

**PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN
DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK KELAS X
TEKNIK INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK
SMK NEGERI 1 SEDAYU**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi
Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh:

Rudy Rachida

12501241035

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN
DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK KELAS X
TEKNIK INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK
SMK NEGERI 1 SEDAYU**

Disusun Oleh:

Rudy Rachida

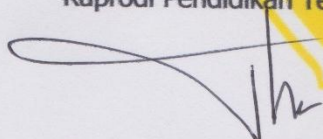
NIM. 12501241035

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan Ujian Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

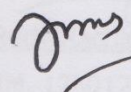
Yogyakarta, 25 Januari 2017

Mengetahui,
Kaprodi Pendidikan Teknik Elektro

Pembimbing TAS,



Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd.
NIP 19680406 199303 1 001



Deny Budi Hertanto, M.Kom.
NIP. 19770511 200604 1 002

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rudy Rachida

NIM : 12501241035

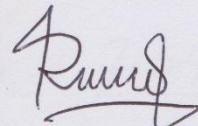
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Judul TAS : Pengembangan *E-Learning* Mata Pelajaran Dasar dan
Pengukuran Listrik kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan
Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang tertulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 25 Januari 2017

Yang menyatakan,



Rudy Rachida

NIM. 12501241035



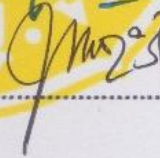
HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

**PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN
DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK KELAS X
TEKNIK INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK
SMK NEGERI 1 SEDAYU**

Disusun oleh:
Rudy Rachida
NIM. 12501241035

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta pada tanggal 7 Februari 2017

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Deny Budi Hertanto, M.Kom.</u> Ketua Penguji/Pembimbing		6-04-2017
<u>Herlambang Sigit Pramono, ST. M.Cs.</u> Sekretaris		6-04-2017
<u>Dr. Haryanto, M.Pd., MT.</u> Penguji		7-04-2017

Yogyakarta, 7 April 2017
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,

Dr. Widarto, M.Pd.
NIP. 19631230 198812 1 001

HALAMAN MOTTO

“Berdoalah mintalah kepadaKU, niscaya Aku kabulkan untukmu”

(QS. Al-Mukmin: 60)

Tida ada yang tidak mungkin jika kita sungguh-sungguh, terus berusaha,
dan selalu berdoa meminta kepadaNYA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir skripsi ini saya persembahkan untuk:

- ✚ *Bapak dan Ibuku yang telah memberikan doa tiada henti, kasih sayang, semangat dan motivasi.*
- ✚ *Kakakku Dedy yang selalu membantu dan memberi dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini*
- ✚ *Adik-adikku Ferdy, Andy, Arya yang membuatku termotivasi untuk segera menyelesaikan kuliah*
- ✚ *St Harfiah Fajri yang selalu mendoakan dan memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi ini*
- ✚ *Kak Ani dan Kak Gibran yang selalu mendukung dan menyemangati.*
- ✚ *Agung, Rais, Amin, Arifin, Her Wahyu, Miftah, Jamal yang telah banyak membantu dan menjadi teman diskusi dalam pengerjaan skripsi ini*
- ✚ *Keluarga Kelas A Pendidikan Teknik Elektro 2012 atas segala bantuan dan kerjasamanya selama ini.*
- ✚ *Keluarga Asrama Bawakaraeng yang menjadi tempat berbagi cerita dan berbagi semangat.*

**PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN
DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK KELAS X
TEKNIK INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK
SMK NEGERI 1 SEDAYU**

Oleh:
Rudy Rachida
NIM. 12501241035

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghasilkan model *e-learning* yang tepat untuk Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik, (2) mengetahui tingkat kelayakan *e-learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik, dan (3) mengetahui persepsi pengguna terhadap *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan. Pengembangan produk diadaptasi dari model ADDIE. Model pengembangan ini terdiri dari lima tahap pengembangan, yaitu: (1) *Analysis* (analisis), (2) *Design* (desain), (3) *Development* (pengembangan), (4) *Implementation* (implementasi), dan (5) *Evaluation* (evaluasi). Penelitian dilakukan di SMK Negeri 1 Sedayu Bantul untuk melakukan uji respon pengguna. Penilaian kelayakan produk dilakukan oleh dua ahli media dan dua ahli materi. Metode pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, observasi, dan kuesioner. Teknik analisis data yang digunakan dengan menggunakan teknik analisis statistik deskriptif.

Hasil penelitian dapat diketahui bahwa: (1) model *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran listrik yang tepat meliputi unsur-unsur yaitu tata letak konten yang proporsional, tampilan sederhana dengan komposisi warna yang sesuai, dan fitur penunjang pembelajaran seperti akses materi pelajaran, diskusi, tugas, kuis; (2) kelayakan *e-learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dari ahli media diperoleh rerata dengan jumlah skor 79,50 dari 100 atau 79,5% sehingga masuk dalam kategori "Layak", sedangkan kelayakan ditinjau dari ahli materi diperoleh rerata dengan jumlah skor 61,50 dari 84,00 atau 73,21% dalam kategori "Layak", dan (3) persepsi pengguna oleh guru terhadap *e-learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik diperoleh jumlah skor 81,00 dari 96,00 atau 84,38% sehingga masuk dalam kategori "Sangat Baik", sedangkan persepsi siswa diperoleh rerata dengan jumlah skor 65,60 dari 80 atau 81,25% sehingga masuk dalam kategori "Sangat Baik"

Kata kunci: *E-learning, Dasar dan Pengukuran Listrik*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat dan karunia-Nya, Tugas Akhir Skripsi dalam rangka untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan dengan judul **"Pengembangan *E-Learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1"**, dapat disusun sesuai harapan. Tugas Akhir Skripsi ini dapat diselesaikan tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dengan pihak lain. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

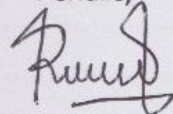
1. Deny Budi Hertanto, M.Kom. selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu serta memberikan dorongan semangat dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir Skripsi.
2. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T., Hartoyo M.Pd., M.T selaku validator Instrumen penelitian Tugas Akhir Skripsi yang memberikan saran serta masukan terhadap penelitian Tugas Akhir Skripsi saya.
3. Toto Sukisno, M.Pd., Marjiono S.Pd, selaku validator ahli materi pada media pembelajaran TAS ini.
4. Ariadie Chandra Nugraha, M.T. dan Faranita Surwi, M.T. selaku validator ahli media pada media pembelajaran TAS ini.
5. Deny Budi Hertanto, M.Kom., Herlambang Sigit Pramono, ST. M.Cs., dan Dr. Haryanto, M.Pd.,MT. selaku Ketua Penguji, Sekretaris, dan Penguji yang memberikan masukan dan koreksi terhadap TAS ini.
6. Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd sebagai Ketua Jurusan dan Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro beserta dosen, staff yang telah memberikan bantuan selama penyusunan TAS ini.
7. Soeharto, M. SOE, Ed.D sebagai dosen penasehat akademik yang selalu memberi motivasi
8. Dr. Widarto, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang memberikan persetujuan pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi.

