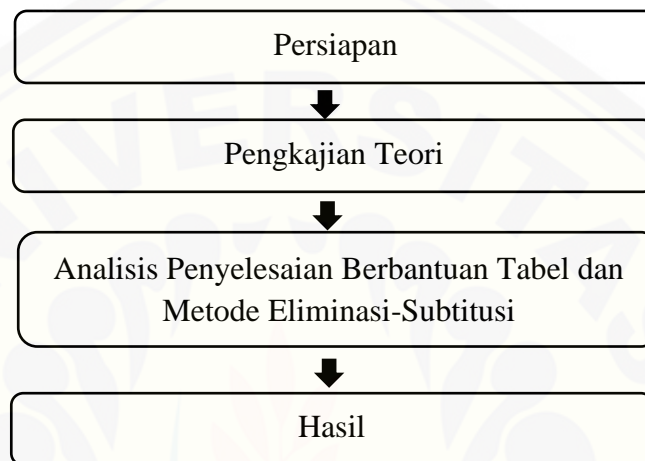
b. Rangkaian listrik dua loop

Jenis rangkaian yang akan dilakukan analisis pada penelitian ini berfokus pada jenis rangkaian listrik yang memiliki dua loop dengan berbagai variasi sumber tegangan ataupun resistor.

c. Kuat arus listrik

Dalam penelitian ini mencari besar kuat arus pada masing-masing percabangan dengan berbantuan tabel dan metode eliminasi-substitusi

3.3 Langkah Penelitian



Gambar 3. 1 Skema Penelitian

a. Persiapan

Pada tahap persiapan ini peneliti akan mempersiapkan semua kebutuhan yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun kebutuhan dalam penelitian ini adalah pencarian literatur, baik berupa buku dan jurnal – jurnal berskala nasional maupun internasional yang relevan dengan topik penelitian.

b. Pengkajian Teori

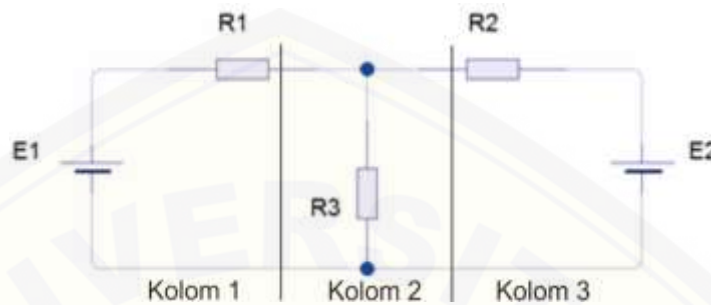
Pada tahap pengkajian teori ini peneliti akan melakukan kajian dari teori bahan–bahan yang sudah diperoleh. Dari teori-teori yang sudah ada yaitu prinsip dasar hukum Ohm dan teorema Thevenin Norton akan disubstitusikan ke dalam sebuah tabel untuk mempermudah dalam proses mengerjakan suatu persoalan rangkaian listrik tertutup dua loop.

c. Analisis Penyelesaian Berbantuan Tabel dan Metode Eliminasi Substitusi

Teori yang digunakan dalam penyelesaian berbantuan tabel adalah teori hukum Ohm dengan teorema Thevenin dan Teorema Northon yang kemudian dipadukan dengan analisis secara sederhana, dengan membagi rangkaian kompleks

dua loop dalam beberapa bagian, sehingga dengan cara tersebut didapatkan besarnya kuat arus dalam rangkaian.

Berikut merupakan tahapan dalam analisis teori rangkaian listrik tertutup dua loop :



Gambar 3.2 Rangkaian listrik dua loop analisa berbantuan tabel

1. Rangkaian listrik tertutup dua loop dengan solusi penyelesaian berbantuan tabel, dianalisis menggunakan hukum Ohm sebagai dasar

$$V = I \cdot R \quad (3.1)$$

2. Kemudian menganalisis rangkaian dengan membagi ke dalam tiga bagian untuk mencari nilai arus dengan prinsip dari teorema Norton sehingga didapatkan besar arus pengganti pada rangkaian

$$I = \frac{E1}{R1} + \frac{0}{R3} + \frac{E2}{R2} \quad (3.2)$$

3. Resistor dalam rangkaian yang telah terbagi dalam tiga bagian, dianalisis dengan prinsip penjumlahan rangkaian paralel sehingga didapatkan besar resistor ekuivalen dalam rangkaian

