



**PENGEMBANGAN PERANGKAT PRAKTIKUM  
PENGUKURAN BESARAN LISTRIK ARUS SEARAH  
BERBASIS *DISCOVERY LEARNING***

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Fisika

Oleh

Laili Zalafi  
4201413094

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan perundang-undangan.

Semarang, 20 September 2017



Laili Zalafi

NIM. 4201413094

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

Pengembangan Perangkat Praktikum Pengukuran Besaran Listrik Arus  
Searah Berbasis *Discovery Learning*

disusun oleh:

Nama : Laili Zalafi

NIM : 4201413094

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 20  
September 2017.

Panitia:



Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt  
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.  
NIP. 196807141996031005

Penguji Utama

Dr. Putut Marwoto, M.S.  
NIP. 196308211988031004

Anggota Penguji/  
Dosen Pembimbing I

Dr. Budi Astuti, M.Sc.  
NIP. 197902162005012001

Anggota Penguji/  
Dosen Pembimbing II

Teguh Darsono, S.Pd, M.Si., Ph.D.  
NIP. 197002112002121001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

- Mudahkanlah urusan orang lain, maka Allah akan mempermudah urusanmu.
- Kita jalani sejauh mana kita berjalan, nikmati senyaman mana kita bertahan, dan syukuri seikhlas apa kita menerimanya.

### PERSEMBAHAN

- Untuk kedua orang tua saya. Bapak Sholikhin, S.Pd.i., dan Ibu Zumrotun Khoiri yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
- Untuk kakek saya, H. Talchan yang selalu memberikan motivasi dan doa kepada penulis.
- Untuk adikku Lina Rosidah.

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Pengembangan Perangkat Praktikum Pengukuran Besaran Listrik Berbasis *Discovery Learning*. Banyak pihak terlibat yang selalu memberikan motivasi, semangat, petunjuk dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih pada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si, Akt, selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Budi Astuti, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak mengarahkan dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Teguh Darsono, S.Pd, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak mengarahkan dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen jurusan Fisika yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama perkuliahan.
7. Bapak Wasi Sakti W.P, S.Pd., yang selalu memberikan bantuan dan saran dalam skripsi ini.

8. Seluruh mahasiswa fisika rombel 1 angkatan 2016 yang telah berkenan untuk menjadi objek dalam penelitian ini
9. Sahabat-sahabatku jurusan Fisika angkatan 2013.
10. Sahabat-sahabatku Trias Porta yang selalu memberikan semangat.
11. Keluarga Kos Strawberry yang selalu memberikan semangat, dan
12. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya atas segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan pada kesempatan lain. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.



Semarang, 20 September 2017

Penulis

## ABSTRAK

Zalafi, Laili.2017. *Pengembangan Perangkat Praktikum Pengukuran Besaran Listrik Arus Searah Berbasis Discovery Learning*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Budi Astuti, M.Sc., dan Pembimbing Pendamping Teguh Darsono, S.Pd, M.Si., Ph.D.

**Kata Kunci:** Perangkat praktikum, model *discovery learning*, pengukuran besaran listrik arus searah, pemahaman konsep.

Eksperimen fisika merupakan kegiatan yang bertujuan untuk menemukan bukti kebenaran dari suatu teori fisika. Praktikum pengukuran besaran listrik arus searah merupakan materi eksperimen fisika yang membutuhkan pemahaman konsep dan analisis yang mendalam. Pemahaman yang rendah terhadap konsep mengakibatkan terjadinya kesulitan dan kesalahan dalam menyusun rangkaian alat praktikum. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat dan modul praktikum yang dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa. Alat praktikum merupakan benda yang digunakan untuk menguji konsep atau materi dalam keadaan nyata. Alat praktikum yang dikembangkan lebih *portable*, lebih teliti dan lebih efisien waktu. Modul praktikum adalah suatu unit lengkap yang berisi panduan praktikum yang dapat memudahkan mahasiswa dalam membuat kesimpulan dari suatu eksperimen. Metode pembelajaran yang digunakan sebagai dasar dalam pengembangan modul praktikum ini adalah *discovery learning*. Metode *discovery learning* merupakan metode pembelajaran yang dapat mengaktifkan mahasiswa untuk mengkaji dan menemukan suatu konsep yang sedang dipelajari. Pengukuran besaran listrik arus searah merupakan materi yang membahas tentang listrik dinamis pada arus searah. Metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) digunakan dalam penelitian ini. Uji akurasi alat praktikum menghasilkan ketepatan sebesar 96,68% untuk percobaan susunan hambatan seri dan 98,22% untuk susunan hambatan paralel serta ketelitian sebesar 99,52% untuk percobaan hambatan pada kawat penghantar variasi panjang kawat dan 96,91% untuk variasi diameter kawat. Hasil uji kelayakan alat praktikum memperoleh prosentase kelayakan 84,38% dengan kriteria layak. Modul praktikum memperoleh prosentase kelayakan 84,38% dengan kriteria layak. Respon mahasiswa terhadap alat praktikum memperoleh prosentase 86,52% dengan kriteria sangat baik dan modul praktikum memperoleh prosentase 81,50% dengan kriteria baik. Berdasarkan hasil implementasi perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah berbasis *discovery learning* telah didapatkan beberapa penilaian yang meliputi: kemampuan psikomotorik, afektif, dan kognitif. Keterlibatan secara aktif yang dilakukan mahasiswa dalam kegiatan praktikum yang sangat baik, di mana ditunjukkan oleh nilai kemampuan psikomotorik dan afektif telah membantu mahasiswa dalam menemukan suatu konsep. Hal tersebut dapat dilihat pada hasil uji gain memperoleh nilai 0,45 dengan kriteria sedang.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
1.5 Pembatasan Masalah.....	6
1.6 Penegasan Istilah .....	6
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi .....	8
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	10
2.1 Metode Eksperimen.....	10
2.2 Alat Praktikum.....	12



2.3 Modul Praktikum.....	13
2.4 <i>Discovery Learning</i> .....	15
2.5 Pemahaman Konsep .....	19
2.6 Pengukuran Besaran Listrik.....	21
2.6.1 Beda Potensial .....	21
2.6.1.2 <i>Gaya Gerak Listrik (ggl)</i> .....	21
2.6.1.3 <i>Energi Potensial dan Potensial Listrik</i> .....	22
2.6.1.4 <i>Beda Potensial</i> .....	24
2.6.2 Arus Listrik.....	25
2.6.3 Hambatan dan Hukum Ohm.....	27
2.6.3.1 <i>Hukum Ohm</i> .....	27
2.6.3.2 <i>Hambatan Sebatang Kawat</i> .....	29
2.6.4 Hukum Kirchoff.....	31
2.6.4.1 <i>Hukum 1 Kirchoff</i> .....	31
2.6.4.2 <i>Hukum 2 Kirchoff</i> .....	32
2.6.5 Susunan Hambatan.....	34
2.6.5.1 <i>Susunan Seri</i> .....	34
2.6.5.2 <i>Susunan Pararel</i> .....	35
2.6.6 Susunan Sumber Tegangan.....	36
2.6.6.1 <i>Hambatan Dalam dan Tegangan Jepit</i> .....	36
2.6.6.2 <i>Susunan Sumber Tegangan Seri</i> .....	37
2.6.6.3 <i>Susunan Sumber Tegangan Pararel</i> .....	39
2.6.7 Amperemeter.....	40

2.6.8 Voltmeter.....	42
2.7 Kerangka Berpikir .....	44
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>48</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	48
3.2 Subjek Penelitian .....	48
3.3 Prosedur Penelitian.....	48
3.4.1 Analisis .....	49
3.4.2 Desain.....	49
3.4.3 Pengembangan.....	51
3.4.4 Implementasi .....	52
3.4.5 Evaluasi .....	53
3.4 Desain Penelitian .....	53
3.5 Metode Pengumpulan Data .....	54
3.5.1 Metode Angket .....	54
3.5.2 Metode Observasi .....	54
3.5.3 Metode Tes .....	54
3.5.4 Metode Dokumentasi.....	55
3.6 Instrumen Pengumpulan Data .....	55
3.6.1 Tes Objektif.....	55
3.6.2 Lembar Validasi Perangkat Praktikum .....	55
3.6.3 Lembar Observasi .....	56
3.6.4 Lembar Angket Respon Mahasiswa.....	56
3.7 Metode Analisis Data .....	57

3.7.1 Uji Normalitas Data Awal.....	57
3.7.2 Analisis Butir Soal .....	58
3.7.3 Analisis Kelayakan Perangkat Praktikum.....	62
3.7.4 Analisis Respon Mahasiswa.....	63
3.7.5 Analisis Lembar Observasi .....	64
3.7.6 Analisis Pemahaman Konsep.....	65
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>66</b>
4.1 Alat Praktikum.....	66
4.1.1 Uji Kelayakan Alat Praktikum .....	76
4.1.2 Respon Mahasiswa Terhadap Alat Praktikum .....	79
4.2 Modul Praktikum.....	81
4.2.1 Uji Kelayakan Modul Praktikum.....	84
4.2.2 Respon Mahasiswa Terhadap Modul Praktikum .....	87
4.3 Implementasi Perangkat Praktikum.....	89
4.5.1 Kemampuan Psikomotorik .....	90
4.5.2 Kemampuan Afektif .....	92
4.5.3 Kemampuan Kognitif.....	93
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>101</b>
5.1 Simpulan.....	101
5.2 Saran .....	102
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>103</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>107</b>

## DAFTAR TABEL

3.1 Hasil Analisis Validitas .....	59
3.2 Klasifikasi Daya Pembeda .....	61
3.3 Hasil Analisis Daya Pembeda.....	61
3.4 Klasifikasi Tingkat Kesukaran .....	62
3.5 Hasil Analisis Tingkat Kesukaran .....	62
3.6 Kriteria Tingkat Kelayakan Perangkat Praktikum .....	63
3.7 Kriteria Tingkat Respon Mahasiswa .....	64
3.8 Kriteria Tingkat Kemampuan Psikomotorik dan Afektif Mahasiswa.....	65
3.9 Kriteria Besarnya Faktor Gain.....	65
4.1 Hasil Uji Empiris Percobaan Hambatan Seri dan Paralel .....	75
4.2 Hasil Uji Empiris Percobaan Hambatan Kawat Penghantar .....	76
4.3 Hasil Uji Kelayakan Alat Praktikum .....	77
4.4 Hasil Respon Mahasiswa Terhadap Alat Praktikum.....	79
4.5 Hasil Uji Kelayakan Modul Praktikum.....	84
4.6 Hasil Respon Mahasiswa Terhadap Modul Praktikum.....	87
4.7 Hasil Penilaian Kemampuan Psikomotorik Mahasiswa .....	90
4.8 Hasil Penilaian Kemampuan Afektif Mahasiswa .....	92
4.9 Hasil Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Post-test</i> .....	94
4.10 Hasil Uji Gain .....	95
4.11 Hasil Hasil Penilaian Aspek-aspek Laporan Praktikum .....	98

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Rangkaian yang terdiri hambatan $R$ , saklar $S$ , dan sumber tegangan.....	21
2.2	Muatan $q_0$ berpindah dari posisi A ke Posisi B.....	23
2.3	Rangkaian Listrik Tertutup.....	24
2.4	Aliran muatan yang melalui sebuah konduktor (a) tidak dihubungkan kawat (b) terdapat kawat yang menghubungkan antara dua buah benda yang potensialnya tidak sama .....	25
2.5	Sebuah lampu $L$ , Saklar $S$ dan Sumber tegangan $E$ yang disusun menjadi suatu rangkaian listrik (a) $S$ dalam keadaan terbuka dan (b) $S$ dalam keadaan tertutup.....	26
2.6	Rangkaian Listrik Tertutup yang terdiri dari susunan Hambatan tetap ( $R$ ), Voltmeter ( $V$ ), amperemeter ( $A$ ), Saklar ( $S$ ), hambatan geser ( $VR$ ) dan Sumber tegangan ( $\epsilon$ ) .....	28
2.7	Grafik Hubungan antara $V$ dan $I$ .....	28
2.8	Ilustrasi aliran arus pada suatu kawat penghantar yang berdiameter $A$ akibat beda potensial $V$ .....	29
2.9	Aliran air pipa bercabang.....	31
2.10	Arah Arus .....	32
2.11	Loop pada suatu rangkaian listrik tertutup yang tidak bercabang .....	32
2.12	Rangkaian listrik tertutup yang terdiri dari beberapa buah elemen dan beberapa hambatan yang disusun secara seri .....	35