9. Andi Primeriananto, M.Pd selaku Kepala Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Sedayu Bantul yang telah memberikan izin dan bantuan dalam pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi ini.
10. Para guru dan staf Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Sedayu Bantul yang telah memberi bantuan sehingga memperlancar proses pengambilan data saat pelaksanaan penelitian Tugas Akhir Skripsi ini.
11. Siswa kelas X TIPTL Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Sedayu Bantul yang telah bersedia menjadi responden dan memberikan penilaian dan tanggapannya terhadap produk penelitian TAS.
12. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan disini, atas bantuan dan perhatiannya selama penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.

Akhirnya, semoga segala bantuan yang telah diberikan semua pihak diatas menjadi amalan yang bermanfaat dan mendapatkan balasan dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala dan Tugas Akhir Skripsi ini menjadi informasi yang bermanfaat bagi pembaca atau pihak lain yang membutuhkannya.

Yogyakarta, Januari 2017

Penulis,



Rudy Rachida

NIM. 12501241035

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Spesifikasi Produk	6
G. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Kajian Teori.....	8
1. Pembelajaran	8
2. <i>E-Learning</i>	13
3. LMS Moodle	21
4. Tinjauan Pembelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik	26
B. Penelitian yang Relevan	28
C. Kerangka Pikir	30
D. Pertanyaan Penelitian	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
A. Model Pengembangan.....	33

B. Prosedur Pengembangan.....	34
C. Tempat dan Waktu Penelitian	55
D. Subyek dan Objek Penelitian	55
E. Teknik Pengumpulan Data	55
F. Instrumen Penelitian	57
G. Validitas dan Reliabilitas Instrumen	62
H. Teknik Analisis Data.....	63
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	66
A. Hasil Analisis Data	66
1. Hasil Produk.....	66
2. Analisis Data Hasil Evaluasi Produk dari Ahli Materi.....	76
3. Analisis Data Hasil Evaluasi Produk dari Ahli <i>E-Learning</i>	78
4. Analisis Data Hasil Penilaian Guru terhadap <i>E-Learning</i>	80
5. Analisis Data Hasil Penilaian Siswa terhadap <i>E-Learning</i>	81
B. Kajian Produk.....	82
1. Tahap Revisi	82
2. Produk Akhir	83
C. Pembahasan Hasil Penelitian.....	85
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	95
A. Simpulan.....	95
B. Keterbatasan Penelitian.....	96
C. Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. KI dan KD Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik	26
Tabel 2. Langkah Penelitian dan Pengembangan <i>E-Learning</i>	34
Tabel 3. Instrumen dan Hasil Observasi.....	57
Tabel 4. Instrumen dan Hasil Wawancara	58
Tabel 5. Skor Pernyataan	58
Tabel 6. Kisi-kisi Instrumen Angket Ahli <i>E-Learning</i>	59
Tabel 7. Kisi-Kisi Instrumen Angket Ahli Materi	60
Tabel 8. Kisi-Kisi Instrumen Angket Ahli Pengguna (Guru)	61
Tabel 8. Kisi-Kisi Instrumen Angket Ahli Pengguna (Siswa)	61
Tabel 10. Kategori Koefisien Reliabilitas	63
Tabel 11. Kategori Penilaian Kelayakan	64
Tabel 12. Kategori Penilaian Pengguna	64
Tabel 13. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Evaluasi Produk oleh Ahli Materi	76
Tabel 14. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Kelayakan Isi, Aspek Sajian, dan Aspek Kegrafikan	77
Tabel 15. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Kebahasaan	77
Tabel 16. Hasil Penilaian Produk oleh Ahli Materi	77
Tabel 17. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Evaluasi Produk oleh Ahli <i>E-Learning</i>	78
Tabel 18. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Tampilan dan Aspek Instruksional	78
Tabel 19. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Teknis	79
Tabel 20. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Pemanfaatan Software	79
Tabel 21. Hasil Penilaian Produk oleh Ahli <i>E-Learning</i>	80
Tabel 22. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Respon Penilaian Guru	80
Tabel 23. Hasil Penilaian Guru terhadap <i>E-Learning</i>	81
Tabel 24. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Penilaian Siswa.....	81
Tabel 25. Data Hasil Penilaian Kelayakan Materi oleh Ahli.....	87
Tabel 26. Data Hasil Penilaian Kelayakan <i>E-Learning</i> oleh Ahli	89

Tabel 27. Hasil Penilaian Guru terhadap <i>E-Learning</i>	90
Tabel 28. Hasil Penilaian Siswa terhadap <i>E-Learning</i>	91
Tabel 29. Distribusi Frekuensi Hasil Penilaian <i>E-Learning</i> oleh Siswa	93

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. LMS Moodle	21
Gambar 2. Model Pengembangan ADDIE	33
Gambar 3. Flowchart <i>E-Learning</i>	38
Gambar 4. Rancangan Halaman Depan <i>E-Learning</i>	39
Gambar 5. Rancangan Halaman Login <i>E-Learning</i>	39
Gambar 6. Rancangan Halaman Topik Pelajaran	40
Gambar 7. Rancangan Halaman Isi Topik Pelajaran	41
Gambar 8. Rancangan Halaman Kuis	41
Gambar 9. Rancangan Halaman Hasil Pengerjaan Kuis	42
Gambar 10. Rancangan Halaman Diskusi	43
Gambar 11. Rancangan Halaman Tugas	43
Gambar 12. Tampilan Halaman Awal <i>E-Learning</i>	47
Gambar 13. Tampilan Halaman Login <i>E-Learning</i>	48
Gambar 14. Tampilan Halaman Topik Pelajaran <i>E-Learning</i>	49
Gambar 15. Tampilan Halaman Isi Topik Pelajaran pada <i>E-Learning</i>	49
Gambar 16. Tampilan Halaman Kuis	50
Gambar 17. Tampilan Hasil Kuis	51
Gambar 18. Tampilan Hasil Diskusi/Chat	52
Gambar 19. Tampilan Halaman Tugas	53
Gambar 20. Distribusi Kurva Normal	65
Gambar 21. Hasil Ujicoba Pengerjaan Kuis oleh Siswa	69
Gambar 22. Hasil Diskusi dengan Siswa	71
Gambar 23. Fitur Penyediaan Materi Pembelajaran	72
Gambar 24. Pemberitahuan Tugas	73
Gambar 25. Penilaian dan Pemberian Komentar oleh Guru	74
Gambar 26. Hasil Penilaian Tugas Siswa	74
Gambar 27. Keterangan Tugas Siswa	75
Gambar 28. Diagram Persentase Penilaian Siswa	82
Gambar 29. Tampilan Revisi Halaman Isi Topik Pelajaran pada <i>E-Learning</i>	84

Gambar 30. Diagram Lingkaran Distribusi Frekuensi Hasil Respon Penilaian Siswa84

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Silabus dan Materi Ajar Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik	104
Lampiran 2. Instrumen dan Angket Penelitian	273
Lampiran 3. Validasi Instrumen	293
Lampiran 4. Validasi <i>E-Learning</i> dan Materi	299
Lampiran 5. Analisis Data	308
Lampiran 6. Surat Izin Penelitian	314
Lampiran 7. Dokumentasi	319

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan menengah kejuruan adalah pendidikan pada jenjang pendidikan menengah yang mengutamakan pengembangan kemampuan siswa untuk melaksanakan jenis pekerjaan tertentu (Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 1990). Bentuk satuan pendidikannya adalah Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). SMK sebagai lembaga pendidikan bertujuan untuk menghasilkan lulusan yang siap kerja dan berkompeten sesuai dengan program keahlian yang dipilih. Salah satunya adalah SMK Negeri 1 Sedayu yang membekali siswa-siswinya dengan pengetahuan dan keterampilan untuk memasuki dunia kerja.