$$\frac{1}{RP} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \quad (3.3)$$

$$\frac{1}{RP} = \frac{R2 \cdot R3 + R1 \cdot R3 + R1 \cdot R2}{R1 \cdot R2 \cdot R3} \quad (3.4)$$

$$RP = \frac{R1 \cdot R2 \cdot R3}{R2 \cdot R3 + R1 \cdot R3 + R1 \cdot R2} \times \frac{1}{\frac{1}{R2 \cdot R3}} \quad (3.5)$$

$$RP = \frac{R1}{1 + \frac{R1}{R2} + \frac{R1}{R3}} \quad (3.6)$$

$$RP = \frac{R1}{\frac{R1}{R1} + \frac{R1}{R2} + \frac{R1}{R3}} \quad (3.7)$$

4. Kemudian dengan data dari besar arus pengganti dan resistor ekuivalen, dapat dicari besar tegangan pengganti pada rangkaian

$$V_p = I \cdot R \quad (3.8)$$

5. Hasil tegangan pengganti dapat digunakan untuk mencari besar kuat arus pada setiap percabangan menggunakan konsep hukum Ohm

$$I = \frac{\Delta V}{R} \quad (3.9)$$

Dimana ΔV merupakan hasil pengurangan dari sumber tegangan dan tegangan pengganti pada rangkaian, begitu pula sebaliknya tergantung bilangan yang memiliki nilai terbesar, kuat arus pada rangkaian memiliki nilai mutlak.

Untuk memudahkan dalam mengerjakan langkah di atas maka digunakanlah tabel sehingga dalam melakukan perhitungan ataupun dalam proses menganalisis akan lebih mudah dan terstruktur :

1. Pada gambar rangkaian akan dibagi mejadi tiga bagian, pada kolom satu akan dianalisis terlebih dahulu untuk mendapat nilai dari besar arus pengganti, begitu juga pada kolom dua dan kolom tiga.
2. Kemudian akan didapatkan harga tegangan pengganti rangkaian dari hasil analisis arus pengganti dan resistor ekuivalen pada setiap kolom
3. Sehingga untuk mencari besar kuat arus pada setiap percabangan, maka dianalisis setiap kolom pada rangkaian, sehingga dihasilkan data seperti tabel

Sehingga dari data tersebut dapat dianalisis dengan berbantuan tabel sebagai berikut :

Tabel 3.1 Analisis berbantuan tabel

Deskripsi	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3
Kuat arus pengganti dalam rangkaian : I_p	I_{p1}	I_{p3}	I_{p2}
Resistor Ekuivalen dalam rangkaian : R_e		R_e	
Tegangan Pengganti dalam rangkaian : V_p		V_p	
Kuat arus dalam setiap percabangan : I	I_1	I_3	I_2

Keterangan simbol di atas dapat diketahui :

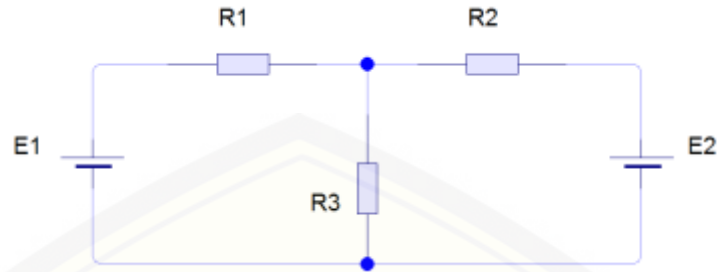
I_p = Kuat arus pengganti dalam rangkaian (A)

R_e = Resistor Ekuivalen (Ohm)

V_p = Tegangan Pengganti (V)

I = Kuat arus pada percabangan (A)

Berikut merupakan analisis penyelesaian soal rangkaian listrik dua loop dengan metode substitusi dan eliminasi :



Gambar 3. 3 Rangkaian listrik dua loop metode eliminasi substitusi

1. Menganalisis terlebih dahulu rangkaian tersebut, untuk kemudian dapat dibedakan ke dalam dua buah bagian rangkaian yaitu rangkaian 1 dan 2.
2. Menentukan arah loop yang sama untuk kedua rangkaian tertutup
3. Menuliskan konsep hukum Kirchoff pada setiap loop yang telah disesuaikan dengan arah loop