2.13 Rangkaian listrik tertutup yang terdiri dari beberapa buah elemen dan beberapa buah hambatan yang disusun secara paralel .....	36
2.14 Rangkaian listrik tertutup antara hambatan dan sumber tegangan .....	37
2.15 Beberapa sumber tegangan identik yang disusun secara seri .....	38
2.16 Beberapa sumber tegangan yang identik disusun secara paralel .....	39
2.17 Cara pemasangan amperemeter yang disusun secara seri.....	41
2.18 Cara pemasangan hambatan <i>shunt</i> .....	41
2.19 Cara pemasangan voltmeter secara paralel .....	43
2.20 Cara pemasangan hambatan muka.....	43
2.21 Kerangka berpikir .....	47
3.1 Desain alat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah.....	50
3.2 Desain penelitian <i>pretest – posttest one group desain</i> .....	53
4.1 Alat praktikum pengukuran besaran listrik (kondisi tertutup).....	66
4.2 Papan percobaan hambatan pada kawat penghantar .....	67
4.3 Resistor .....	69
4.4 Alat ukur (amperemeter dan voltmeter).....	70
4.5 Papan rangkaian.....	71
4.6 Sumber Tegangan .....	71
4.7 Kawat Penghantar .....	72
4.8 Kabel.....	73
4.9 Alat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah (kondisi terbuka) .....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Daftar Nilai Responden.....	107
2. Kisi-kisi Penilaian Pemahaman Konsep Listrik Dinamis pada Arus Searah.....	108
3. Soal Uji Coba Penilaian Pemahaman Konsep Listrik Dinamis Pada Arus Searah .....	109
4. Kunci Jawaban Soal Uji Coba Penilaian Pemahaman Konsep Listrik Dinamis Pada Arus Searah.....	117
5. Lembar Uji Kelayakan .....	126
6. Instrumen Observasi Keterampilan Kegiatan Praktikum .....	134
7. Instrumen Observasi Afektif.....	139
8. Angket Respon Mahasiswa Terhadap Perangkat Praktikum Pengukuran Besaran Listrik Berbasis <i>Discovery Learning</i> .....	141
9. Hasil Uji Normalitas Nilai Fisika Dasar 1 .....	143
10. Hasil Analisis Uji Coba Soal .....	144
11. Analisis Hasil Uji Coba Praktikum.....	147
12. Hasil Uji Kelayakan .....	156
13. Hasil Analisis Angket Respon .....	164
14. Fitur-fitur dalam Modul Praktikum.....	168
15. Hasil Analisis Observasi Kemampuan Keterampilan Responden .....	181
16. Hasil Analisis Observasi kemampuan Afektif.....	184
17. Hasil Analisis Uji Gain .....	187
18. Instrumen Penilaian Laporan Hasil Praktikum .....	188

19. Hasil Analisis Penilaian Laporan.....	193
20. Lembar Validasi Instrumen.....	194
21. Dokumentasi .....	210
22. Surat Keputusan Dosen Pembimbing.....	211





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) memiliki kemajuan yang sangat pesat di era globalisasi. Kemajuan IPTEK tersebut menuntut sebuah ilmu bersifat dinamis dan berkembang sesuai dengan dinamika kehidupan yang ada. Salah satu cabang ilmu yang dipelajari di Perguruan Tinggi adalah Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Fisika merupakan salah satu bagian dari IPA yang juga dipelajari di Perguruan Tinggi. Untuk menguasai IPA khususnya fisika tidak cukup hanya diperoleh melalui belajar dari buku atau sekedar mendengarkan dari pihak lain, akan tetapi diperlukan suatu kegiatan pembelajaran yang melibatkan adanya suatu kegiatan proses untuk menghasilkan produk (Lesmono *et al.*, 2012: 272). Dalam pembelajaran fisika, kompetensi kerja ilmiah tidak dibahas dalam materi khusus, namun terintegrasi dalam kegiatan proses untuk menghasilkan produk yaitu melalui praktikum.

Fisika Dasar merupakan salah satu mata kuliah wajib di di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang, yang mempelajari tentang konsep-konsep dasar fisika. Fisika Dasar terbagi menjadi dua kelompok yaitu Fisika Dasar 1 dan Fisika Dasar 2. Fisika Dasar 1 ditempuh pada semester 1 dan Fisika Dasar 2 ditempuh pada semester 2. Dalam pembelajaran, mahasiswa tidak hanya dibekali teori, tetapi juga melakukan praktikum untuk mengamati dan membuktikan kebenaran teori yang dipelajari. Dengan demikian, mahasiswa tidak akan

mengalami kesulitan dalam memahami inti pembelajaran.

Menurut Asmawir (2014: 185), metode praktikum adalah metode yang memberikan kesempatan kepada mahasiswa baik perorangan maupun kelompok untuk melakukan praktikum yang dirancang dan terencana untuk membuktikan kebenaran suatu teori dengan menggunakan cara yang teratur dan sistematis. Pengalaman langsung yang dialami oleh mahasiswa melalui praktikum dapat membuat mahasiswa menjadi lebih mudah untuk memahami materi yang sedang dipelajari, sehingga menjadikan pembelajaran lebih bermakna. Mahasiswa yang melakukan praktikum dapat mengamati dan mengalami sendiri proses-proses praktikum, sehingga terdapat kesan yang tertanam dalam pikiran mahasiswa. Hal yang dapat menunjang kegiatan praktikum tersebut adalah tersedianya alat dan modul praktikum. Pembelajaran menggunakan metode eksperimen atau praktikum dapat meningkatkan hasil belajar Saepuloh *et.al.*, (2016: 260).

Salah satu pokok materi praktikum dalam Fisika Dasar 2 adalah pengukuran besaran listrik arus searah. Pengukuran besaran listrik arus searah membutuhkan pemahaman konsep dan analisis yang mendalam. Pemahaman konsep dan analisis tersebut tidak cukup dilakukan jika hanya melalui pembelajaran secara teori, namun harus dilakukan melalui praktikum. Hal tersebut dimaksudkan agar konsep dan gejala-gejala pada materi yang dipelajari dapat teramati oleh mahasiswa.

Praktikum pengukuran besaran listrik arus searah yang dilakukan pada mata kuliah Fisika Dasar 2 masih memiliki kendala. Berdasarkan hasil observasi awal mengenai ketersediaan alat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah di Laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang diperoleh

data bahwa alat praktikum yang digunakan untuk melakukan praktikum tidak terintegrasi. Hal tersebut menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan dalam menyusun rangkaian. Alat praktikum yang tidak terintegrasi juga menyebabkan tingkat portabilitas alat cukup rendah, sehingga, waktu yang diperlukan mahasiswa untuk merangkai alat relatif lama. Aslam *et al.*, (2016: 25) menyatakan bahwa pengoperasian alat praktikum yang relatif lama dapat menyebabkan kesan yang sulit dalam kegiatan praktikum.

Alat praktikum yang digunakan juga memiliki tingkat keakuratan yang cukup rendah. Hal ini didasarkan pada hasil wawancara terhadap beberapa asisten laboratorium yang menyatakan bahwa hasil ketelitian yang diperoleh dari percobaan pengukuran besaran listrik arus searah memiliki tingkat akurasi yang rendah dengan kesalahan relatif mencapai 15%. Tingkat akurasi alat praktikum yang rendah salah satunya disebabkan oleh alat ukur elektronika yang digunakan masih analog. Penggunaan alat ukur elektronika analog menghasilkan pengukuran yang kurang akurat (Setiawan, 2012: 38). Selanjutnya, dikatakan dalam pembacaan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur analog hanya berdasarkan pada perkiraan dari skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk.

Alasan lain yang menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan dalam melaksanakan praktikum pengukuran besaran listrik arus searah adalah kurangnya pemahaman konsep dan cara menggunakan alat praktikum. Salah satu contoh kurangnya pemahaman konsep yaitu pada saat praktikum percobaan susunan hambatan seri dan paralel hanya menggunakan satu nilai tegangan yang terdiri dari dua baterai yang disusun seri. Akibatnya, mahasiswa tidak dapat memahami hukum

Ohm secara menyeluruh. Faktanya, untuk dapat memahami hukum Ohm, diperlukan pemahaman terhadap besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus dan hambatan. Dengan demikian, mahasiswa dapat menampilkan grafik hubungan antara arus dan tegangan yang menunjukkan hubungan linier antara keduanya. Selain itu, untuk mengatasi masalah kurangnya pemahaman konsep dapat dilakukan juga melalui pembuatan modul praktikum.

Modul praktikum merupakan sebuah panduan pelaksanaan praktikum yang digunakan untuk memperlancar kegiatan praktikum agar dapat berjalan sesuai dengan tujuannya (Dewi *et al.*, 2015: 2). Modul praktikum yang terdapat di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang hanya berisi tentang tujuan praktikum, teori-teori yang disajikan secara singkat, alat dan bahan serta langkah-langkah percobaan. Oleh sebab itu, mahasiswa hanya melakukan percobaan sesuai dengan perintah yang terdapat pada modul praktikum dan tidak diarahkan untuk mengaitkan dengan fenomena atau gejala-gejala disekitar kita yang berkaitan dengan materi praktikum. Hal ini membuat mahasiswa cenderung kurang aktif dalam mengkaji dan menemukan konsep dari suatu materi yang berkaitan dengan praktikum tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembuatan modul praktikum yang tidak hanya berisi kalimat perintah yang menyebabkan mahasiswa tinggal melakukannya, tetapi dapat dilengkapi dengan proses penemuan.

Salah satu metode pembelajaran yang dapat mengaktifkan mahasiswa untuk mengkaji materi adalah *discovery learning*. Metode *discovery learning* merupakan suatu metode yang memungkinkan para mahasiswa terlibat langsung dalam kegiatan belajar-mengajar, sehingga mampu menggunakan proses mentalnya untuk

menemukan suatu konsep atau teori yang sedang dipelajari (Ilahi, 2012: 33). Dengan demikian suatu proses pembelajaran dapat mendidik mahasiswa untuk mampu memecahkan masalah dan menemukan pengetahuan sendiri.

Berdasarkan pada uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengembangan perangkat praktikum yang berupa alat praktikum dan modul praktikum yang berbasis *discovery learning*. Hal tersebut dimaksudkan supaya praktikum lebih bersifat *portable*, mudah dalam merangkai, lebih akurat dalam pengukuran dan lebih efisien waktu. Untuk modul praktikum diharapkan mahasiswa menjadi lebih aktif dalam menemukan konsep, karena modul yang dikembangkan dilengkapi dengan sintaks *discovery learning*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang maka pada penelitian ini dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah yang dikembangkan?
2. Bagaimana peningkatan pemahaman konsep mahasiswa setelah menggunakan perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah yang dikembangkan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah yang dikembangkan.

2. Untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep mahasiswa setelah menggunakan perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah yang dikembangkan.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

- a. Bagi pengampu mata kuliah Fisika Dasar 2, perangkat praktikum yang dikembangkan dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam pembelajaran Fisika Dasar 2.
- b. Bagi mahasiswa, perangkat praktikum yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media alternatif yang dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep.
- c. Bagi peneliti, perangkat praktikum yang dikembangkan dapat digunakan sebagai referensi alternatif mengajar yang lebih praktis.

#### **1.5 Pembatasan Masalah**

- a. Perangkat praktikum yang dikembangkan berupa set alat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah yang dilengkapi dengan modul praktikum berbasis *discovery learning*.
- b. Dalam penelitian ini mengkaji karakteristik perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah yang dikembangkan dan peningkatan pemahaman mahasiswa mengenai konsep pengukuran besaran listrik arus searah.

#### **1.6 Penegasan Istilah**

- a. Metode Eksperimen

Metode eksperimen adalah metode yang memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengalami sendiri atau melakukan sendiri, mengikuti suatu

proses, mengamati suatu objek, menganalisis, membuktikan, dan menarik kesimpulan sendiri mengenai suatu objek keadaan atau proses tertentu (Putra 2013: 133)

b. Alat Praktikum

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, alat praktikum adalah perlengkapan yang diperlukan sebagai penunjang kegiatan praktikum sehingga dapat berjalan dengan lancar.

c. Modul Praktikum

Modul praktikum adalah sebuah panduan pelaksanaan praktikum yang digunakan untuk mensukseskan kegiatan praktikum agar dapat berjalan sesuai dengan tujuannya (Dewi *et al.*, 2015: 2).

d. Pengukuran besaran listrik arus searah

Materi pengukuran listrik merupakan bagian dari konsep listrik arus searah yang membutuhkan pemahaman konsep hukum Ohm dan hukum – hukum Kirchoff.

e. *Discovery Learning*

*Discovery Learning* atau belajar penemuan adalah proses dimana dosen harus menciptakan situasi belajar yang problematis, menstimulasi mahasiswa dengan pertanyaan-pertanyaan, mendorong mahasiswa mencari jawaban sendiri, dan melakukan eksperimen untuk menemukan dan memecahkan masalah yang ditemui (Mubarok & Sulisty, 2014: 217).

f. Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep yang digeneralisasi dari pengalaman manusia dengan beberapa peristiwa dan fakta-fakta sangat ditekankan dalam pembelajaran fisika (Trihono 2015: 51), sehingga dalam pembelajaran fisika pemahaman konsep materi sangat penting.

### 1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi terdiri dari tiga bagian utama yaitu bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, bagian akhir skripsi, dengan komponen dari masing-masing bagian sebagai berikut.

a. Bagian pendahuluan skripsi, bagian ini berisi halaman judul, halaman pengesahan, halaman motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

b. Bagian isi skripsi terdiri dari :

Bab 1 pendahuluan berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah, dan sistematika penulisan skripsi. Bab 2 kajian pustaka berisi tentang kajian teori yang mendukung penelitian ini yaitu tentang perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah, materi praktikum pengukuran besaran listrik arus searah, *discovery learning*, keefektifan, pemahaman konsep, dan kerangka berpikir.

Bab 3 metode penelitian berisi tentang lokasi dan subjek penelitian, desain penelitian, prosedur penelitian, metode pengumpulan data, instrumen penelitian, dan analisis data penelitian. Bab 4 hasil penelitian dan pembahasan berisi hasil penelitian yang berupa hasil analisis data penelitian tahap awal dan



tahap akhir. Selanjutnya dilakukan pembahasan sesuai dengan teori yang menunjang. Bab 5 simpulan dan saran berisi tentang simpulan dan saran yang perlu diberikan kepada guru atau pihak terkait dengan penelitian serupa.