Untuk mencapai tujuan tersebut tentu tidak lepas dari proses pembelajaran yang diselenggarakan di sekolah. Pembelajaran merupakan proses kegiatan belajar mengajar, dimana terjadi proses interaksi siswa dengan guru dan sumber belajar di dalam kelas. Penyelenggaraan proses pembelajaran di sekolah khususnya SMK Negeri 1 Sedayu belum sepenuhnya optimal, masih terdapat hambatan-hambatan yang dialami guru maupun siswa.

Berdasarkan observasi yang dilakukan pada saat praktik pengalaman lapangan (PPL), SMK Negeri 1 Sedayu masih memberlakukan pembelajaran konvensional yang kurang menarik perhatian siswa. Pembelajaran konvensional yang dimaksud disini adalah pembelajaran yang penyampaian materinya diuraikan oleh guru dengan media pembelajaran yang standar yaitu papan tulis, kemudian memberikan soal (penugasan) kepada siswa dengan materi yang terbatas. Siswa

hanya mengandalkan buku teks dan penjelasan dari guru di sekolah sebagai sumber belajar sehingga sumber belajar siswa sangat terbatas. Materi pembelajaran yang harus dikuasai siswa cukup kompleks dan membutuhkan waktu yang relatif banyak sedangkan waktu tatap muka guru dan siswa di sekolah terbatas. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya inovasi model pembelajaran agar siswa dapat memperoleh materi pelajaran serta mendukung proses pembelajaran.

Inovasi pembelajaran sangat didukung oleh perkembangan zaman dan era globalisasi yang ditandai dengan pesatnya produk dan pemanfaatan teknologi informasi, penyelenggaraan pembelajaran telah bergeser pada upaya perwujudan pembelajaran modern. Inovasi pembelajaran dapat berupa metode pembelajaran, media pembelajaran, dan proses pembelajaran yang digunakan. Guru diharapkan dapat mengembangkan model pembelajaran yang dapat menarik minat siswa sehingga tercapai tujuan pembelajaran yang diinginkan. Salah satu bentuk inovasi pembelajaran dari perkembangan teknologi informasi yang diterapkan di dunia pendidikan adalah *e-learning*.

Menurut Deni Darmawan (2014:10), *E-Learning* merupakan aplikasi internet yang dapat menghubungkan antara pendidik dan peserta didik dalam sebuah ruang belajar *online*. *E-learning* tercipta untuk mengatasi keterbatasan antara pendidik dan peserta didik, terutama dalam hal waktu, ruang, kondisi dan keadaan. Melalui *e-learning* maka pendidik dan peserta didik tidak harus berada dalam satu dimensi ruang dan waktu.

Keberadaan *e-learning* menjadi sebuah inovasi yang mempunyai kontribusi sangat besar terhadap perubahan proses pembelajaran, dimana proses belajar tidak lagi hanya mendengarkan uraian materi dari guru tetapi siswa juga

melakukan aktivitas belajar mandiri sesuai dengan tuntutan kurikulum 2013 yang lebih menekankan pada peran aktif siswa dalam proses pembelajaran dan pengembangan diri yang dilaksanakan. Materi bahan ajar dalam *e-learning* dapat divisualisasikan dalam berbagai format dan bentuk yang lebih dinamis dan interaktif sehingga murid akan termotivasi untuk terlibat lebih jauh dalam proses pembelajaran tersebut. Perbedaan pembelajaran konvensional dengan *e-learning* yaitu pada pembelajaran konvensional guru memegang peran sepenuhnya sebagai orang yang serba tahu dan ditugaskan untuk menyalurkan ilmu pengetahuan kepada siswanya. Sedangkan di dalam *e-learning* fokus utamanya adalah siswa, dimana siswa dapat mandiri dan bertanggung jawab untuk pembelajarannya. Suasana pembelajaran *e-learning* akan memaksa siswa memainkan peranan yang lebih aktif dalam pembelajarannya.

Hal tersebut dikuatkan dari hasil wawancara dengan guru mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik SMK Negeri 1 Sedayu yang beranggapan bahwa kurangnya inovasi pembelajaran berbasis teknologi sehingga perlu dilakukan inovasi pembelajaran yang salah satunya adalah *e-learning*. Mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik untuk kelas X merupakan salah satu mata pelajaran produktif yang memberikan pengetahuan dasar tentang arus listrik, tegangan, komponen listrik, dan jenis-jenis alat ukur yang digunakan dalam ilmu kelistrikan. Oleh karena itu, mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dianggap sangat penting untuk kelas X program keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik sebagai bekal untuk melangkah ke tahap selanjutnya.

Secara umum siswa SMK Negeri 1 Sedayu sebagian besar telah mengenal dan bisa memanfaatkan komputer/laptop. Selain itu, fasilitas internet yang

tersedia di sekolah sehingga mendukung untuk penggunaan media pembelajaran yang berbasis web dengan menggunakan jaringan internet. Pembuatan model pembelajaran *e-learning* diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar siswa dalam mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik pada materi pokok semester gasal. Penggunaan *e-learning* tidak menggantikan posisi pembelajaran konvensional di sekolah, tetapi hanya sebagai suplemen (tambahan) serta menambah variasi model pembelajaran yang digunakan guru agar dapat siswa tidak merasa jenuh dalam proses pembelajaran.

Berdasar pada masalah yang telah dipaparkan, peneliti tertarik untuk mengembangkan model pembelajaran berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi yang diharapkan dapat membantu siswa dalam belajar. Peneliti tertarik untuk mengambil judul "Pengembangan *E-Learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu".

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut.