Loop pertama :

$$\sum \varepsilon = \sum IR$$

$$\varepsilon_1 = I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3$$

Loop Kedua :

$$\varepsilon_2 = I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3$$

4. Dengan menyelesaikan secara eliminasi dan substitusi pada persamaan loop pertama dan loop kedua akan didapatkan besar kuat arus I_1, I_2, I_3
- d. Hasil

Pada tahap hasil ini, peneliti memperoleh hasil dan perhitungan yang diharapkan sesuai dengan teori yang ada sebelumnya. Yang kemudian akan dilakukan pembahasan serta analisis penyelesaian berbantuan tabel dengan metode eliminasi substitusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. N., A. A. Putra, dan Endarko. 2017. *Teorema Thevenin Dan Norton Percobaan Elektronika Dasar I – Teorema Thevenin Dan Norton – E5*. https://www.academia.edu/23467292/Theorema_Thevenin_dan_Norton_E4 _ [Diakses pada 20 Juli 2019].
- Asran. 2014. *Rangkaian Listrik I*. Aceh: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh Jurusan Teknik Elektro.
- Giancolli, D. C. 2014. *Fisika Edisi ke Tujuh Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hastuti, A., H. Sahidu, dan Gunawan. 2016. Pengaruh model PBL berbantuan media virtual terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(3): 129-130.
- Khasanah, U. K., B. Supriadi, dan S. H. B. Prastowo, 2019. Aplikasi metode pythagoras dalam penyelesaian soal-soal relativitas khusus einstein terhadap hasil belajar siswa kelas XII SMA negeri Ambulu. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 8(1): 30-31.
- Mulyatno. 2014. *Fisika Umum II*. Tangerang: Universitas Terbuka.
- Parhan, N. 2013. *Teknik Listrik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan.
- Punaji, Setyosari. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta Kencana.
- Rahmawati., S. H. B. Prastowo, dan T. Prihandono, 2017. Identifikasi pemahaman konsep rangkaian arus searah pada siswa MAN 1 Jember kelas XII. *Prosiding Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi untuk Mengembangkan Budaya Ilmiah dan Inovasi terbaru dalam mendukung Sustainable Development Goals (SDGs) 2030* 2: 24 September 2017. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2017*: 4.
- Ramdhani, Mohamad. 2005. *Rangkaian Listrik (Revisi)*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Rusilowati, A. 2006. Profil kesulitan belajar fisika pokok bahasan kelistrikan siswa SMA di kota Semarang. *Jurnal Pend. Fisika Indonesia*. 4(2): 102-105.
- Setiyono, A. 2005. *Mathmagic Cara Jenius Belajar Matematika*. Jakarta: Kompas Gramedia.