- c. Bagian akhir skripsi, berisi tentang daftar pustaka dan lampiran-lampiran.



## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Metode Eksperimen**

Menurut Roestiyah (2012: 80), metode eksperimen atau sering disebut praktikum merupakan salah satu cara mengajar yang menuntut mahasiswa melakukan suatu percobaan tentang suatu hal, kemudian hasil percobaan tersebut dievaluasi. Selanjutnya, metode eksperimen dapat digunakan untuk melatih cara berpikir ilmiah mahasiswa dan mampu menemukan bukti kebenaran dari suatu teori yang sedang dipelajarinya (Putra, 2013: 132). Berdasarkan pendapat di atas, yang dimaksud metode eksperimen merupakan suatu metode yang mengajak mahasiswa untuk melakukan percobaan tentang suatu hal untuk menemukan bukti kebenaran dari suatu teori yang dipelajarinya sehingga dapat meningkatkan pemahaman materi.

Dalam melakukan suatu eksperimen perlu diperhatikan prosedur-prosedur dalam eksperimen seperti dikemukakan oleh Roestiyah (2012: 81) yang meliputi: pertama, penjelasan kepada mahasiswa tentang tujuan eksperimen. Kedua, perlu diterangkan kepada mahasiswa tentang alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan. Hal tersebut dimaksudkan agar mahasiswa tidak mengalami kegagalan dalam praktikum. Mahasiswa perlu mengetahui variabel-variabel yang harus dikontrol. Setiap langkah atau tahapan dalam eksperimen dilakukan secara runtut. Hal-hal yang penting setelah proses eksperimen dicatat sebagai dasar dalam analisis data. Pembuatan laporan dapat ditentukan sesuai dengan petunjuk yang ada dapat

berupa uraian, perhitungan, penyajian data berupa grafik dan sebagainya. Terakhir, selama eksperimen berlangsung dosen harus mengawasi pekerjaan mahasiswa. Bila perlu memberi saran atau pertanyaan yang menunjang kesempurnaan jalannya eksperimen. Setelah eksperimen selesai dosen harus mengumpulkan hasil penelitian mahasiswa, mendiskusikan di kelas dan mengevaluasi dengan tes atau sekedar tanya jawab.

Metode atau teknik eksperimen memiliki keunggulan-keunggulan seperti yang dinyatakan oleh Putra (2013: 138) sebagai berikut.

- 1) Mahasiswa lebih percaya atas kebenaran atau kesimpulan berdasarkan percobaannya sendiri daripada hanya menerima informasi dari dosen atau buku.
- 2) Mahasiswa dapat mengembangkan sikap untuk mengadakan studi eksplorasi tentang ilmu dan teknologi.
- 3) Metode ini dapat membentuk manusia yang dapat menciptakan terobosan-terobosan baru dari penemuan, sebagai hasil percobaan, yang diharapkan bermanfaat bagi kesejahteraan hidup manusia.
- 4) Eksperimen dapat membantu mahasiswa memperoleh pengalaman dan keterampilan.
- 5) Mahasiswa terlibat aktif dalam mengumpulkan fakta dan informasi yang diperlukan saat eksperimen.
- 6) Mahasiswa dapat menggunakan serta melaksanakan prosedur metode ilmiah dan berpikir ilmiah.
- 7) Mahasiswa dapat menambah pengalaman dengan hal-hal yang bersifat objektif, realistas, dan menghilangkan verbalisme.

- 8) Mahasiswa lebih aktif berpikir dan berbuat, Karena hal itulah yang sangat diharapkan dalam dunia pendidikan modern.
- 9) Melaksanakan proses eksperimen membantu mahasiswa untuk memperoleh ilmu pengetahuan sekaligus menemukan pengalaman praktis serta keterampilan dalam menggunakan alat percobaan.
- 10) Melalui eksperimen, mahasiswa membuktikan sendiri kebenaran suatu teori, sehingga akan mengubah sikapnya yang percaya terhadap hal-hal yang tidak logis.

Selain dari keunggulan-keunggulan tersebut, Putra (2013: 139) juga menyatakan bahwa metode eksperimen memiliki kekurangan sebagai berikut.

- 1) Sebagian mahasiswa tidak berkesempatan untuk mengadakan eksperimen, karena tidak cukupnya alat-alat.
- 2) Mahasiswa harus menanti untuk melanjutkan pelajaran jika eksperimen memerlukan jangka waktu yang lama.
- 3) Kesalahan dan kegagalan mahasiswa dalam berkesperimen yang tidak diawasi oleh dosen mengakibatkan mahasiswa keliru dalam mengambil kesimpulan.
- 4) Mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam melakukan eksperimen, karena mahasiswa kurang berpengalaman dalam bereksperimen.

## 2.2 Alat Praktikum

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, alat merupakan benda yang dipakai untuk mengerjakan sesuatu, sedangkan praktikum adalah bagian dari pengajaran yang bertujuan agar mahasiswa mendapatkan kesempatan untuk menguji dan melaksanakan dalam keadaan nyata apa yang diperoleh dalam teori.

Penggunaan media alat praktikum dalam pembelajaran pada intinya menjadikan pembelajaran yang sedang dilakukan menjadi lebih menarik, efektif dan menghilangkan abstraksi konsep sehingga mempermudah pemahaman tentang suatu materi pembelajaran (Ekasari *et al.*, 2009: 115). Hal ini disebabkan belajar dengan menggunakan alat praktikum memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk dapat melihat dan membuktikan teori yang dipelajarinya, melalui pengamatan dan percobaan (Waris *et al.*, 2010: 1).

Berdasarkan pendapat di atas, dapat dikemukakan bahwa alat praktikum adalah benda yang dipakai sebagai media pembelajaran untuk menguji kebenaran dari suatu teori dan mempermudah pemahaman tentang suatu materi pembelajaran.

Suprayitno (2011) menyatakan bahwa terdapat beberapa hal penting yang diperhatikan dalam pembuatan dan pengembangan alat praktikum yaitu: bahan mudah diperoleh, mudah dalam perancangan dan pembuatan, mudah dalam perakitannya, dan mudah dioperasikannya. Selain itu, alat praktikum juga harus dapat menunjukkan konsep dengan lebih baik, dapat meningkatkan motivasi mahasiswa, akurasi cukup diandalkan, menarik, dan dapat digunakan secara berulang-ulang.

### **2.3 Modul Praktikum**

Modul dapat didefinisikan sebagai suatu unit lengkap yang berdiri sendiri dan terdiri atas suatu proses kegiatan belajar yang disusun untuk membantu mahasiswa mencapai sejumlah tujuan yang dirumuskan secara khusus dan jelas (Nasution, 2009: 205). Selanjutnya Dewi *et al.*, (2015: 2) menyatakan bahwa modul praktikum

adalah sebuah panduan pelaksanaan praktikum yang digunakan untuk mensukseskan kegiatan praktikum agar dapat berjalan sesuai dengan tujuannya, selain sistem pengoperasian alat yang baik. Modul praktikum berfungsi sebagai petunjuk dalam melakukan eksperimen, sebagai lembar pengamatan untuk menuliskan data hasil pengamatan dan sebagai lembar diskusi untuk mendapatkan kesimpulan dari eksperimen (Rahayu *et al.*, 2014: 172). Sesuai dengan pendapat di atas, maka modul praktikum merupakan satu unit lengkap yang berisi panduan pelaksanaan praktikum yang memudahkan mahasiswa dalam membuat kesimpulan dari suatu masalah dalam percobaan.

Pengembangan modul disusun berdasarkan langkah-langkah menurut Purwanto *et al.*, (2007: 15) sebagai berikut.

#### 1) Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan ini sangat penting dalam pengembangan modul, agar modul yang telah dikembangkan dapat membantu mahasiswa untuk mencapai tujuan pembelajaran secara efektif dan efisien. Pada tahap ini, yang perlu dilakukan adalah membuat Garis Besar Isi Modul (GBIM). Dalam penyusunan GBIM setidaknya mencakup komponen-komponen seperti, judul, pokok bahasan atau sub pokok bahasan, tujuan pembelajaran umum, butir-butir penilaian, dan kepustakaan.

#### 2) Tahap Penulisan

Tahap ini GBIM yang telah dibuat, ditulis dan dilengkapi, sehingga tersusun sebuah modul dengan tujuan tertentu.

### 3) Tahap koreksi Uji coba dan Revisi

Tahap ini, modul yang telah dikembangkan dikoreksi oleh validator untuk diberikan kritik dan saran. Setelah itu, modul diujicobakan dalam skala kecil yang selanjutnya dievaluasi dan diperbaiki.

### 4) Tahap Finalisasi

Setelah modul dikoreksi dan direvisi maka langkah berikutnya adalah finalisasi dan percetakan untuk diterapkan dalam lapangan untuk pengambilan data.

Prastowo (2013) menyatakan bahwa ada beberapa hal penting yang hendaknya dijadikan sebagai acuan dalam penulisan modul yaitu:

- 1) Perumusan tujuan pembelajaran yang harus dikuasai oleh mahasiswa.
- 2) Evaluasi atau penilaian dapat dibuat dalam bentuk soal kompetensi ataupun lembar kerja. Dalam penyusunan alat evaluasi harus didasarkan pada tujuan pembelajaran yang hendak dicapai, sehingga dapat diketahui tingkat keberhasilan mahasiswa dalam menguasai tujuan pembelajaran.
- 3) Materi atau isi modul disusun berdasarkan tujuan yang hendak dicapai. Dalam penyusunannya, kalimat yang disajikan singkat, sederhana, jelas, dan efektif. Sementara itu, gambar-gambar yang dapat mendukung dan memperjelas isi materi juga sangat diperlukan. Hal tersebut dimaksudkan agar mahasiswa dapat memahami materi dengan jelas, menambah daya tarik, dan mengurangi kebosanan mahasiswa untuk mempelajarinya.

## **2.4 *Discovery Learning***

*Discovery learning* merupakan suatu metode yang memungkinkan para mahasiswa terlibat langsung dalam kegiatan belajar–mengajar, sehingga mampu

menggunakan proses mentalnya untuk menemukan suatu konsep atau teori yang sedang dipelajari (Ilahi, 2012: 33). Metode *discovery learning* merupakan metode yang dapat dipilih untuk pengajaran sains, mengingat dalam pengajaran sains diperlukan suatu bentuk kegiatan yang dapat mengarahkan mahasiswa untuk dapat menemukan suatu konsep melalui pengujian atau penemuan secara langsung (Fitri *et al.*, 2015: 48).

Model *discovery learning* lebih menekankan pada ditemukannya konsep atau prinsip tertentu yang sebelumnya tidak diketahui oleh mahasiswa (Mawardi & Mariati, 2016: 128). Di dalam model *discovery learning* tidak semua materi disampaikan secara langsung, beberapa bagian harus dicari, dan diidentifikasi oleh mahasiswa sendiri (Slameto, 2003: 24). Dengan menggunakan pengalaman dan kenyataan hidup yang dialami mahasiswa, mereka diajak untuk peka terhadap berbagai kejadian yang mereka saksikan atau alami secara langsung, yakni dengan cara mengenali, menganalisis, dan menemukan masalah dari kejadian-kejadian tersebut (Anam, 2015: 110).

Berdasarkan uraian di atas, yang dimaksud *discovery learning* adalah suatu metode yang mengajak mahasiswa merumuskan sendiri masalah dari suatu fenomena dan menemukan suatu kesimpulan dari rumusan masalah tersebut melalui percobaan. Adapun langkah-langkah dalam pembelajaran *discovery learning* seperti yang dinyatakan oleh Syah (2004: 244) meliputi: pertama, *stimulation* (stimulasi/pemberi rangsangan), pada tahap ini kegiatan dimulai dengan pemberian suatu masalah dengan menunjukkan suatu fenomena, mengajukan masalah, dan aktivitas lainnya yang mengarah pada ajakan untuk



pemecahan masalah. Kedua, *problem statement* (pernyataan/identifikasi masalah), tahap ini mahasiswa diberikan kesempatan untuk mengidentifikasi masalah dan merumuskan masalah dalam bentuk hipotesis sementara. Ketiga, *data collection* (pengumpulan data), mahasiswa melakukan pengumpulan data untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis melalui percobaan. Keempat, *data processing* (pengolahan data), mahasiswa melakukan pengolahan data dan informasi yang telah diperoleh. Kelima, *verification* (verifikasi), pada tahap ini mahasiswa melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis. Keenam, *generalization* (kesimpulan), pada tahap ini melakukan penarikan kesimpulan yang dapat dijadikan prinsip. Langkah-langkah model *discovery learning* yang telah disebutkan di atas akan diterapkan dalam petunjuk praktikum yang terdapat pada modul. Harapannya, melalui modul praktikum yang mengadopsi dari model *discovery learning*, dapat menjadikan mahasiswa untuk lebih aktif dan mandiri dalam mengkaji suatu teori.

Ilahi (2012: 70 ) menyatakan bahwa model pembelajaran *discovery learning* memiliki kelebihan sebagai berikut.

- 1) Penyampaian model pembelajaran *discovery learning*, menggunakan kegiatan dan pengalaman langsung.
- 2) Lebih realistis dan mempunyai makna
- 3) Merupakan model pemecahan masalah
- 4) Mahasiswa lebih mudah menerima dalam memahami kondisi tertentu yang berkenaan dengan aktivitas pembelajaran

- 5) Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk terlibat langsung dalam pembelajaran

Selain dari kelebihan tersebut, Ilahi (2012: 72) menyatakan bahwa terdapat beberapa kelemahan dalam penerapan *discovery learning*, sebagai berikut.