1. Terbatasnya sumber belajar yang dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan belajar siswa pada guru di lingkup sekolah.
2. Terbatasnya waktu tatap muka antara guru dan siswa.
3. Penerapan kurikulum 2013 menuntut kemandirian siswa dalam belajar lebih dimaksimalkan.
4. Kurangnya inovasi dalam pemanfaatan dan penggunaan model pembelajaran berbasis teknologi.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan pemanfaatan teknologi informasi yaitu *e-learning* untuk Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik pada materi pokok Semester Ganjil Tahun Ajaran 2016/2017 SMK Negeri 1 Sedayu.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimanakah model *e-learning* yang tepat untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik?
2. Bagaimanakah kelayakan model *e-learning* hasil pengembangan untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik?
3. Bagaimanakah persepsi pengguna terhadap *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini memiliki beberapa tujuan antara lain:

1. Memperoleh model *e-learning* yang tepat untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.
2. Memperoleh kelayakan model *e-learning* yang digunakan untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.
3. Memperoleh persepsi pengguna terhadap *e-learning* yang digunakan untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

F. Spesifikasi Produk

Pengembangan *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik untuk kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik di SMK Negeri 1 Sedayu berisikan materi dan soal evaluasi yang dipublikasikan melalui jaringan internet. Spesifikasi produk ini adalah sebagai berikut.

1. Halaman *home* disajikan dengan gambar dan logo sekolah.
2. Terdapat menu navigasi untuk mengakses materi pokok yang diinginkan.
3. Terdapat menu *log in* untuk peserta didik.
4. Materi disajikan berupa teks, gambar, dan video yang dapat diunduh.
5. Evaluasi materi berupa kuis/ulangan.
6. Terdapat sarana diskusi dengan sesama siswa maupun dengan guru mata pelajaran.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi beberapa pihak. Adapun hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pihak berikut ini.

1. Bagi siswa, diharapkan dapat menjadi sarana belajar yang lebih menarik sehingga siswa akan termotivasi untuk mempelajari materi pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik. Diharapkan pengetahuan dan hasil belajar siswa akan meningkat. Selain itu, diharapkan hasil penelitian ini mampu meningkatkan kecakapan siswa dalam menggunakan sistem pembelajaran online.
2. Bagi Guru, membantu guru dalam mengembangkan metode pembelajaran yang lebih variatif dengan memanfaatkan teknologi. Selain itu, hasil penelitian

ini diharapkan dapat menjadi sarana yang memudahkan guru dalam proses belajar mengajar di kelas maupun di luar kelas.

3. Bagi SMK, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi sekolah dalam mengoptimalkan pemanfaatan internet yang sudah tersedia di sekolah. Selain itu, dapat membantu penerapan kurikulum 2013 yang menuntut kemandirian siswa dalam belajar lebih dioptimalkan.
4. Bagi peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan kajian dan perbandingan sekaligus referensi dalam pengembangan model pembelajaran yang serupa.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pembelajaran

a. Pengertian Pembelajaran

Menurut Gagne, Briggs, & Wager, (1992:3) yang dikutip Kimpul dan Mukminan (2016:208) pembelajaran merupakan terjemahan dari kata "*Instruction*", yaitu merupakan serangkaian kegiatan yang dirancang untuk memungkinkan terjadinya proses belajar pada siswa. *Instruction is a set of events that effect learners in such a way that learning is facilitatated*. Rusman dkk (2011:15) menyebutkan pembelajaran merupakan suatu sistem, yang terdiri dari berbagai komponen yang saling berhubungan satu dengan yang lain. Komponen tersebut meliputi tujuan, materi, metode, evaluasi.

Kemudian Sudjana (2004:28) yang dikutip Rusman dkk (2011:16) mengemukakan tentang pengertian pembelajaran bahwa pembelajaran dapat diartikan sebagai setiap upaya yang sistematis dan sengaja untuk menciptakan agar terjadi kegiatan interaksi edukatif antara dua pihak, yaitu antara peserta didik (warga belajar) dan pendidik (sumber belajar) yang melakukan kegiatan membelajarkan.

Pengertian proses pembelajaran antara lain menurut Rooijackers (1991:114) adalah suatu kegiatan belajar mengajar menyangkut kegiatan tenaga pendidik, kegiatan peserta didik, pola dan proses interaksi tenaga pendidik dan peserta didik dan sumber belajar dalam suatu lingkungan belajar dalam kerangka keterlaksanaan program pendidikan". Selanjutnya Jogiyanto (2007:12) juga

berpendapat bahwa pembelajaran dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang mana suatu kegiatan berasal atau berubah lewat reaksi suatu situasi yang dihadapi dan karakteristik-karakteristik dari perubahan aktivitas tersebut tidak dapat dijelaskan berdasarkan kecenderungan-kecenderungan reaksi asli, kematangan atau perubahan-perubahan sementara.

Dari beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran adalah suatu kegiatan yang dirancang untuk kegiatan belajar siswa, dimana terjadi proses interaksi siswa dengan guru dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Proses interaksi guru dan siswa dalam rangka menyampaikan bahan pelajaran kepada siswa dan untuk mencapai tujuan pembelajaran.

b. Pembelajaran Konvensional

Pembelajaran konvensional merupakan model pembelajaran yang masih berlaku dan banyak digunakan oleh pendidik. Sanjaya (2006:259) menyatakan bahwa pada pembelajaran konvensional siswa ditempatkan sebagai obyek belajar yang berperan sebagai penerima informasi secara pasif. Menurut Ruseffendi (2005:17) pembelajaran konvensional pada umumnya memiliki kekhasan tertentu, misalnya lebih mengutamakan hafalan daripada pengertian, menekankan pada keterampilan berhitung, mengutamakan hasil daripada proses, dan pengajaran berpusat pada guru.

Djamarah dan Zain (2006:148) mengemukakan bahwa model pembelajaran konvensional memiliki kelebihan dan kelemahan. Kelebihan model pembelajaran konvensional yaitu tidak memerlukan waktu yang lama karena hanya menjelaskan materi dan dapat diikuti oleh siswa yang banyak sehingga

waktu yang diperlukan lebih efisien daripada belajar kelompok, mudah mempersiapkan dan melaksanakannya, dan guru mudah menguasai kelas. Sedangkan kelemahan model pembelajaran konvensional yaitu siswa menjadi pasif, pembelajaran didominasi oleh guru dan tidak banyak mendapat umpan balik atau cenderung searah, dan siswa kurang mengerti materi yang disampaikan guru.

Dalam pembelajaran konvensional, metode yang sering digunakan pendidik adalah ceramah yaitu dengan penyajian pelajaran yang dilakukan pendidik dengan penuturan atau penjelasan lisan secara langsung terhadap siswa. Djamarah dan Zain (2006:97) mengemukakan beberapa kelebihan dan kekurangan metode ceramah sebagai berikut.