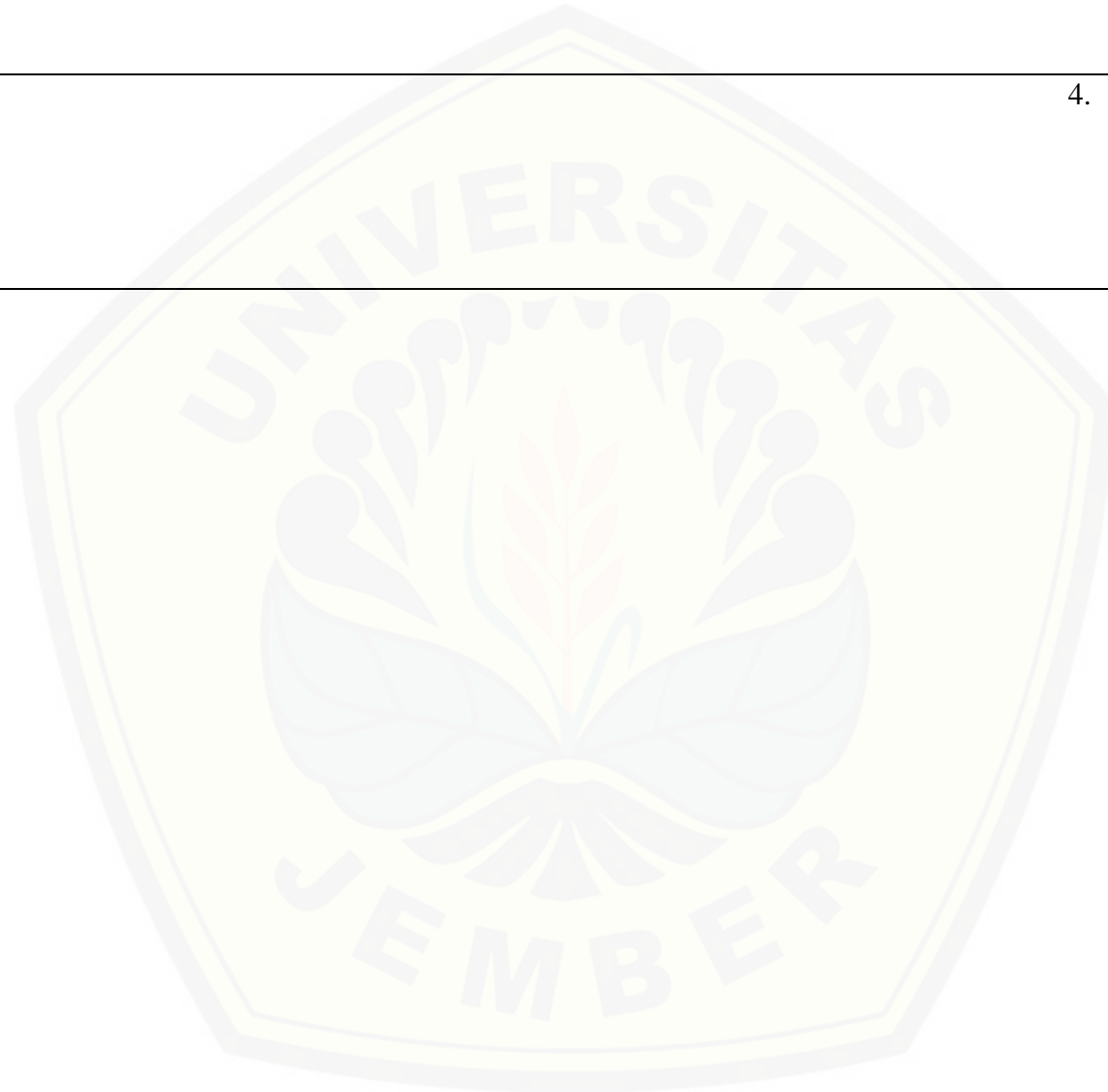
- Sugiana, I. N., A. Harjono, dan H. Sahidu. 2016. Pengaruh model pembelajaran generatif berbantuan media laboratorium virtual terhadap penguasaan konsep fisika siswa pada materi momentum dan impuls. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(2): 61-62.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sutrisno. 1979. *Fisika Dasar*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Widyawati, T. 2019. Metode Phytagoras untuk Menyelesaikan Persoalan Relativitas Khusus Einstein. *Skripsi*. Jember: Program Sarjana Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Yuliana, E., A. Widodo, dan B. Indarto. 2017. *Teorema Thevenin dan Norton (E4) Praktikum Elektronika Dasar I (E4)*. https://www.academia.edu/11365496/Teorema_Thevenin_dan_Norton. [Diakases pada 20 Juli 2019].

LAMPIRAN

Lampiran 1. Matriks penelitian

Judul	Tujuan Penelitian	Variabel	Data Dan Teknik Pengambilan Data	Metode Penelitian
ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK TERTUTUP DUA LOOP BERBANTUAN TABEL	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyelesaian berbantuan tabel dalam persoalan kuat arus rangkaian listrik tertutup dua loop.	<ol style="list-style-type: none"> Variabel Bebas : Metode berbantuan tabel Variabel Terikat : Kuat arus listrik rangkain tertutup dua loop Variabel Kontrol : Rangkaian listrik dua loop berbagai variasi 	<ol style="list-style-type: none"> Sumber Data : <ol style="list-style-type: none"> Buku Jurnal Internet Variasi Penulis Teknik pengambilan data : Melakukan perhitungan terhadap hukum II Kirchoff tentang kuat arus listrik rangkaian kompleks dua loop dan metode penyelesaian berbantuan tabel 	<ol style="list-style-type: none"> Mengumpulkan dan membaca literatur yang berkaitan dengan hukum II Kirchoff tentang kuat arus listrik rangkaian kompleks 2 loop Melakukan analisis terhadap rangakain kompleks dua loop Melakukan perhitungan terhadap besar kuat arus rangakain kompleks dua loop