- 1) Berkaitan dengan waktu. Pembelajaran menggunakan *discovery learning* membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan metode langsung. Hal ini disebabkan karena penerapan model *discovery learning* membutuhkan tahapan-tahapan yang panjang dan kemampuan memanfaatkan waktu dengan sebaik-baiknya.
- 2) Faktor kebudayaan dan kebiasaan. Belajar *discovery learning* menuntut kemandirian, kepercayaan kepada dirinya sendiri, dan kebiasaan bertindak sebagai subjek.

Untuk mengurangi kelemahan-kelemahan pada model *discovery learning*, maka dilakukan hal sebagai berikut: pertama, untuk mengurangi risiko penggunaan waktu yang relatif lama dalam pembelajaran, maka sebelum proses pembelajaran praktikum berlangsung, modul praktikum diberikan terlebih dahulu kepada mahasiswa. Hal ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat membaca terlebih dahulu materi-materi yang akan digunakan sebagai bahan praktikum, sehingga ketika dalam kegiatan praktikum berlangsung mahasiswa sudah dalam kondisi siap dan sudah memahami apa yang akan dilakukan dalam praktikum. Kedua, berkaitan dengan faktor kebiasaan dan kebudayaan. Pada kenyataannya, subjek penelitian ini, dalam proses pembelajaran sudah menerapkan pembelajaran *expository*, sehingga mahasiswa sudah mampu untuk lebih aktif dan mandiri dalam pembelajaran.

## 2.5 Pemahaman Konsep

Pemahaman (*comprehension*) adalah kemampuan seseorang untuk mengerti atau memahami sesuatu setelah sesuatu itu diketahui dan diingat (Sudijono, 2001: 50). Purwanto (2009: 44) menyatakan bahwa pemahaman merupakan tingkat kemampuan yang mengharapkan mahasiswa mampu memahami arti atau konsep. Dalam hal ini pemahaman lebih diartikan sebagai suatu kemampuan untuk memahami apa yang dikerjakan, mengetahui apa yang sedang dikomunikasikan dan memanfaatkan isinya tanpa keharusan menghubungkan dengan yang lainnya (Antu, 2010: 3).

Menurut Daryanto (2008: 106) kemampuan pemahaman dapat dijabarkan menjadi tiga, yaitu:

a. Menerjemahkan (*translation*)

Pengertian menerjemahkan disini bukan saja pengalihan (*translation*) arti dari bahasa yang satu ke dalam bahasa lain. Dapat juga dari konsepsi abstrak menjadi suatu model, yaitu model simbolik untuk mempermudah orang mempelajarinya.

b. Menginterpretasi (*interpretation*)

Kemampuan ini lebih luas daripada menerjemahkan, dalam hal ini adalah kemampuan untuk mengenal dan memahami.

c. Mengekstrapolasi (*extrapolation*)

Mengekstrapolasi memiliki arti lebih dari menerjemahkan dan menafsirkan, tetapi lebih tinggi sifatnya. Ia menuntut kemampuan intelektual yang lebih tinggi.

Konsep merupakan salah satu pengetahuan awal yang harus dimiliki mahasiswa karena konsep merupakan dasar dalam merumuskan prinsip. Menurut Hamalik (2008: 162) konsep adalah suatu kelas atau kategori stimulus yang memiliki ciri-ciri umum seperti: suatu konsep yang dapat membedakan antara konsep satu dengan konsep lainnya dan adanya variasi-variasi yang terdapat pada konsep. Bila seseorang dapat menghadapi benda atau peristiwa sebagai suatu kelompok, golongan, kelas, atau kategori maka ia telah belajar konsep (Nasution, 2009: 161). Belajar konsep membantu kita untuk mempelajari sesuatu yang baru, lebih luas, dan lebih maju (Hamalik, 2008: 165), sehingga mahasiswa tidak perlu belajar secara konstan untuk mempelajari suatu yang baru karena telah menguasai konsep.

Berdasarkan penjelasan di atas mengenai pemahaman dan konsep, pemahaman konsep yang dimaksud adalah kemampuan untuk mengetahui dan mengerti secara benar pengetahuan konsep untuk merumuskan prinsip dari teori. Untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep mahasiswa dilakukan dengan cara memberikan soal-soal yang dibuat berdasarkan taksonomi Bloom pada ranah kognitif. Adapun isi Taksonomi Blom seperti dinyatakan oleh Anderson dan Krathwoll (2001) dalam ranah kognitif meliputi: pertama, mengingat (*remembering*) yaitu mahasiswa diminta untuk mengingat kembali satu atau lebih fakta-fakta yang sederhana. Kedua, memahami (*understanding*) yaitu mahasiswa diminta untuk membuktikan bahwa ia memahami hubungan sederhana diantara fakta-fakta. Ketiga, mengaplikasikan (*applying*) yaitu mahasiswa dituntut untuk memiliki kemampuan untuk memilih suatu konsep untuk diterapkan dalam situasi

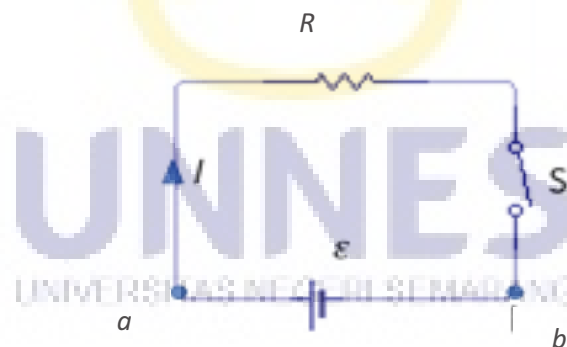
baru secara benar. Keempat, menganalisis (*analysis*) yaitu mahasiswa diminta untuk menganalisis suatu hubungan antara yang kompleks atas konsep-konsep dasar. Kelima, evaluasi (*Evaluation*) dalam hal ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana mahasiswa mampu menerapkan pengetahuan dan kemampuan yang telah dimiliki. Terakhir, mencipta (*Creating*) adalah kemampuan memadukan unsur-unsur menjadi sesuatu bentuk baru yang utuh dan koheren, atau membuat sesuatu yang orisinal.

## 2.6 Pengukuran Besaran Listrik

### 3.7.1 Beda Potensial

#### 2.6.1.1 Gaya Gerak Listrik (*ggl*)

Suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari hambatan  $R$ , sumber tegangan  $\varepsilon$  dan saklar  $S$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Rangkaian yang terdiri hambatan  $R$ , saklar  $S$ , dan sumber tegangan  $\varepsilon$

Titik  $a$  dan  $b$  masing-masing dihubungkan dengan kutub positif dan negatif baterai. Ketika saklar ditutup, elektron mengalir dari kutub negatif baterai melewati resistor menuju kutub positif baterai. Setiap saat elektron meninggalkan suatu titik,

saat itu juga elektron lain mengisi titik, akibatnya tidak ada perubahan besar muatan pada titik–titik dalam rangkaian.

Sebelum elektron melewati resistor, elektron tersebut akan mendapatkan energi akibat adanya gaya tarik pada kutub positif. Energi elektron yang diperoleh akibat gaya tarik tersebut akan berkurang akibat tumbukan dengan atom-atom pada resistor, sehingga terjadi penurunan potensial.

Setelah elektron keluar dari resistor, elektron tersebut akan bergerak ke kutub negatif baterai. Namun, hal tersebut tidak akan terjadi, karena disebabkan adanya gaya tolak kutub negatif baterai yang menahan gerakan elektron ini. Agar elektron ini dapat masuk ke kutub negatif baterai, elektron harus mendapatkan sebuah gaya dari baterai. Akibat adanya gaya tersebut energi potensial muatan yang melewati sebuah baterai dapat meningkat. Gaya per satuan muatan yang menggerakkan muatan dinamakan sebagai gaya gerak listrik atau sering disebut  $\text{ggl } (\varepsilon)$

### ***2.6.1.2 Energi potensial dan Potensial Listrik***

Gaya gravitasi merupakan gaya konservatif yaitu gaya yang usahanya tidak bergantung pada lintasan. Usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi adalah minus perbedaan potensial gravitasi.

$$W = -\Delta U \quad (2.1)$$

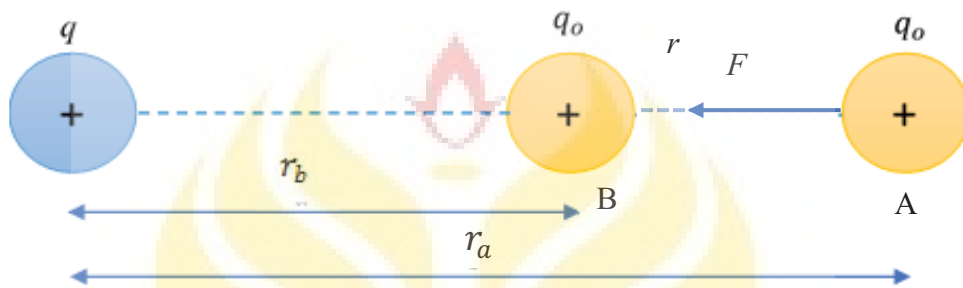
$W$  adalah usaha yang dilakukan oleh gaya yang bekerja pada suatu benda, sehingga benda mengalami perpindahan dan  $\Delta U$  perbedaan energi potensial.

Persamaan (2.1) berlaku umum jika gaya yang melakukan usaha itu adalah gaya konservatif. Hal tersebut sama seperti gaya listrik yang usahanya tidak

bergantung pada lintasan. Oleh karena itu, persamaan (2.1) dalam bentuk integral menjadi:

$$W = \int F \cdot dr \quad (2.2)$$

Dimisalkan ada dua muatan  $q$  dan  $q_o$  terpisah pada jarak  $r_a$  seperti terlihat pada Gambar (2.2) Kemudian kita gerakan  $q_o$  sejauh  $r$ .



Gambar 2.2 Muatan  $q_o$  berpindah dari posisi A ke Posisi B

Jika  $q_o$  digerakkan dari titik A yang berjarak  $r_a$  ke titik B yang berjarak  $r_b$ , maka perubahan energi potensialnya dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} U_B - U_A &= - \int_{r_a}^{r_b} F dr = - q_o \int_{r_a}^{r_b} E dr \\ &= - q_o \int_{r_a}^{r_b} k \frac{q}{r^2} dr \\ &= - k q q_o \left( -\frac{1}{r} \right)_{r_a}^{r_b} \\ &= k q q_o \left( \frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Dengan menganggap  $r_a$  tak berhingga, dan  $U_A = 0$ , maka berdasarkan persamaan (2.3) didapatkan persamaan matematis sebagai berikut.

$$U_B - 0 = k q q_o \left( \frac{1}{r_b} - \frac{1}{\infty} \right)$$

$$U_B = k q q_o \left( \frac{1}{r_b} \right)$$

$$U = k \left( \frac{qq_0}{r} \right)$$

atau,

$$U = F \cdot r \quad (2.4)$$

Dari persamaan (2.4) dapat didefinisikan bahwa energi potensial dari suatu sistem yang terdiri dari dua muatan  $q$  dan  $q_0$  yang berjarak  $r$  adalah sebagai usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan  $q_0$  dari titik tak terhingga ke titik yang berjarak  $r$  dari muatan  $q$ .

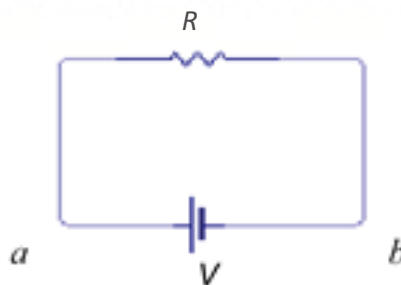
Hubungan antara energi potensial per satuan muatan pada sebuah titik di dalam sebuah medan listrik disebut potensial listrik  $V$  yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V = \frac{U}{q} \quad (2.5)$$

$V$  adalah potensial listrik dalam satuan Volt (V),  $U$  adalah energi potensial listrik dalam satuan (J), dan  $q$  adalah muatan dalam satuan Coulomb (C).

### 2.6.1.2 Beda Potensial

Suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari sebuah hambatan ( $R$ ) dan sebuah sumber tegangan ( $V$ ) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian Listrik Tertutup

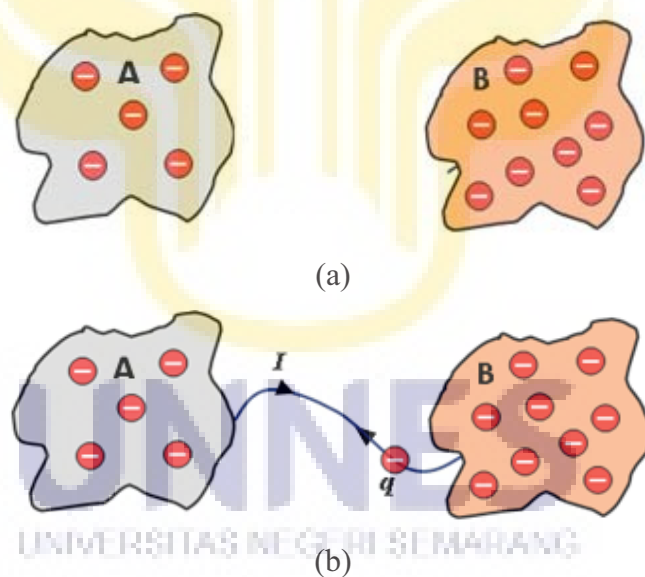


Dari Gambar 2.3 tampak bahwa beda potensial listrik  $\Delta V$  antara dua buah titik  $a$  dan  $b$  pada rangkaian listrik tertutup tersebut adalah sama dengan perbedaan atau selisih potensial listrik antara kedua titik tersebut.

$$\Delta V = V_b - V_a \quad (2.6)$$

Berdasarkan persamaan (2.6), maka beda potensial ( $\Delta V$ ) dapat didefinisikan sebagai selisih antara potensial akhir dengan potensial awal. Beda potensial ( $\Delta V$ ) diukur dalam volt, sehingga beda potensial antara dua titik sering disebut sebagai voltase atau tegangan.