Kelebihan metode ceramah

1. Guru mudah menguasai kelas
2. Mudah mengorganisasikan tempat duduk/kelas
3. Dapat diikuti oleh jumlah siswa yang besar
4. Mudah mempersiapkan dan melaksanakannya
5. Guru mudah menerangkan pelajaran dengan baik

Kelemahan metode ceramah

1. Mudah menjadi verbalisme (pengertian kata-kata)
2. Yang visual menjadi rugi, yang auditif (mendengar) lebih besar menerimanya
3. Bila selalu digunakan dan terlalu lama, membosankan
4. Guru menyimpulkan bahwa siswa mengerti dan tertarik pada ceramahnya, ini sukar sekali
5. Menyebabkan siswa menjadi pasif

Berdasar penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran konvensional merupakan pembelajaran yang berpusat pada guru. Guru mendominasi kegiatan pembelajaran dan berperan aktif sedangkan siswa menjadi pasif dengan hanya mendengarkan dan mencatat materi yang disampaikan oleh guru. Metode ceramah yang digunakan dirasa belum efektif karena dengan metode tersebut siswa kurang aktif, mudah merasa bosan dan jenuh dalam mengikuti kegiatan pelajaran.

c. Pembelajaran Modern

Pesatnya perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) telah mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk bidang pendidikan. Pengaruh TIK dalam bidang pendidikan yaitu terbentuknya pembelajaran yang modern. Pembelajaran modern yang dimaksud adalah pembelajaran dengan pemanfaatan TIK dalam menunjang proses pembelajaran dengan tujuan kegiatan pembelajaran dapat berlangsung lebih efektif. Sutopo (2012:1) menjelaskan TIK atau *Information and Communication Technologies* (ICT), adalah teknologi yang mencakup seluruh peralatan teknis untuk memproses dan menyampaikan informasi.

Media Pembelajaran Berbasis TIK adalah identik dengan pembelajaran dengan komputer dan jaringan komputer yang dimanfaatkan dalam menunjang kegiatan belajar di sekolah, dengan tujuan siswa dapat mandiri dan interaktif dalam proses pembelajaran. Pembelajaran berbasis TIK, dimaksudkan adalah model pembelajaran yang didesain dan dikembangkan dengan TIK guna memfasilitasi dan memudahkan belajar. Menurut Herry Fitriyadi (2013:272)

dengan sistem berbasis TIK akan meningkatkan kualitas pendidikan bagi siswa dalam meningkatkan motivasi, memfasilitasi perolehan keterampilan dasar, mempromosikan penyelidikan dan eksplorasi, dan mempersiapkan individu terhadap dorongan dunia teknologi.

Rusman dkk (2011:75) mengemukakan manfaat TIK dalam pembelajaran bagi guru antara lain:

1. Memperluas background knowledge guru
2. Pembelajaran lebih dinamis dan fleksibel
3. Mengatasi keterbatasan bahan ajar/sumber belajar
4. Kontribusi dan pengayaan bahan ajar/sumber belajar
5. Implementasi student active learning, cbsa, dan pakem

Dalam pembelajaran modern dengan pemanfaatan teknologi, penyelenggaraan kegiatan pembelajaran dapat dilakukan dengan penggunaan komputer, multimedia presentasi, video pembelajaran yang tidak memerlukan jaringan internet (*offline*). Selain itu dapat menggunakan sistem pembelajaran online berbasis web atau yang disebut sebagai *e-learning*. Menurut Rusman dkk (2011:263) bahwa pembelajaran berbasis web merupakan suatu kegiatan pembelajaran yang memanfaatkan media situs (*website*) yang bisa diakses melalui jaringan internet. Titin dan Ichda (2010:214) menjelaskan bahwa penggunaan internet untuk keperluan pendidikan yang semakin meluas terutama di negara-negara maju, merupakan fakta yang menunjukkan bahwa dengan media ini memang dimungkinkan diselenggarakannya proses pembelajaran yang lebih efektif. Pembelajaran berbasis web atau yang dikenal juga dengan "*web based*

learning" merupakan salah satu jenis penerapan dari pembelajaran elektronik (*e-learning*).

Berdasar penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran modern merupakan pembelajaran yang memanfaatkan TIK sebagai media pembelajaran mendukung proses pembelajaran dengan tujuan menciptakan pembelajaran lebih dinamis dan mampu meningkatkan motivasi siswa dalam mengikuti pelajaran serta mengatasi keterbatasan sumber belajar peserta didik. Pada penelitian ini model pembelajaran yang ingin dikembangkan adalah pembelajaran berbasis web atau *e-learning*.

2. E-Learning

a. Pengertian E-Learning

E-learning singkatan dari *electronic learning* merupakan istilah dalam pembelajaran *online* berbasis internet dan intranet. Menurut Lantip dan Riyanto (2010:208), *e-learning* merupakan pembelajaran berbasis teknologi, mencakup sejumlah aplikasi dan proses, termasuk pembelajaran berbasis komputer, pembelajaran berbasis web, *virtual classroom*, dan *digital collaboration*.

Horton (2006:1) mengemukakan "*e-learning is the use of information and computer technologies to create learning experience*". *E-learning* adalah penggunaan teknologi informasi dan teknologi komputer untuk menciptakan pengalaman belajar. Rosenberg (2001:28) mendefinisikan "*E-Learning refers to the use of Internet technologies to deliver a broad array of solutions that enhance knowledge and performance*". *E-learning* sebagai pemanfaatan teknologi internet

untuk mendistribusikan materi pembelajaran meningkatkan pengetahuan dan kompetensi.

Menurut Heru dan Herman (2016:197) konsep *e-learning* secara umum yaitu suatu pembelajaran elektronik berbasis web atau TIK yang dibuat dengan prinsip dan metode tertentu sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran *open source* yang menarik. *E-learning* yang diterapkan dapat berupa pembuatan blog yang berisi materi pelajaran, pembuatan forum pembelajaran, serta dengan menggunakan *Learning Management System* (LMS) yang merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola (keperluan administrasi), dokumentasi, materi dan bahan ajar pelatihan serta laporan kegiatan belajar mengajar secara online.

Berdasar beberapa pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa *e-learning* merupakan pembelajaran berbasis TIK yang memanfaatkan jaringan komputer atau internet dalam menunjang proses pembelajaran.

b. Fungsi *E-Learning*

Fungsi pembelajaran elektronik atau *e-learning* menurut Sondang P. Siahaan (2002) yang dikutip Lantip dan Riyanto (2010:223-224) terhadap kegiatan pembelajaran di dalam kelas (*classroom instruction*) ada tiga, yaitu:

1) Suplemen (tambahan)

Dikatakan berfungsi sebagai suplemen, apabila peserta didik mempunyai kebebasan memilih, apakah akan memanfaatkan materi pembelajaran elektronik atau tidak. Dalam hal ini, tidak ada kewajiban/keharusan bagi peserta didik untuk mengakses materi pembelajaran elektronik. Meskipun sifatnya opsional, peserta

didik yang memanfaatkannya tentu akan memiliki tambahan pengetahuan atau wawasan.

2) Komplemen (pelengkap)

Dikatakan berfungsi sebagai komplemen, apabila materi pembelajaran elektronik diprogramkan untuk melengkapi materi pembelajaran yang diterima siswa di dalam kelas (Lewis, 2002). Sebagai komplemen berarti materi pembelajaran elektronik diprogramkan untuk menjadi materi *enrichment* (pengayaan) atau remedial bagi peserta didik di dalam mengikuti kegiatan pembelajaran konvensional (Sims, R., 2008).