-
4. Mengaitkan hasil perhitungan terhadap cara penyelesaian dengan metode berbantuan tabel
-


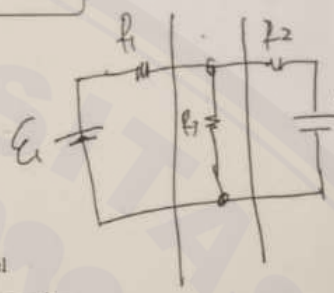


Lampiran 2. Analisis uji persoalan terhadap 4 responden siswa

Lampiran 2. Analisis uji persoalan terhadap 4 responden siswa

NAMA RESPONDEN : MIB

1. Contoh persoalan Ujian Nasional 2009 (D13) P88

a. Analisis persoalan dengan metode penyelesaian berbantuan tabel

Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3
$I_p = \frac{6}{2}$	$I_p = \frac{0}{2}$	$I_p = 8$
	$I_p = 3 + 0 + 8 = 11 \text{ A}$	
	$R_e = \frac{2}{\frac{1}{2} + \frac{2}{2} + \frac{2}{1}}$	905μ
	$V_p = 11 \cdot 0,5 = 5,5 \text{ V}$	
$I_1 = \frac{6 - 5,5}{2} = -0,25 \text{ A}$	$I_3 = \frac{5,5 - 0}{2} = 2,75 \text{ A}$	$I_2 = \frac{8 - 5,5}{1} = 2,5 \text{ A}$

b. Analisis persoalan dengan metode eliminasi substitusi

Hk Kirchhoff II

$$\bar{I}_3 = I_2 + I_1$$

loop 1

$$\sum \mathcal{E} = I_1 R_1 + I_3$$

$$6 = 2I_1 + 2(I_1 + I_2)$$

$$6 = 2I_1 + 2I_1 + 2I_2$$

$$6 = 4I_1 + 2I_2 \dots \textcircled{1}$$

loop 2

$$\sum \mathcal{E} = I_2 R_2 + I_3 R_3$$

$$0 = 1I_2 + 2(I_1 + I_2)$$

$$0 = 1I_2 + 2I_1 + 2I_2$$

$$0 = 3I_2 + 2I_1 \dots \textcircled{2}$$

eliminasi

$$4I_1 + 2I_2 = 6 \quad \times 1$$

$$2I_1 + 3I_2 = 8 \quad \times 2$$

$$4I_1 + 2I_2 = 6$$

$$4I_1 + 6I_2 = 16$$

$$-4I_2 = -10$$

$$I_2 = 2,5 \text{ A} \dots$$

substitusi

$$4I_1 + 2I_2 = 6$$

$$4I_1 + 2(2,5) = 6$$

$$4I_1 + 5 = 6$$

$$4I_1 = 1$$

$$I_1 = 0,25 \text{ A}$$

$$I_3 = I_2 + I_1$$

$$I_3 = 2,5 + 0,25$$

$$\bar{I}_3 = 2,75 \text{ A}$$

KUISONER ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK DUA LOOP DENGAN METODE PENYELESAIAN BERBANTUAN TABEL DAN METODE ELIMINASI SUBSTITUSI

NAMA RESPONDEN : M. B

Pentunjuk pengisian kuisoner :

Isilah kuisoner berikut sesuai dengan hasil analisa dan opini anda mengenai penyelesaian persoalan rangkaian listrik dengan metode berbantuan tabel dan metode eliminasi substitusi, lingkari jawaban yang anda pilih lalu deskripsikan kenapa anda memilih jawaban tersebut

1. Dalam menyelesaikan persoalan diatas manakah metode yang menurut anda memiliki langkah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

Karena Metode tersebut tidak terlalu panjang dan lebih ringkas serta tabel membantu saja mengagalkan lebih baik

b. Metode eliminasi substitusi

Alasan :

2. Jika ditinjau secara konsep fisis dalam fisika dan matematis , untuk menyelesaikan persoalan rangkaian listrik dua loop, metode manakah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