### 3.7.2 Arus Listrik



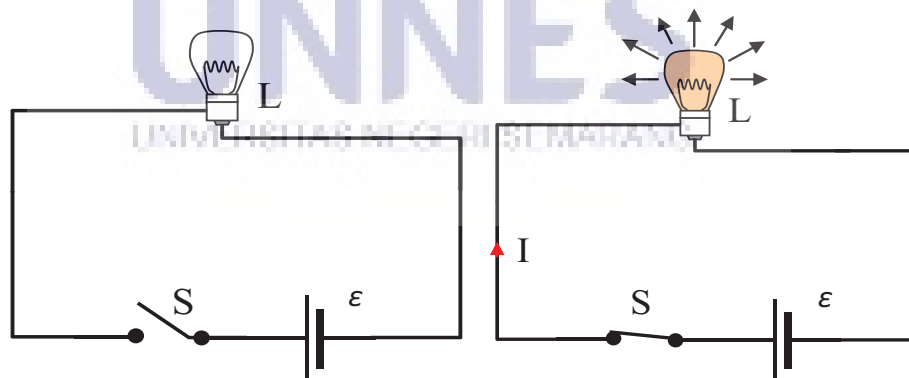
Gambar 2.4. Aliran muatan yang melalui sebuah konduktor (a) tidak dihubungkan kawat (b) terdapat kawat yang menghubungkan antara dua buah benda yang potensialnya tidak sama

Dimisalkan ada dua buah benda A dan B di mana jumlah elektron pada benda A lebih sedikit daripada jumlah elektron pada benda B seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 (a), sehingga benda A dan B mempunyai potensial yang tidak

sama. Perbedaan potensial pada dua buah konduktor tersebut akan menyebabkan elektron mengalir dari potensial rendah ke potensial tinggi. Namun, hal itu tidak akan terjadi karena tidak terdapat suatu penghantar yang menghubungkan kedua benda.

Jika antara kedua benda A dan B dihubungkan dengan sebuah kawat penghantar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 (b), maka elektron-elektron pada benda B akan mengalir melalui kawat penghantar menuju benda A. Aliran elektron itu akan terus berlangsung sehingga antara kedua benda A dan B mempunyai jumlah muatan yang sama, atau setelah dicapai keadaan setimbang. Dengan kata lain antara konduktor A dan konduktor B tidak terdapat perbedaan potensial atau potensialnya sama. Adanya aliran elektron inilah yang menyebabkan timbulnya arus listrik, di mana arah listrik yang mengalir adalah berlawanan dengan arah aliran elektron.

Gejala arus listrik pada suatu rangkaian dapat diamati dengan suatu percobaan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Sebuah lampu L, Saklar S dan Sumber tegangan  $\epsilon$  yang disusun menjadi suatu rangkaian listrik (a) S dalam keadaan terbuka dan (b) S dalam keadaan tertutup.

Pada saat saklar S dalam keadaan terbuka seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 (a), lampu L tidak menyala dikarenakan susunan rangkaian tersebut membentuk suatu rangkaian listrik yang terbuka, sehingga tidak ada arus yang melewati lampu L. Apa yang terjadi jika saklar S ditutup seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 (b)? ternyata lampu L dapat menyala, hal ini menunjukkan bahwa pada rangkaian listrik tertutup tersebut ada aliran arus listrik, sehingga lampu L dialiri arus listrik.

Kuat arus listrik pada suatu penghantar adalah banyaknya muatan yang melalui penghantar tersebut tiap satuan waktu, yang secara matematis dapat dituliskan,

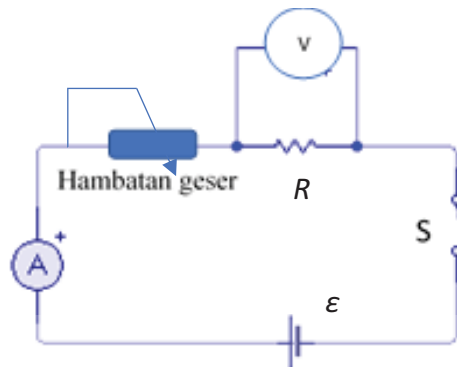
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (2.7)$$

di mana  $I$  adalah kuat arus dengan satuan Coulomb/s atau ampere (A),  $\Delta q$  adalah banyaknya muatan dalam satuan coulomb (C),  $\Delta t$  adalah selang waktu dalam satuan sekon (s).

### 3.7.3 Hambatan dan Hukum Ohm

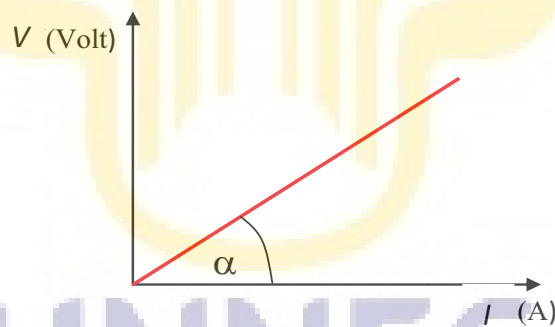
#### 2.6.3.1 Hukum Ohm

Sebuah hambatan tetap ( $R$ ), voltmeter ( $V$ ), amperemeter ( $A$ ), saklar ( $S$ ), hambatan geser ( $VR$ ) dan sumber tegangan ( $\epsilon$ ) disusun sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah rangkaian listrik tertutup sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.6. Ketika  $VR$  digeser, maka nilai hambatannya akan berubah, maka arus yang mengalir pada rangkaian tersebut juga akan berubah, sehingga besar tegangan yang ditunjukkan oleh voltmeter ( $V$ ) juga akan mengalami perubahan.



Gambar 2.6. Rangkaian Listrik Tertutup yang terdiri dari susunan Hambatan tetap ( $R$ ), Voltmeter ( $V$ ), amperemeter ( $A$ ), Saklar ( $S$ ), hambatan geser ( $VR$ ) dan Sumber tegangan ( $\epsilon$ )

Dengan mengubah-ubah nilai  $VR$ , maka akan diperoleh nilai  $V$  dan  $I$  yang bervariasi. Hubungan antara  $I$  dan  $V$  dapat direpresentasikan dalam sebuah grafik sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Grafik Hubungan antara  $V$  dan  $I$

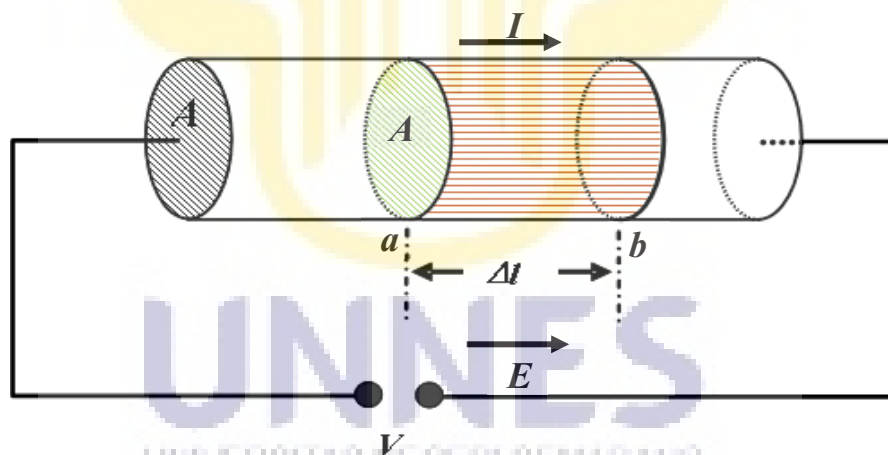
Dari Gambar 2.7 terlihat bahwa grafik hubungan antara  $V$  dan  $I$  adalah linier dengan kemiringan tertentu, di mana Besarannya tegangan pada ujung-ujung hambatan adalah sebanding dengan arus yang melalui hambatan tersebut, Kemiringan grafik tersebut didefinisikan sebagai hambatan ( $R$ ) yang dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\tan \theta = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.8)$$

Penghantar yang semacam ini disebut penghantar (bersifat ohmik). Hubungan linier antara  $I$  dan  $V$  seperti dalam logam–logam itu ditemukan oleh George Simon Ohm. Oleh karena untuk nilai  $R$  yang konstan maka persamaan (2.8) dikenal sebagai Hukum Ohm. Penghantar–penghantar yang tidak tunduk pada hukum Ohm, disebut penghantar nonlinier, misalnya pada gas yang bertekanan rendah dan elektrolit pada umumnya. Dari persamaan (2.8) dapat ditentukan bahwa satuan dari hambatan adalah volt/ampere atau Ohm, yang sering disimbolkan dengan  $\Omega$ .

### 2.6.3.2 Hambatan Sebatang Kawat



Gambar 2.8 Ilustrasi aliran arus pada suatu kawat penghantar yang berdiameter  $A$  akibat beda potensial  $V$ .

Jika suatu segmen kawat berbentuk silindris dengan panjang  $\Delta l$ , penampang lintang  $A$  dan kedua ujungnya dihubungkan sumber tegangan  $V$ , maka arus  $I$  mengalir seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8. Medan listrik  $E$  mempunyai arah dari  $a$  ke  $b$  dan searah dengan arah arus, artinya potensial  $a$  lebih tinggi daripada

potensial  $b$ . Beda potensial  $V$  antara titik  $a$  dan  $b$  dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_a - V_b = E \Delta l \quad (2.9)$$

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8, bahwa jika sebuah penghantar dengan luas penampang sebesar  $A$  dan pada kedua ujung-ujungnya diberi beda potensial  $V$ , maka kawat penghantar tersebut akan mengalir arus sebesar  $I$ . Besarnya arus  $I$  yang mengalir tiap satu satuan luas di kenal sebagai rapat arus listrik ( $J$ ) yang dinyatakan dalam satuan  $A/m^2$ . Rapat arus  $J$  secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.10)$$

Selanjutnya, besarnya hambatan pada panjang kawat dapat ditentukan dengan mensubstitusikan persamaan (2.9) dan (2.10) ke dalam persamaan Hukum Ohm.

$$J = \sigma E$$

$$\frac{I}{A} = \sigma \frac{V}{l}$$

$$V = \frac{l}{\sigma A} I$$

$$V = I R$$

Jika  $\sigma$  adalah konduktivitas listrik,  $R = \frac{l}{\sigma A}$  dan  $\frac{1}{\sigma}$  didefinisikan sebagai hambatan jenis material  $\rho$ , maka akan didapatkan persamaan hambatan pada panjang kawat sebagai berikut.

$$R = \frac{l}{\sigma A}$$

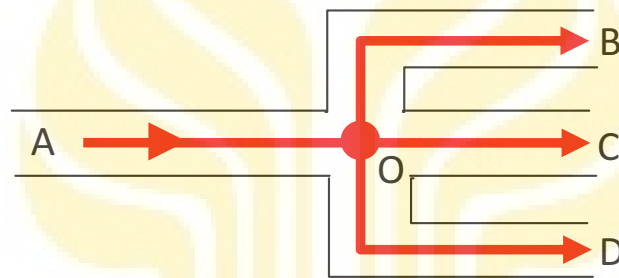
$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.11)$$

$\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega \cdot m$ ),  $l$  adalah panjang kawat (m),  $A$  adalah luas penampang ( $m^2$ ) dan  $R$  adalah hambatan ( $\Omega$ ).

### 3.7.4 Hukum Kirchoff

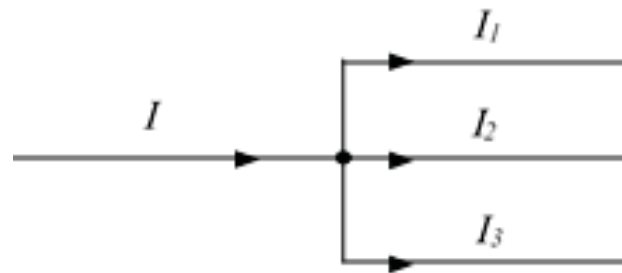
#### 2.6.4.1 Hukum I Kirchoff

Dimisalkan aliran air dalam sebuah pipa, pipa utama A bercabang menjadi 3, yaitu masing-masing cabang B, C, dan D.



Gambar 2.9. Aliran air pipa bercabang

Jika pipa tidak bocor, maka jumlah air yang masuk dari pipa A menuju titik cabang O sama dengan jumlah air yang meninggalkan titik cabang O menuju pipa B, C dan D. Secara garis besar dapat diungkapkan bahwa volume air yang menuju titik percabangan adalah sama dengan volume air yang meninggalkan titik percabangan tersebut. Hal ini dapat digunakan sebagai analogi pada Hukum I Kirchoff, dengan menganggap aliran air sebagai aliran arus. Oleh karena itu, dikatakan bahwa jumlah arus yang menuju suatu titik percabangan sama dengan jumlah arus yang meninggalkan titik percabangan tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Arah Arus

Berdasarkan Gambar 2.10 dapat ditentukan persamaan sebagai berikut.