3) Substitusi (Pengganti)

Fungsi dari pembelajaran elektronik sebagai pengganti kelas konvensional adalah agar peserta didik dapat secara fleksibel mengelola kegiatan pembelajaran sesuai dengan waktu dan aktivitas lain sehari-hari. Ada 3 (tiga) alternatif model kegiatan pembelajaran yang dapat diikuti peserta didik:

- 1) Sepenuhnya secara tatap muka (konvensional),
- 2) Sebagian secara tatap muka dan sebagian lagi melalui internet, atau bahkan
- 3) Sepenuhnya melalui internet.

Berdasar penjelasan fungsi *e-learning* di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *e-learning* dalam proses pembelajaran dapat sebagai suplemen (tambahan) dari media pembelajaran yang telah digunakan. *E-learning* juga dapat digunakan untuk melengkapi materi pelajaran yang diberikan kepada siswa serta sebagai pengganti pembelajaran konvensional yang dapat menyesuaikan waktu dan aktivitas siswa.

c. Karakteristik *E-Learning*

Lantip dan Riyanto (2010:221-222) mengemukakan karakteristik *e-learning* dalam proses pembelajaran adalah sebagai berikut.

- 1) Komunikasi antara pendidik dan peserta didik, sesama peserta didik dan sesama pendidik dapat berjalan cepat dan mudah karena memanfaatkan teknologi ICT.
- 2) Menggunakan keunggulan media digital dan jaringan komputer (LAN, MAN dan WAN).
- 3) Menggunakan bahan ajar bersifat mandiri (misalnya, modul) yang telah diunggah (*upload*) dalam perangkat lunak *e-learning* (dalam bentuk *website*), sehingga dapat diakses oleh pendidik dan peserta didik kapan dan di mana saja bila diperlukan.
- 4) Jadwal pembelajaran, kurikulum, hasil kemajuan belajar, dan hal-hal yang berkaitan dengan administrasi pendidikan juga diunggah dalam perangkat lunak *e-learning*, sehingga dapat dilihat setiap saat oleh pendidik dan peserta didik.
- 5) Bahan ajar disiapkan oleh para professional (misalnya, dosen atau guru) dalam bidangnya dan dengan penyajian *online* akan memudahkan dalam revisi dan penyempurnaan substansi bahan ajar.

Dari beberapa karakteristik di atas, diperoleh pengetahuan bahwa pengembangan *e-learning* tidak semata-mata hanya menyajikan materi pelajaran secara online saja, tetapi siswa juga mampu melakukan interaksi dengan sesama siswa ataupun dengan guru. Selain itu, siswa juga dapat melihat kurikulum, hasil kemajuan belajar dan hal-hal lain yang berkaitan dengan administrasi pembelajaran.

d. Pemanfaatan *E-Learning* dalam Pembelajaran

Di era perkembangan TIK sekarang ini, *e-learning* sudah mulai digunakan di sekolah-sekolah. Penggunaan *e-learning* dapat mempermudah interaksi antara siswa dengan bahan/materi pelajaran, interaksi siswa dengan guru, maupun interaksi antara sesama guru.

Manfaat pembelajaran elektronik menurut Sims, R. dan Seok, S. (2008) yang dikutip Lantip dan Riyanto (2010:232-234) terdiri atas 4 hal berikut ini.

- 1) Meningkatkan kadar interaksi pembelajaran antara peserta didik dengan guru atau instruktur (*enhance interactivity*).
- 2) Memungkinkan terjadinya interaksi pembelajaran dari mana dan kapan saja (*time and place flexibility*)
- 3) Menjangkau peserta didik dalam cakupan yang luas (*potential to reach a global audience*)
- 4) Mempermudah penyempurnaan dan penyimpanan materi pembelajaran (*easy updating of content as well as archivable capabilities*).

Herman Dwi (2011:4) mengemukakan melalui *e-learning* ini, pengajar dapat mengelola materi pembelajaran, yakni menyusun silabi, mengupload materi, memberikan tugas kepada peserta didik, menerima pekerjaan mereka, membuat tes/quiz, memberikan nilai, memonitor keaktifan, mengolah nilai, berinteraksi dengan peserta didik dan sesama pengajar melalui form diskusi dan chat, dll.

Dari uraian beberapa manfaat *e-learning* di atas, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan *e-learning* sebagai model pembelajaran sangat sesuai untuk digunakan dalam era perkembangan TIK yang sangat pesat saat ini. Teknologi komputer dan internet dapat dimanfaatkan sebagai media penyampaian materi

pembelajaran antara pendidik dan peserta didik, sehingga memberikan kemudahan untuk siswa dalam memperoleh materi pembelajaran langsung dari sumbernya yaitu guru. Selain itu, guru juga dapat mengadakan ujian atau kuis melalui *e-learning* untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa terhadap materi pelajaran yang disajikan.

e. Kelayakan *E-Learning*

Layak dalam kamus besar bahasa Indonesia berarti wajar, pantas, patut. Kelayakan adalah perihal layak (patut, pantas) yang dapat dikerjakan. Menurut W.J.S. Poerwadarminta (1985: 334), kelayakan suatu objek akan terbentuk jika telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Kriteria tersebut digunakan sebagai pembanding.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa kelayakan merupakan kondisi dimana sesuatu telah dinyatakan pantas atau patut dilakukan atau digunakan setelah dilakukan perbandingan dengan kriteria yang ditetapkan. Kelayakan sebuah *e-learning* dapat diartikan bahwa *e-learning* tersebut pantas atau patut untuk digunakan sebagai penunjang proses pembelajaran.

Romi Satria (2006) menyebutkan penilaian sebuah media pembelajaran terdiri dari tiga aspek yaitu aspek rekayasa perangkat lunak, aspek desain pembelajaran, dan aspek komunikasi visual.

Direktorat pembinaan SMA dalam buku Panduan Pengembangan Bahan Ajar Berbasis TIK menjelaskan komponen penilaian bahan ajar berbasis TIK mengacu pada empat aspek yaitu:

1. Substansi materi : kebenaran, kedalaman, kekinian, dan keterbacaan.

2. Desain pembelajaran: judul, SK, KD, indikator, materi, contoh, soal, latihan, penyusun, dan referensi.
3. Tampilan (komunikasi visual) : navigasi, tipografi, media, warna, animasi dan layout.
4. Pemanfaatan *software* : interaktif, software pendukung, keaslian.

Berdasarkan Depdiknas (2008:27) komponen evaluasi mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafikan.

Komponen kelayakan isi antara lain:

1. Kesesuaian dengan SK, KD
2. Kesesuaian dengan perkembangan anak
3. Kesesuaian dengan kebutuhan bahan ajar
4. Kebenaran substansi materi pembelajaran
5. Manfaat untuk penambahan wawasan
6. Kesesuaian dengan nilai moral, dan nilai-nilai sosial

Komponen kebahasaan antara lain:

1. Keterbacaan
2. Kejelasan informasi
3. Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar
4. Pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien (jelas dan singkat)

Komponen Penyajian antara lain:

1. Kejelasan tujuan (indikator) yang ingin dicapai
2. Urutan sajian
3. Pemberian motivasi, daya tarik

4. Interaksi (pemberian stimulus dan respond)
5. Kelengkapan informasi

Komponen Kegrafikan antara lain:

1. Penggunaan *font*; jenis dan ukuran
2. *Lay out* atau tata letak
3. Ilustrasi, gambar, foto
4. Desain tampilan

Menurut Walker dan Hess yang dikutip Cecep dan Bambang (2011:143) kriteria dalam mereview perangkat lunak media pembelajaran berdasarkan kepada kualitas berikut.