Langkah pengerjaan konsepnya lebih sederhana sebagai pemertuan masalahnya lebih mudah.

b. Metode eliminasi substitusi

Alasan :

NAMA RESPONDEN: MYW

2. Contoh persoalan Ujian Nasional 2009 (D13) P88

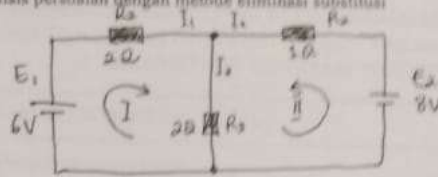


a. Analisis persoalan dengan metode penyelesaian berbantuan tabel



Deskripsi	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3
Kuat arus pengganti Ohm rangkaian I_p	$I_{p1} = \frac{6}{2}$	$I_{p3} = \frac{0}{2}$	$I_{p2} = \frac{8}{1}$
	$I_p = 3 + 0 + 8 = 11 \text{ A}$		
Resistor Ekuivalen Ohm rangkaian R_e	$R_e = \frac{2}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = 0,5 \text{ Ohm}$		
Tegangan pengganti Ohm rangkaian: V_p	$V_p = 11 \cdot 0,5 = 5,5 \text{ V}$		
Kuat arus Ohm setiap percabangan:	$I_1 = \frac{6 - 5,5}{2} = 0,25 \text{ A}$	$I_3 = \frac{5,5 - 0}{2} = 2,75 \text{ A}$	$I_2 = \frac{8 - 5,5}{1} = 2,5 \text{ A}$

b. Analisis persisian dengan metode eliminasi substitusi



Hk. Kirchhoff II :

$$I_3 = I_1 + I_2$$

* Loop I

$$\sum E = \sum (I \times R)$$

$$E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3$$

$$6 = 2 \cdot I_1 + 2 I_3$$

$$6 = 2 \cdot I_1 + 2 (I_1 + I_2)$$

$$6 = 4 I_1 + 2 I_2 \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

* Loop II

$$\sum E = \sum (I \times R)$$

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$$

$$8 = 1 \cdot I_2 + 2 I_3$$

$$8 = 1 \cdot I_2 + 2 (I_2 + I_1)$$

$$8 = 3 I_2 + 2 I_1$$

$$8 = 3 I_2 + 2 I_1 \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

* Substitusi

$$6 = 4 I_1 + 2 I_2$$

$$6 = 4 I_1 + 2 (2,5)$$

$$I_1 = (6 - 5) / 4$$

$$I_1 = 0,25 \text{ A}$$

$$I_3 = I_2 + I_1$$

$$= 2,5 + 0,25$$

$$= 2,75 \text{ A}$$

* Eliminasi :

$$6 = 4 I_1 + 2 I_2 \quad (x1)$$

$$8 = 3 I_2 + 2 I_1 \quad (x2)$$

$$6 = 4 I_1 + 2 I_2$$

$$16 = 4 I_1 + 6 I_2 \quad -$$

$$\hline -10 = -4 I_2$$

$$10 / 4 = I_2$$

$$I_2 = 2,5 \text{ A}$$

KUISONER ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK DUA LOOP DENGAN METODE PENYELESAIAN BERBANTUAN TABEL DAN METODE ELIMINASI SUBSTITUSI

NAMA RESPONDEN : MYW

Pentunjuk pengisian kuisoner :

Isilah kuisoner berikut sesuai dengan hasil analisa dan opini anda mengenai penyelesaian persoalan rangkaian listrik dengan metode berbantuan tabel dan metode eliminasi substitusi, lingkari jawaban yang anda pilih lalu deskripsikan kenapa anda memilih jawaban tersebut

1. Dalam menyelesaikan persoalan diatas manakah metode yang menurut anda memiliki langkah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

Karena dengan adanya Metode berbantuan tabel perhitungan saya lebih terarah dan mudah

b. Metode eliminasi substitusi

Alasan :

2. Jika ditinjau secara konsep fisis dalam fisika dan matematis , untuk menyelesaikan persoalan rangkaian listrik dua loop, metode manakah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