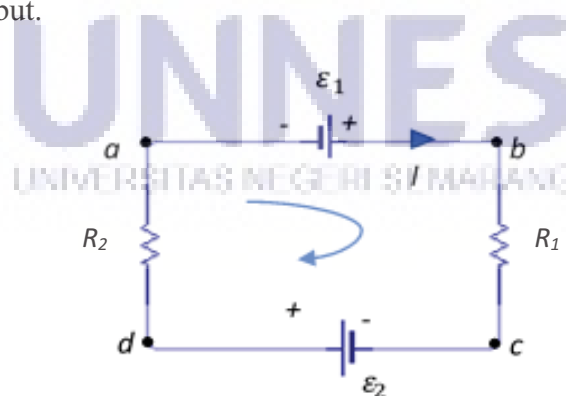
$$\sum I_{MASUK} = \sum I_{KELUAR}$$

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

$I$  adalah arus yang masuk dan  $I_1, I_2, I_3$  adalah arus yang keluar dari titik percabangan.

#### 2.6.4.2 Hukum 2 Kirchoff

Misalkan dalam suatu rangkaian listrik tertutup yang terdiri dari beberapa buah sumber tegangan dan hambatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.11, sehingga dapat dipandang sebagai suatu muatan yang bergerak mengalir pada rangkaian tersebut.



Gambar 2.11 Loop pada suatu rangkaian listrik tertutup yang tidak bercabang

Aliran arus atau aliran muatan pada rangkaian listrik tertutup tersebut dapat dimisalkan dengan sebuah loop  $I$ , di mana loop tersebut adalah aliran muatan yang



melewati titik-titik  $a-b-c-d-e$  dan kembali ke  $a$ . sehingga dapat dikatakan bahwa usaha yang dilakukan oleh muatan tersebut sama dengan nol.

$$V_{awal} = V_{akhir} = V_{aa}$$

$$W = q \Delta V = q(V_a - V_a) = 0 \quad (2.13)$$

Beda potensial yang ada pada rangkaian tersebut ditimbulkan karena adanya elemen  $\varepsilon$ , akan tetapi pada saat loop tersebut menjumpai hambatan maka akan terjadi penurunan potensial sebesar hambatan  $R$  dikalikan dengan besarnya arus  $I$ , sehingga dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V = IR \quad (2.14)$$

Berdasarkan rangkaian pada Gambar 2.11, maka dapat ditinjau untuk masing-masing segmen. Jika ditinjau antara titik  $a$  dan  $b$  (segmen  $a-b$ ), terlihat bahwa tidak ada hambatan pada segmen tersebut, tetapi loop menjumpai elemen  $\varepsilon_1$ , dan kutub elemen yang dijumpai oleh loop tersebut adalah kutub negatif, maka perbedaan potensial antara kedua titik  $a$  dan  $b$  ( $V_{ab}$ ) yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V_{ab} = -\varepsilon_1 \quad (2.15)$$

Pada segmen  $b-c$ , tidak terdapat elemen, akan tetapi loop I menjumpai hambatan  $R_1$ , maka sesuai dengan persamaan terjadi penurunan potensial sebesar  $V_{bc}$  yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V_{bc} = I R_1 \quad (2.16)$$

Analog dengan segmen  $a-b$ , maka pada segmen  $c-d$  terdapat beda potensial sebesar  $V_{cd}$  yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V_{cd} = -\varepsilon_2 \quad (2.17)$$

Pada segmen  $d-a$ , analog dengan segmen  $b-c$ , maka besarnya penurunan potensial pada segmen ini adalah sebesar  $V_{da}$  yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V_{da} = I R_2 \quad (2.18)$$

Sesuai dengan persamaan (2.13) maka dapat dikatakan bahwa aliran muatan tersebut kembali ke titik asal, sehingga usaha yang dilakukan oleh muatan tersebut adalah sama dengan nol. Karena besar potensial akhir sama dengan potensial awal, sehingga dapat dituliskan sebagai,

$$\begin{aligned} V_{aa} &= V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{da} = 0 \\ (-\varepsilon_1) + IR_1 + (-\varepsilon_2) + IR_2 &= 0 \\ (-\varepsilon_1) + (-\varepsilon_2) + I(R_1 + R_2) &= 0 \end{aligned}$$

atau secara umum dapat dituliskan.

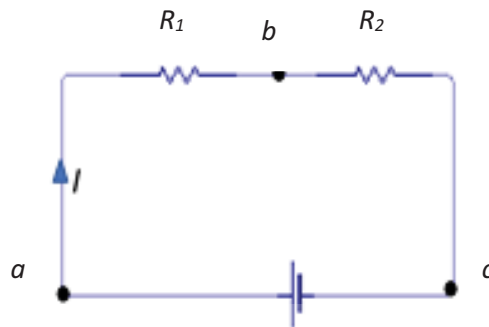
$$\sum \varepsilon + \sum IR = 0 \quad (2.19)$$

Persamaan tersebut dikenal sebagai Hukum 2 Kirchoff yang menyatakan jumlah aljabar dari beda potensial yang membentuk suatu rangkaian tertutup sama dengan nol.

## 2.6.5 Susunan hambatan

### 2.6.5.1 Susunan Seri

Sebuah rangkaian tertutup yang terdiri dari hambatan 1 ( $R_1$ ) dan hambatan 2 ( $R_2$ ) yang disusun secara seri dan dihubungkan dengan sumber tegangan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Rangkaian listrik tertutup yang terdiri dari beberapa buah elemen dan beberapa hambatan yang disusun secara seri.

Akibat adanya beda potensial antara titik  $a$  dan  $c$ , dan menganggap bahwa muatan tidak ada yang hilang maka jumlah muatan (arus) yang mengalir pada titik  $a$  dan  $b$  sama dengan jumlah muatan (arus) yang mengalir antara titik  $b$  dan  $c$ . Titik  $a$  mempunyai potensial lebih tinggi dibanding potensial di titik  $c$ , sehingga beda potensial antara titik  $a$  dan  $c$  dapat ditulis,

$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc}$$

$$IR_{tot} = IR_1 + IR_2$$

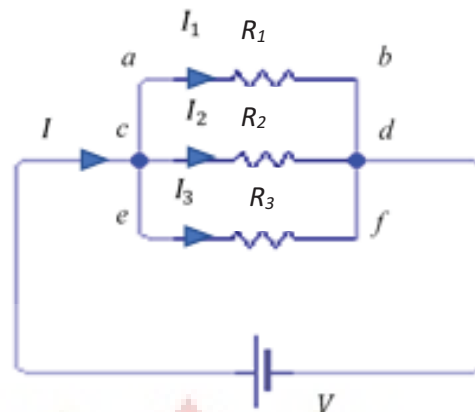
$$I R_{tot} = I (R_1 + R_2)$$

$$R_{tot} = R_1 + R_2 \quad (2.20)$$

dengan  $R_{tot}$  adalah hambatan total pada rangkaian seri ( $\Omega$ ).

### 2.6.5.2 Susunan Pararel

Sebuah rangkaian tertutup yang terdiri dari hambatan 1 ( $R_1$ ), hambatan 2 ( $R_2$ ) dan hambatan 3 ( $R_3$ ) yang disusun secara paralel dan dihubungkan dengan sumber tegangan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Rangkaian listrik tertutup yang terdiri dari beberapa buah elemen dan beberapa buah hambatan yang disusun secara paralel

Karena ujung–ujung ketiga buah hambatan dihubungkan dengan sumber tegangan yang sama, maka beda potensial yang mengapit pada masing-masing hambatan adalah sama besar. Sesuai dengan Hukum I Kirchoff, maka pada titik cabang  $c$  dan  $d$  ( $a$  dan  $b$ ,  $e$  dan  $f$ ) berlaku persamaan sebagai berikut.

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_{tot} \frac{1}{R_{tot}} = \left( \frac{V_{tot}}{R_1} + \frac{V_{tot}}{R_2} + \frac{V_{tot}}{R_3} \right)$$

$$\frac{V_{tot}}{R_{tot}} = V_{tot} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

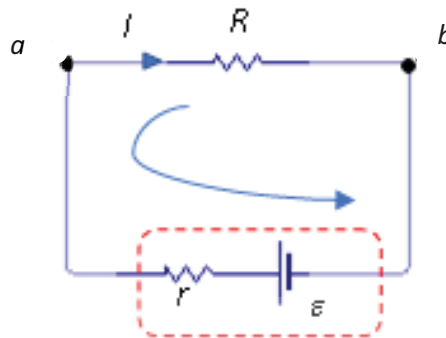
$$\frac{1}{R_{tot}} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (2.21)$$

$\frac{1}{R_{tot}}$  adalah hambatan total pada rangkaian paralel ( $\Omega$ ).

## 2.6.6 Susunan Sumber Tegangan

### 2.6.6.1 Hambatan Dalam dan Tegangan Jepit

Suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari hambatan dan baterai seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Rangkaian listrik tertutup antara hambatan dan sumber tegangan

Misalkan elektron-elektron atau pembawa muatan bergerak di dalam sebuah sumber tegangan yang tidak ideal, maka akan mengalami hambatan yang dinamakan hambatan dalam  $r$ . Hambatan dalam ini mengambil energi elektron, sehingga mengurangi besarnya beda potensial pada titik  $a$  dan  $b$ .

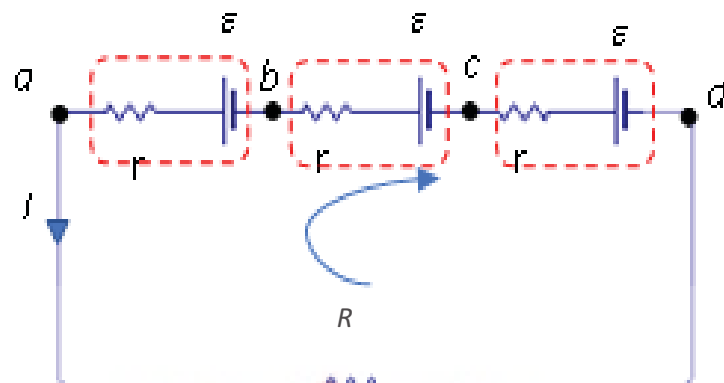
Jika  $r$  sama dengan nol, maka tegangan pada titik  $a$ - $b$  sama dengan besar ggl baterai  $\varepsilon$ . Tetapi, jika hambatan dalam  $r$  tidak sama dengan nol, maka tegangan pada titik  $a$ - $b$  adalah sebagai berikut.

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir \quad (2.22)$$

$V_{ab}$  sering disebut dengan tegangan jepit.

#### 2.6.6.2 Susunan Sumber Tegangan Seri

Tiga buah sumber tegangan yang identik dengan ggl masing-masing adalah  $\varepsilon$  dan  $r$  dihubungkan secara seri kemudian dihubungkan dengan sebuah hambatan luar  $R$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Beberapa sumber tegangan identik yang disusun secara seri

Karena rangkaian tersebut membentuk sebuah rangkaian listrik tertutup yang tidak bercabang, maka besar arus yang mengalir pada rangkaian adalah sama yaitu sebesar  $I$ , maka beda potensial antara titik  $a$  dan  $d$  ( $V_{ad}$ ):

$$V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$$

$$IR = IR + IR + IR$$

$$IR = (-Ir) + (-Ir) + (-Ir) + \varepsilon + \varepsilon + \varepsilon$$

$$IR = -3Ir + 3\varepsilon$$

$$V_{ad} = 3\varepsilon - I(3r)$$

Dengan mengingat persamaan (2.22), maka dapat dituliskan bahwa:

$$\varepsilon_{tot} = 3\varepsilon \quad (2.23)$$

$$r_{tot} = 3r \quad (2.24)$$

Berdasarkan persamaan tersebut (2.23) dan (2.24), maka jika ada  $n$  buah elemen identik yang disusun secara seri, maka besarnya ggl dan hambatan dalam total yang diperoleh adalah memenuhi hubungan sebagai berikut.

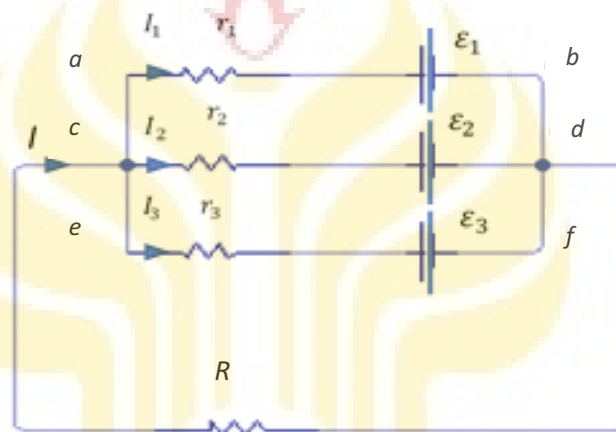
$$\varepsilon_{tot} = \varepsilon_s = n\varepsilon \quad (2.25)$$

$$r_s = nr \quad (2.26)$$

$r_s$  adalah hambatan dalam total yang disusun secara seri ( $\Omega$ ) dan  $n$  adalah banyaknya elemen identik.