1. Kualitas isi dan tujuan
 - a. Ketepatan
 - b. Kepentingan
 - c. Kelengkapan
 - d. Keseimbangan
 - e. Minat / perhatian
 - f. Keadilan
 - g. Kesesuaian dengan situasi siswa
2. Kualitas instruksional
 - a. Memberikan kesempatan belajar
 - b. Memberikan bantuan belajar
 - c. Kualitas memotivasi
 - d. Fleksibilitas instruksionalnya
 - e. Hubungan dengan program pembelajaran lainnya

- f. Kualitas sosial interaksi instruksionalnya
- g. Kualitas tes dan penilaiannya
- h. Dapat memberi dampak bagi siswa
- i. Dapat membawa dampak bagi guru dan pembelajarnya

3. Kualitas teknis

- a. Keterbacaan
- b. Mudah digunakan
- c. Kualitas tampilan / tayangan
- d. Kualitas penanggung jawaban
- e. Kualitas pengelolaan program
- f. Kualitas pendokumentasian

Berdasar penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa aspek untuk penilaian model pembelajaran berbasis TIK yaitu : (1) aspek tampilan, (2) aspek instruksional, (3) aspek teknis, dan (4) aspek pemanfaatan software. Sedangkan untuk penilaian materi ajar digunakan (1) aspek kelayakan isi, (2) aspek kebahasaan, (3) Aspek sajian, dan (4) aspek kegrafikan.

3. LMS Moodle



Gambar 1. LMS Moodle

Learning Management System (LMS) atau *Course Management System (CMS)*, juga dikenal sebagai *Virtual Learning Environment (VLE)* merupakan aplikasi perangkat lunak yang digunakan oleh kalangan pendidik, baik

universitas/ perguruan tinggi dan sekolah sebagai media pembelajaran *on line* berbasis internet (*e-learning*) (Amiroh, 2012:1). Herman Dwi (2011:4) menjelaskan *Moodle* merupakan perangkat lunak *open source* yang mendukung implementasi *e-learning* dengan paradigma terpadu dimana berbagai fitur penunjang pembelajaran dengan mudah dapat diakomodasi dalam suatu portal *e-learning*.

William Rice (2006) menjelaskan pengertian moodle yang dikutip Darmawan (2014:70), *moodle is a free learning management system that enables you to create powerful, flexible, and engaging online learning experience*. Artinya moodle adalah *Learning Management System* (LMS) gratis yang memungkinkan anda untuk membuat pembelajaran online yang canggih, fleksibel, dan menarik. Amat Jaedun (2007:191) mengemukakan *Moodle* dapat dengan mudah dipakai untuk mengembangkan sistem *e-learning*. Dengan Moodle portal *e-learning* dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan.

Berdasar penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa *Moodle* merupakan aplikasi perangkat lunak yang mendukung pembuatan *e-learning* atau pembelajaran berbasis online dengan berbagai fitur di dalamnya, sehingga dapat memudahkan guru dalam mengelola dan menggunakan *e-learning* tersebut.

Dani Darmawan (2014:70) menambahkan beberapa alasan sehingga menjadikan *Moodle* sebagai salah satu *LMS/CMS* yang populer digunakan oleh banyak institusi pendidikan, antara lain:

1) *Free dan Open Source*

Moodle bernaung dibawah bendera *open source*, sehingga dengan demikian semua orang dapat memodifikasinya sesuai dengan kebutuhan dari

institusi yang menggunakannya. *Moodle* didistribusikan secara gratis, sehingga tidak membutuhkan sedikitpun dana untuk membeli aplikasinya, kecuali dana yang dibutuhkan untuk membayar *bandwidth* yang terpakai untuk mendownload 17 MB master *Moodle*.

2) Ukuran Kecil, Kemampuan Maksimal

Dengan ukuran yang kecil (sekitar 17 MB untuk versi *Moodle 1.9*), namun mampu mengolah aktifitas kegiatan akademik dan pembelajaran hingga seukuran sebuah universitas dengan jumlah mahasiswa sekitar 50.000 orang.

3) Dilandasi oleh *Educational Philosophy*

Moodle tidak dibangun oleh seorang *computer scientist* murni, tetapi berdasarkan kepada pengalaman dan latar belakang pendidikan dalam bidang ilmu pendidikan. Sehingga *Moodle* mampu mengakomodir hampir semua kebutuhan pendidikan konvensional yang ditransfer dalam wujud *online learning*.

4) Komunitas Besar dan Saling Berbagi.

Komunitas pengguna *Moodle* tergabung dalam suatu organisasi yang bernaung dibawah bendera www.moodle.org.

Amiroh (2012:1) mengemukakan hal yang membuat *Moodle* berbeda dengan yang lain, diantaranya:

- 1) Sederhana, efisien dan ringan serta kompatibel dengan banyak *browser*.
- 2) Instalasi yang sangat mudah.
- 3) Dukungan berbagi bahasa termasuk Bahasa Indonesia.
- 4) Tersedianya manajemen situs untuk melakukan pengaturan situs secara keseluruhan, perubahan modul dan lain sebagainya.
- 5) Tersedianya manajemen pengguna (*user management*).

- 6) Tersedianya manajemen course yang baik.
- 7) Tersedianya modul *chat*, modul *polling*, modul forum, modul untuk jurnal, modul untuk kuis, modul untuk *workshop* dan *survey*, serta masih banyak lagi.

Berdasarkan paparan di atas mengenai hal-hal yang membuat LMS Moodle berbeda dengan LMS lain, pada pengembangan *e-learning* ini peneliti memilih LMS Moodle dan memfokuskan poin 5,6, dan 7 untuk kemudian dioptimalkan sehingga diharapkan menghasilkan *e-learning* yang dapat mendukung kegiatan pembelajaran.

Manajemen pengguna (*user management*) merupakan sarana pengelolaan pengguna yang dilakukan oleh admin atau pengelola *e-learning*. Pengguna dalam hal ini adalah guru pengampu mata pelajaran dan siswa. Manajemen pengguna dapat dilakukan oleh pengelola *e-learning* kapan saja untuk mempersiapkan pembelajaran dengan *e-learning* di sekolah ataupun kegiatan pembelajaran di luar sekolah. Dengan tersedianya manajemen pengguna dalam *LMS Moodle* dapat membantu pengelola *e-learning* mendaftarkan pengguna dalam kegiatan pembelajaran. Pengelola *e-learning* dapat menambah, mengedit, serta menambah pengguna. Pengguna siswa ditambahkan ke dalam topik pelajaran yang akan dibahas serta menetapkan guru yang akan mengampu topik pelajaran tersebut.