Karena saya tidak perlu mencari/menganalisis arah arus untuk mengerjakannya sehingga lebih sederhana

b. Metode eliminasi substitusi

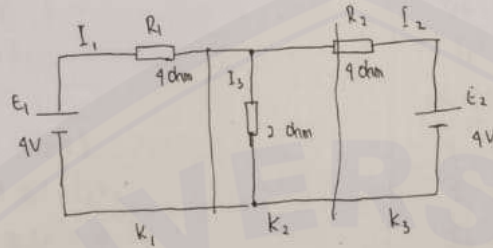
Alasan :

NAMA RESPONDEN : SM

3. Contoh persoalan Ujian Nasional 2017

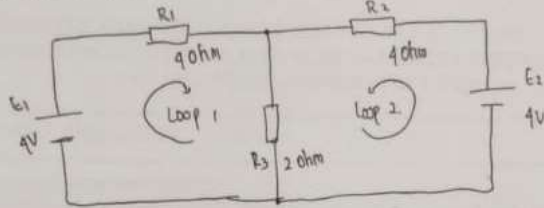


a. Analisis persoalan dengan metode tabel



Diketahui	K_1	K_2	K_3
kuat arus pengalir dalam rangkaian :	$i_{p1} = \frac{4}{4}$	$i_{p3} = \frac{0}{2}$	$i_{p2} = \frac{4}{4}$
I_p	$I_p = 1 + 0 + 1 = 2 \text{ A}$		
R_e	$R_e = \frac{4}{\frac{4}{4} + \frac{2}{2} + \frac{4}{4}} = 1 \text{ ohm}$		
V_p	$V_p = 2 \cdot 1 = 2 \text{ V}$		
I	$I_1 = \frac{4-2}{4} = 0,5 \text{ A}$	$I_3 = \frac{2-0}{2} = 1 \text{ A}$	$I_2 = \frac{4-2}{4} = 0,5 \text{ A}$

b. Analisis persoalan dengan metode eliminasi substitusi



Hk. kirchhoff II

$$I_3 = I_1 + I_2$$

Loop I

$$\sum E = \sum (I \times R)$$

$$E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3$$

$$4 = 4 \cdot I_1 + 2 \cdot I_3$$

$$4 = 4 \cdot I_1 + 2(I_1 + I_2)$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \dots (1)$$

Loop II

$$\sum E = \sum (I \times R)$$

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$$

$$4 = 4 \cdot I_2 + 2 \cdot I_3$$

$$4 = 4 \cdot I_2 + 2(I_2 + I_1)$$

$$4 = 6 \cdot I_2 + 2 \cdot I_1$$

$$4 = 6 \cdot I_2 + 2 \cdot I_1 \dots (2)$$

Eliminasi

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \quad (\times 1)$$

$$4 = 6 \cdot I_2 + 2 \cdot I_1 \quad (\times 3)$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2$$

$$12 = 6 \cdot I_2 + 18 \cdot I_1$$

$$-8 = -16 I_1$$

$$\frac{8}{16} = I_1$$

$$I_1 = 0,5 \text{ A}$$

substitusi

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2$$

$$4 = 6 \cdot 0,5 + 2 \cdot (0,5)$$

$$I_2 = (4 - 3) / 2$$

$$I_2 = 0,5 \text{ A}$$

Jadi :

$$I_3 = I_2 + I_1$$

$$= 0,5 \text{ A} + 0,5 \text{ A}$$

$$= 1 \text{ A}$$

KUISONER ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK DUA LOOP DENGAN METODE PENYELESAIAN BERBANTUAN TABEL DAN METODE ELIMINASI SUBSTITUSI

NAMA RESPONDEN : S M

Pentunjuk pengisian kuisoner :

Isilah kuisoner berikut sesuai dengan hasil analisa dan opini anda mengenai penyelesaian persoalan rangkaian listrik dengan metode berbantuan tabel dan metode eliminasi substitusi, lingkari jawaban yang anda pilih lalu deskripsikan kenapa anda memilih jawaban tersebut

1. Dalam menyelesaikan persoalan diatas manakah metode yang menurut anda memiliki langkah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

karena dengan metode tabel dalam mengerjakan lebih ringkas dan lebih mudah dipahami

b. Metode eliminasi substitusi

Alasan :