### 2.6.6.3 Susunan Sumber Tegangan Pararel

Tiga buah sumber tegangan identik dengan ggl masing-masing adalah  $\varepsilon$  dan hambatan dalam  $r$  yang disusun secara paralel, kemudian dihubungkan dengan hambatan luar  $R$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Beberapa sumber tegangan yang identik disusun secara paralel

Dengan mengingat Hukum I Kirchoff, maka jumlah arus yang masuk sama dengan jumlah arus yang keluar pada suatu titik percabangan, maka besarnya kuat arus pada rangkaian tersebut adalah:

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

Karena elemen-elemen tersebut adalah identik maka,  $I_1 = I_2 = I_3 = I$  sehingga,

$$I_{tot} = 3I \Rightarrow I = I_{tot}/3$$

$$V_{ab} = V_{cd} = V_{ef} = IR$$

$$V_{ab} = IR = \varepsilon_1 - I_1 r$$

$$V_{ab} = IR = \varepsilon_1 - I r$$

$$V_{ab} = IR = \varepsilon_1 - \frac{I_{tot}}{3} r$$

$$V_{ab} = IR = \varepsilon - I_{tot} \left( \frac{r}{3} \right)$$

Dengan mengingat kembali persamaan (2.22), maka dapat dituliskan.

$$V_{tot} = \varepsilon \quad (2.27)$$

$$r_{tot} = \frac{r}{3} \quad (2.28)$$

Dengan cara yang sama, maka kita dapat memperoleh hasil serupa untuk percabangan *c-d* dan *e-f*. Berdasarkan persamaan tersebut (2.27) dan (2.28), maka jika ada *n* buah elemen identik yang disusun secara paralel, maka besarnya ggl dan hambatan dalam total yang diperoleh adalah memenuhi hubungan sebagai berikut.

$$\varepsilon_p = \varepsilon \quad (2.29)$$

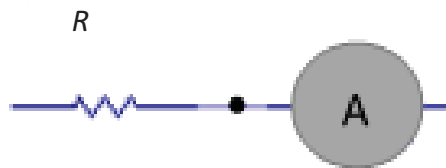
$$r_p = \frac{r}{n} \quad (2.30)$$

$r_p$  adalah hambatan dalam total yang disusun secara paralel ( $\Omega$ ) dan *n* adalah banyaknya elemen identik.

### 2.6.7 Amperemeter

Amperemeter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus yang melalui suatu rangkaian listrik. Untuk mengukur kuat arus yang melalui suatu penghantar dalam suatu rangkaian sederhana dapat dilakukan dengan cara meletakkan amperemeter yang disusun secara seri seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17.

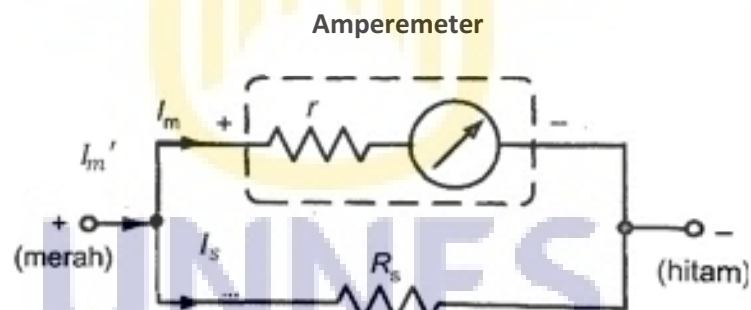




Gambar 2.17 Cara pemasangan amperemeter yang disusun secara seri

Karena setiap alat ukur memiliki batas pengukuran yang maksimal, sehingga bila alat tersebut akan digunakan untuk mengukur arus yang melebihi batas ukur maksimalnya, maka arus kelebihannya harus dipintaskan melalui sebuah hambatan yang disebut dengan hambatan pintas atau hambatan *shunt*. Hambatan *shunt* ini dipasang secara paralel terhadap amperemeter.

Cara pemasangan hambatan *shunt* adalah sebagaimana ditunjukkan seperti pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Cara pemasangan hambatan *shunt*

Seperti terlihat pada Gambar 2.18 pada sebuah rangkaian amperemeter terdapat hambatan *shunt* yang disusun secara paralel, sehingga tegangan pada hambatan *shunt* dan tegangan alat ukur mempunyai besar sama, berdasarkan gambar nilai hambatan shunt ( $R_s$ ) dapat ditentukan sebagai berikut.

$$I_m' = I_s + I_m$$

$$V_s = V_{alat\ ukur}$$

$$I_s R_s = I_m r$$

$$(I_m' - I_m) R_s = I_m r$$

$$I_m' R_s - I_m R_s = I_m r$$

$$I_m' R_s = I_m (r + R_s)$$

$$\frac{I_m'}{I_m} = \frac{(r + R_s)}{R_s}$$

jika,  $\frac{I_m'}{I_m} = n$

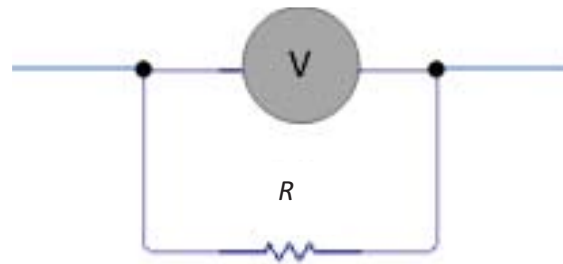
$$R_s = \frac{r}{n-1} \quad (2.31)$$

$I_m$  adalah arus maksimum dari alat ukur,  $I_m'$  adalah arus total,  $I_s$  adalah arus shunt,  $R_s$  adalah hambatan shunt dan  $r$  adalah hambatan dalam alat ukur.

Berdasarkan persamaan (2.31), maka dengan pemasangan  $R_s$  ini, batas ukur dari amperemeter tersebut akan menjadi  $n$  kali dari batas ukur sebelum ada  $R_s$ .

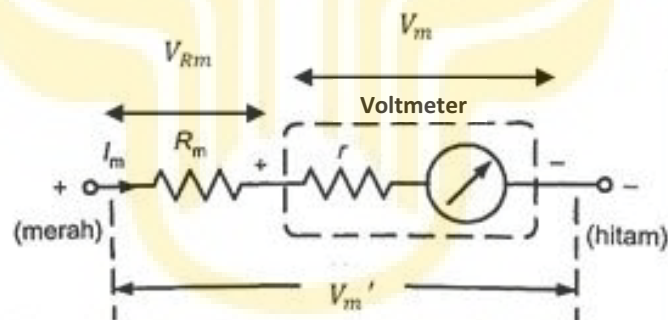
### 2.6.8 Voltmeter

Voltmeter adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur beda potensial antara dua buah titik dalam suatu rangkaian listrik. Untuk mengukur beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik sederhana dapat dilakukan dengan cara meletakkan voltmeter yang disusun secara paralel seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19. Cara pemasangan voltmeter secara paralel

Setiap alat ukur memiliki batas pengukuran yang maksimal, bila tegangan yang akan diukur melampaui batas ukur maksimalnya, maka diperlukan sebuah hambatan muka  $R_m$  yang berfungsi untuk membatasi tegangan agar tidak melebihi batas tegangan maksimumnya. Cara pemasangan hambatan muka  $R_m$  dapat disusun secara seri seperti ditunjukkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20. Cara pemasangan hambatan muka

Karena hambatan muka dan voltmeter terhubung secara seri, maka besarnya arus pada hambatan muka dan voltmeter sama, sehingga nilai hambatan muka ( $R_m$ ) dapat ditentukan sebagai berikut.

$$V_m' = V_{Rm} + V_m$$

$$I_{Rm} = I_m$$

$$\frac{V_{R_m}}{R_m} = \frac{V_m}{r}$$

$$\frac{V_m' - V_m}{R_m} = \frac{V_m}{r}$$

$$(V_m' - V_m)r = V_m R_m$$

$$V_m' r = V_m (R_m + r)$$

$$\frac{V_m'}{V_m} = \frac{R_m + r}{r}$$

jika,  $\frac{V_m'}{V_m} = n$

$$R_m = (n - 1)r \tag{2.32}$$

$V_m'$  adalah tegangan maksimum dari voltmeter,  $V_m$  adalah tegangan maksimum dari alat ukur,  $r$  adalah hambatan dalam dan  $R_m$  adalah hambatan muka.

Berdasarkan persamaan (2.32), dengan pemasangan  $R_m$  ini, maka batas ukur dari voltmeter tersebut akan menjadi  $n$  kali dari batas ukur sebelum ada  $R_m$ .

## 2.7 Kerangka Berpikir

Fisika merupakan ilmu alam yang didalamnya terdapat sekumpulan pengetahuan yang terdiri atas fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip, hukum, dan teori. Untuk memahami konsep-konsep dalam fisika, maka dalam proses pembelajaran memerlukan penyelidikan dan pengamatan terhadap gejala-gejala fisika yang mampu mengajak mahasiswa untuk menemukan sendiri pembuktian dari suatu teori. Meskipun sebagian dalam konsep fisika dalam bentuk formulasi,

pada akhirnya untuk membuktikan kebenaran suatu konsep masih memerlukan pengujian melalui kegiatan praktikum.

Pembelajaran dengan kegiatan eksperimen mampu melatih mahasiswa untuk merasakan langsung dan aktif dalam proses belajar mengajar. Selain itu, mahasiswa mampu meningkatkan keterampilan ilmiannya. Melalui kegiatan eksperimen mahasiswa dapat menemukan dan membuktikan sendiri kebenaran dari suatu konsep dalam fisika.

Salah satu masalah yang ada dalam pembelajaran eksperimen Fisika Dasar 2 adalah penguasaan konsep mahasiswa pada materi pengukuran besaran listrik arus searah masih lemah, sehingga dalam kegiatan praktikum pengukuran besaran listrik masih mengalami kesulitan dalam merangkai sebuah rangkaian dalam percobaan.

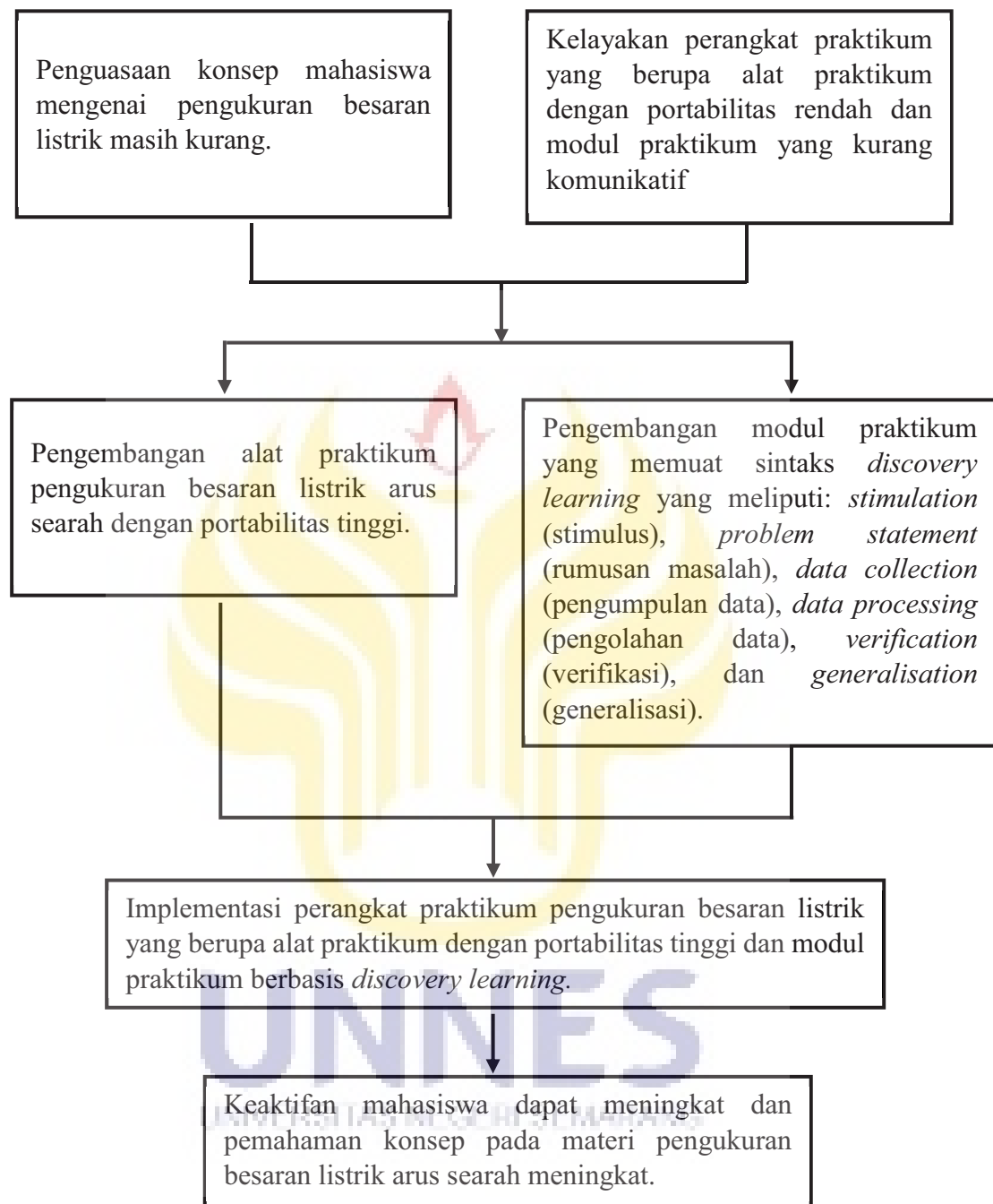
Hal yang dapat menunjang kegiatan eksperimen adalah kelayakan alat praktikum dan modul praktikum. Alat dan bahan praktikum merupakan komponen yang harus dipersiapkan sebelum melakukan kegiatan praktikum. Alat praktikum yang baik adalah alat yang mampu menunjukkan prinsip atau gejala yang mengandung suatu konsep. Dalam hal ini, alat praktikum pengukuran listrik yang tersedia memiliki tingkat portabilitas rendah. Modul praktikum yang terdapat di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang, kurang komunikatif, sehingga mahasiswa hanya melakukan percobaan sesuai dengan perintah yang terdapat pada modul dan tidak diarahkan untuk lebih aktif dalam mengkaji materi.