2. Jika ditinjau secara konsep fisis dalam fisika dan matematis , untuk menyelesaikan persoalan rangkaian listrik dua loop, metode manakah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

konsep yang digunakan lebih mudah dan lebih simple untuk digunakan, serta matemahnya lebih mudah dipahami

b. Metode eliminasi substitusi

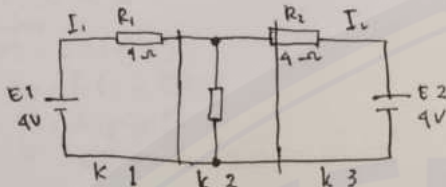
Alasan :

NAMA RESPONDEN: DM

3. Contoh persoalan Ujian Nasional 2017

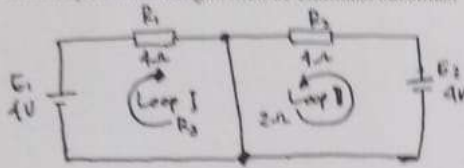


a. Analisis persoalan dengan metode tabel



Deskripsi	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3
I_p	$I_{p1} = \frac{1}{4}$	$I_{p2} = \frac{0}{2}$	$I_{p3} = \frac{1}{4}$
	$I_p = 1 + 0 + 1 = 2 \text{ A}$		
R_e	$R_e = \frac{4}{\frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = 1 \text{ ohm}$		
V_p	$V_p = 2 \cdot 1 = 2 \text{ V}$		
I	$I_1 = \frac{4-2}{4} = 0,5 \text{ A}$	$I_2 = \frac{2-0}{2} = 1 \text{ A}$	$I_3 = \frac{4-2}{4} = 0,5 \text{ A}$

b. Analisis persamaan dengan metode eliminasi substitusi



Hukum Kirchoff II:

$$I_3 = I_1 + I_2$$

Loop I

$$\sum E = \sum (I \times R)$$

$$E_1 = I_1 R_1 + I_1 R_2$$

$$4 = 4 \cdot I_1 + 2 \cdot I_1$$

$$4 = 4I_1 + 2(I_1 + I_2)$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \dots (1)$$

Loop II

$$\sum E = \sum (I \times R)$$

$$E_2 = I_2 R_3 + I_2 R_4$$

$$4 = 4 \cdot I_2 + 2 \cdot I_2$$

$$4 = 4 \cdot I_2 + 2(I_2 + I_1)$$

$$4 = 6 \cdot I_2 + 2 \cdot I_1$$

$$4 = 6 \cdot I_2 + 2 \cdot I_1 \dots (2)$$

Eliminasi

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \quad (\times 1)$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \quad (\times 3)$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2$$

$$12 = 6 \cdot I_1 + 18 \cdot I_2 \quad -$$

$$-8 = -16 \cdot I_2$$

$$\frac{8}{16} = I_2$$

$$I_2 = 0,5 \text{ A}$$

Substitusi

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2$$

$$4 = 6 \cdot I_1 + 2(0,5)$$

$$I_1 = (4-1)/6$$

$$I_1 = 0,5 \text{ A}$$

$$I_3 = I_2 + I_1$$

$$I_3 = 0,5 + 0,5$$

KUISONER ANALISIS PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK DUA LOOP DENGAN METODE PENYELESAIAN BERBANTUAN TABEL DAN METODE ELIMINASI SUBSTITUSI

NAMA RESPONDEN : DM

Pentunjuk pengisian kuisiöner :

Isilah kuisiöner berikut sesuai dengan hasil analisa dan opini anda mengenai penyelesaian persoalan rangkaian listrik dengan metode berbantuan tabel dan metode eliminasi substitusi, lingkari jawaban yang anda pilih lalu deskripsikan kenapa anda memilih jawaban tersebut

1. Dalam menyelesaikan persoalan diatas manakah metode yang menurut anda memiliki langkah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

Karena dengan metode tabel dalam pengerjaan lebih ringkas dan lebih mudah dalam menyelesaikan soal.

b. Metode eliminasi substitusi

Alasan :

2. Jika ditinjau secara konsep fisis dalam fisika dan matematis , untuk menyelesaikan persoalan rangkaian listrik dua loop, metode manakah yang lebih mudah ?

a. Metode berbantuan tabel

Alasan :

Konsep penggunaan Metode berbantuan tabel lebih mudah dan penyelesaiannya lebih ringkas, karena perhitungannya tidak rumit.

b. Metode eliminasi substitusi

Alasan :