Untuk meningkatkan pemahaman konsep mengenai materi listrik dinamis pada eksperimen pengukuran besaran listrik, perlu dikembangkan sebuah perangkat praktikum yang mampu meningkatkan pemahaman konsep melalui alat dan modul

praktikum. Alat praktikum yang dikembangkan harus memiliki tingkat portabilitas yang tinggi, sehingga mahasiswa mampu memahami cara menggunakan alat praktikum tanpa mengalami kesulitan.

Modul praktikum yang dikembangkan berbasis *discovery learning*. Metode *discovery learning* adalah metode yang memungkinkan para mahasiswa terlibat langsung dalam kegiatan belajar–mengajar, sehingga mampu menggunakan proses mentalnya untuk menemukan suatu konsep atau teori yang sedang dipelajari. Modul praktikum tersebut, memuat sintaks *discovery learning* yang meliputi, *stimulation* (stimulus), *problem statement* (rumusan masalah), *data collection* (pengumpulan data), *data processing* (pengolahan data), *verification* (verifikasi), dan *generalization* (generalisasi). Hal ini sejalan dengan prinsip kegiatan praktikum yang mengajak mahasiswa untuk melakukan dan menguji sendiri suatu konsep.

Dengan pengembangan perangkat praktikum yang berupa alat dan modul praktikum berbasis *discovery learning* diharapkan dapat meningkatkan keaktifan mahasiswa dalam kegiatan pembelajaran, sehingga pemahaman konsep mengenai pengukuran besaran listrik arus searah dapat meningkat. Kerangka berpikir yang telah dijelaskan di atas dapat diilustrasikan melalui Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Kerangka Berpikir

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

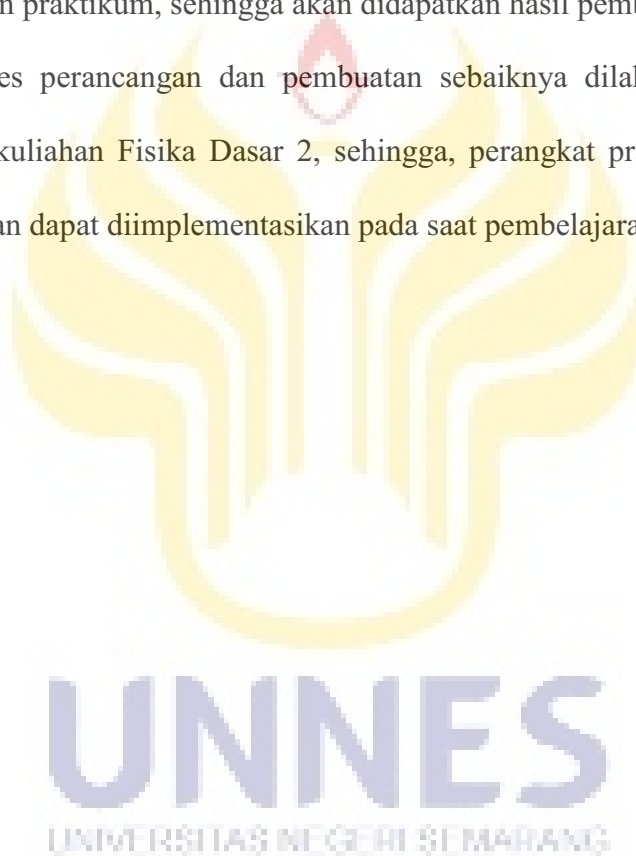
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil pengembangan perangkat praktikum yang berupa alat dan modul praktikum. Alat praktikum yang dikembangkan memiliki karakteristik sebagai berikut: pertama, sudah terintegrasi menjadi satu yaitu untuk percobaan susunan hambatan secara seri dan paralel serta percobaan hambatan pada suatu kawat penghantar. Kedua, berdasarkan hasil uji kelayakan terhadap alat praktikum diperoleh prosentase sebesar 84,38% dengan kriteria layak. Modul praktikum yang dikembangkan memiliki karakteristik yang mengadaptasi model *discovery learning* yang memuat sintaks (*stimulation, problem statement, data collection, data processing, verification* dan *generalisation*). Hasil uji kelayakan terhadap modul praktikum diperoleh prosentase sebesar 84,38% dengan kriteria layak.

Berdasarkan hasil implementasi perangkat praktikum pengukuran besaran listrik arus searah berbasis *discovery learning* didapatkan beberapa penilaian yang meliputi: kemampuan psikomotorik, afektif, dan kognitif. Keterlibatan secara aktif yang dilakukan mahasiswa dalam kegiatan praktikum sangat baik, yang ditunjukkan oleh nilai kemampuan psikomotorik dan afektif telah membantu mahasiswa dalam menemukan suatu konsep. Hal tersebut dapat dilihat pada hasil uji *gain* yang diperoleh bahwa pemahaman konsep mahasiswa meningkat dalam kategori sedang.



## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti memberikan saran sebagai berikut: pertama, implementasi dari perangkat praktikum yang dikembangkan sebaiknya dilaksanakan pada saat perkuliahan Fisika Dasar 2. Hal ini dimaksudkan supaya mahasiswa dapat antusias dan maksimal dalam melaksanakan praktikum, sehingga akan didapatkan hasil pembelajaran yang baik. Kedua, proses perancangan dan pembuatan sebaiknya dilaksanakan jauh hari sebelum perkuliahan Fisika Dasar 2, sehingga, perangkat praktikum yang telah dikembangkan dapat diimplementasikan pada saat pembelajaran Fisika Dasar 2.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya
- Anam, K. 2015. *Pembelajaran Berbasis Inkuiri Metode dan Aplikasi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Anderson, L.W. & D.R. Karthwohl. 2001. *A taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A revision of Bloom's taxonomy of Education Objectives*. New York: Addison Wesley Longman Inc.
- Antu,U. 2010. Meningkatkan Pemahaman Konsep Keliling Persegi Panjang melalui Media petak Persegi Panjang pada Siswa Kelas III SDN 5 Pulubala Kecamatan Pulubala Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Penelitian*. 1-10.
- Arikunto, S. 2012. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Aslam, Syamsu, Darsikin, & U. Wahyono. 2016. Pengembangan Alat Praktikum Hukum Ohm Berbasis Grafik Menggunakan Mikrokontroler pada Mahasiswa Calon Guru. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadaluko*, 4 (1):21-25
- Asmawir. 2014. Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Melalui Metode Eksperimen pada Materi Pesawat Sederhana pada Mata Pelajaran IPA Kelas V SDN No.3 Siboang. *Jurnal Kreatif Tadaluko*, 4 (1):183-198.
- Budiono, E. & H. Susanto. 2006. Penyusunan dan Penggunaan Modul Pembelajaran Berdasar Kurikulum Berbasis Kompetensi Sub Pokok Bahasan Analisa Kuantitatif untuk Soal-Soal Dinamika Sederhana pada Kelas X Semester I SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 4 (2): 79-87.
- Branch, R.M. 2009. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Amerika Serikat: Springer Science.
- Chandrasegaran, A.L., D.F. Treagust, & M. Mocarino. 2007. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3):293-306.
- Daryanto. 2008. *Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Daryanto. 2013: *Menyusun Modul (Bahan Ajar untuk Persiapan Guru dalam Mengajar)*. Yogyakarta: Gava Media.

- Dewi, M. L., A. S. Budi, & E. Budi. 2015. *Pengembangan Modul Praktikum Fisika Berbasis Data Logger untuk SMA. Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Direktorat Pembinaan SMA. 2010. *Juknis Penyusunan Perangkat Penilaian Afektif di SMA*. Jakarta.
- Ekasari, D., A. Suyatna, & F. Sesunan. 2009. Pengembangan Alat Gerak Jatuh Bebas sebagai Media Pembelajaran Konsep Gerak Jatuh Bebas. *Artikel*. Lampung: FKIP Universitas Negeri Lampung.
- Fitri, U., Desnita, & E. Handoko. 2015. Pengembangan Modul Berbasis *Discovery-Inquiry* untuk SMA kelas XII Semester 2. *Jurnal Pendidikan dan Pengembangan Fisika*, 1 (1) : 47-54.
- Hake, R. R. 1999. *Analyzing Change/ Gain Score*. Woodland Hills: Indiana University.
- Hamalik, O. 2008. *Perencanaan Pengajaran Berdasarkan Pendekatan Sistem*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Handoko, A., Sajidan, & Maridi. 2016. Pengembangan Modul Berbasis *Discovery Learning (Part of Inquiry Spectrum Learning-Wenning)* pada Materi Bioteknologi Kelas XII IPA di SMA Negeri 1 Magelang Tahun Ajaran 2014/2015. *Jurnal Inkuiri*, 5 (3):144-154.
- Illahi, M. T. 2012. *Pembelajaran Discovery Strategy & Mental Vocational Skill*. Yogyakarta: Diva Press.
- Joolingan, W.V. 2007. Cognitive Tools for Discovery Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10: 385-397.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. 2013. *Model Pembelajaran Penemuan (Discovery Learning)*. Jakarta
- Lesmono, A.D., S. Wahyuni, & Fitriya. 2012. Pengembangan Petunjuk Praktikum Fisika Berbasis Laboratorium Virtual (Virtual Laboratory) pada Pembelajaran Fisika di SMP/MTs. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(3):272-277.
- Mawardi & Mariati. 2014. Komparasi Model Pembelajaran *Discovery Learning* dan *Problem Solving* ditinjau dari Hasil Belajar IPA pada Siswa Kelas 3 SD di Gugus Diponegoro. *Scholaria*, 6(1): 127-142.
- Mubarok, C. & E. Sulisty. 2014. Penerapan Model Pembelajaran *Discovery Learning* terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X TAV pada Standar

- Kompetensi Melakukan Instalasi Sound System di SMK Negeri 2 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 3 (1):215-221.
- Mulyatiningsih, E. 2014. *Metode Penelitian Terapan Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Nasution. 2009. *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar dan Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Prastowo, A. 2013. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Kreatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Purwanto, A., Rahadi, & S. Lasmono. 2007. *Pengembangan Modul*. Jakarta: Depdiknas.
- Purwanto, N. 2009. *Prinsip – Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. Bandung : Remaja Rosdakarya.
- Putra, S. 2013. *Desain Belajar Mengajar Kreatif Berbasis Sains*. Yogyakarta: DIVA press.
- Rahayu, S., H. Akhsan, & Zulherman. 2014. Pengembangan Panduan Praktikum Perangkat Mikro pada Materi Gelombang Elektromagnetik Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNSRI. *Artikel* . Universitas Sriwijaya.
- Roestiyah. 2012. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sakti, I. 2011. Korelasi Pengetahuan Alat Praktikum Fisika dengan Kemampuan Psikomotorik Siswa di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. *Jurnal Excata*, 9(1): 67-76.
- Saputri, V.A.C. & N.R. Dewi. 2014. Pengembangan Alat Peraga Sederhana Eye Lens Tema Mata Kelas VII untuk Menumbuhkan Keterampilan Peserta Disik. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(2): 109-115.
- Saepuloh, D. Suhayat, & E. Permana. 2016. Penerapan Metode Pembelajaran Eksperimen untuk Meningkatkan Hasil Belajar Teknik Listrik Dasar Otomotif. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 3(2): 246-262.
- Setiawan, I. 2012. *Konsep Analog-Digital dan Sistem Digital*. Purwokerto: Teknik Elektro Universitas Jendral Soedirman.
- Slameto. 2003. *Belajar dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sudijono, A. 2001. *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sudjana, N. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Suprayitno. 2011. *Pedoman Pembuatan Alat Peraga Fisika untuk SMA*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Syah, M. 2004. *Psikologi Pendidikan dengan Pendekatan Baru*. Bandung: Remaja Rosda Karya.
- Trihono. 2015. Upaya Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika dan Kemampuan Kerja Kelompok melalui Penerapan Konstruktivisme pada Siswa Kelas VIII C SMP Negeri 1 Playen Tahun Pelajaran 2014/2015. *JRKPF UAD*, 2 (2): 50-53.
- Waris, A., Darsikin, & Nurjannah. 2010. Pengembangan Alat Praktikum Sederhana Konsep Listrik Magnet untuk Siswa SMP Daerah Terpencil. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadaluko*, 3(2): 1-7.
- Wattimena, H.S., A.Suhandi, & A.Setiawan. 2014. Pengembangan Perangkat Perkuliahan Eksperimen Fisika untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa Calon Guru Dalam Mendesain Kegiatan Praktikum Fisika di SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10(2): 128-139.
- Wenning, C.J. 2005. Levels of Inquiry: Hierarchies of Pedagogical Practices and Inquiry Processes. *Journal of Physics Education Online*, 2(3): 3-12.
- Widayanto.2009. Pengembangan Keterampilan Proses dan Pemahaman Siswa Kelas X Melalui Kit Optik. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 1-7
- Yang, E. F.Y., C.C.Y. Liao, E. Ching, T. Chang, & T.W. Chan. 2010. The Effectiveness of Inductive Discovery Learning in 1:1 Mathematics Classroom. *Proceeding of the 18<sup>th</sup> International Conference on Computers in Education*. Malaysia: Putrajaya.