Manajemen course merupakan pengelolaan mata pelajaran atau topik pelajaran yang akan dibahas. Manajemen course dilakukan oleh guru pengampu mata pelajaran untuk mempersiapkan kegiatan pembelajaran pada saat jam pelajaran di kelas ataupun kegiatan belajar di luar kelas. Dengan tersedianya manajemen course Moodle yang baik maka guru dapat mengisi aktivitas-aktivitas

dalam kegiatan pembelajaran seperti kuis, materi, tugas, dan diskusi. Guru pengampu mata pelajaran dapat menyediakan materi-materi yang berkaitan dengan topik pelajaran dengan berbagai format dokumen serta video pembelajaran, membuat kuis dan mengelola hasil kuis, memberi tugas kemudian dilakukan penilaian, dan diskusi dengan siswa.

Modul *chat*, modul *polling*, modul forum, modul untuk jurnal, modul untuk kuis, modul untuk *workshop* dan *survey* tersedia dalam *LMS Moodle*. Modul-modul tersebut merupakan fasilitas pendukung dalam pembelajaran. Guru dapat memanfaatkan modul yang tersedia sesuai kebutuhan dalam topik pelajaran yang dibahas. Modul-modul seperti kuis dan chat dapat diakses oleh siswa pada saat kegiatan pembelajaran di kelas ataupun di luar kelas sesuai dengan pengaturan yang dilakukan guru. Modul-modul tersebut diharapkan dapat menarik perhatian siswa dengan pengalaman belajar yang baru bagi siswa dalam kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan paparan kelebihan *Moodle* di atas, dapat disimpulkan bahwa *Moodle* merupakan *LMS* yang dapat diperoleh secara gratis serta banyak digunakan sebagai perangkat lunak (*software*) dalam membuat *e-learning* di institusi pendidikan. Fitur yang dikembangkan dengan dukungan *LMS Moodle* ini adalah penyediaan materi dengan berbagai format dokumen dan video, fitur diskusi/chat, tugas, serta kuis sebagai evaluasi. Maka dari itu, pada penelitian ini peneliti mengembangkan *e-learning* dengan menggunakan *LMS Moodle* dalam pembelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik di sekolah.

4. Tinjauan Pembelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

Struktur kurikulum SMK Negeri 1 Sedayu menyatakan bahwa mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik merupakan salah satu mata pelajaran yang termasuk dalam dasar kompetensi kejuruan pada Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik. Dalam mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X terdapat beberapa pokok materi yang harus diajarkan kepada siswa

Berikut Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar dalam mata pelajaran Dasar dan Pengukuran listrik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. KI dan KD Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Menyadari sepenuhnya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik 1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1. Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik. 2.2. Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik. 2.3. Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
<p>3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.</p>	<p>3.1. Mendiskripsikan arus listrik dan arus elektron 3.2. Mendeskripsikan bahan-bahan listrik 3.3. Mendeskripsikan elemen pasif dalam rangkaian listrik arus searah 3.4. Mendeskripsikan elemen pasif dalam rangkaian peralihan 3.5. Mendeskripsikan konsep besaran listrik 3.6. Mendeskripsikan kondisi operasi peralatn ukur listrik 3.7. Mendeskripsikan pengukuran listrik 3.8. Menganalisa rangkaian arus bolak-balik 3.9. Menganalisa rangkaian kemagnitan 3.10. Mendiskripsikan piranti-piranti elektronika daya dalam rangkaian elektronik 3.11. Mendeskripsikan rangkaian digital dasar</p>
<p>4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung</p>	<p>4.1. Menseketsa arus listrik dan arus elektron 4.2. Menggunakan bahan-bahan listrik 4.3. Menggunakan elemen pasif dalam rangkaian listrik arus searah 4.4. Menggunakan elemen pasif dalam rangkaian peralihan 4.5. Mengidentifikasi besaran listrik 4.6. Mengoperasikan peralatan ukur listrik 4.7. Mengukur besarn listrik 4.8. Mengidentifikasi rangkaian arus bolak-balik 4.9. Mendefinisikan rangkaian kemagnitan 4.10. Menggunakan piranti-piranti elektronika daya dalam rangkaian listrik 4.11. Menggunakan rangkaian digital dasar</p>

Pada penelitian ini peneliti hanya terfokus pada materi semester ganjil.

Materi pokok yang harus diajarkan pada semester ganjil seperti yang terdapat pada Silabus (dapat dilihat di Lampiran 1) adalah arus dan potensial listrik, bahan-bahan listrik, elemen pasif rangkaian listrik, menganalisa rangkaian listrik arus searah, energi dan daya, alat ukur listrik, pengukuran daya listrik, pengukuran tahanan listrik, osiloskop, serta pengukuran besaran listrik.

B. Penelitian yang Relevan

Berkah Destri P melakukan penelitian tentang "Pengembangan *E-Learning* pada Mata Pelajaran Simulasi Digital Paket Keahlian Teknik Mekatronika di SMK" pada tahun 2014 untuk mengetahui karakteristik pembelajaran sebelum pengembangan *e-learning* dilakukan pada Mata Pelajaran Simulasi Digital di SMK Negeri Tembarak, tingkat kelayakan *e-learning* yang dikembangkan pada Mata Pelajaran Simulasi Digital di SMK, persepsi guru dan siswa terhadap proses pembelajaran menggunakan *e-learning* pada Mata Pelajaran Simulasi Digital, penguasaan siswa terhadap materi setelah menggunakan *e-learning* pada Mata Pelajaran Simulasi Digital di SMK. Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model pengembangan ADDIE. Produk yang dihasilkan dari penelitian ini berupa *E-learning* pada Mata Pelajaran Simulasi Digital dengan fitur penyajian materi, evaluasi serta chatting. Penilaian dari ahli *e-learning*, reratanya sebesar 3,49 dengan kategori "sangat layak". Penilaian dari ahli materi, reratanya sebesar 3,08 dengan kategori "layak". Persepsi guru dengan rerata skor 3,51 dikategorikan "sangat layak" menunjukkan persepsi terhadap *e-learning* tergolong sangat baik. Besarnya persepsi siswa dengan rerata skor 3,19 dikategorikan "layak" yang menunjukkan persepsi terhadap *e-learning* tergolong baik. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan *e-learning* layak digunakan dalam mata pelajaran simulasi digital.

Slamet Tri Wibowo melakukan penelitian tentang "Pengembangan dan Implementasi Multimedia Pembelajaran Berbasis Web pada Mata Pelajaran Pneumatik Kelas XI SMK N 3 Yogyakarta" pada tahun 2013. Fitur yang disediakan dalam pembelajaran berbasis web ini adalah materi dan evaluasi. Penelitian ini

bertujuan untuk mengembangkan multimedia pembelajaran berbasis web pada mata pelajaran Pneumatik SMK N 3 Yogyakarta serta mengetahui tingkat kelayakan multimedia pembelajaran berbasis web pada mata pelajaran Pneumatik kelas XI SMK N 3 Yogyakarta ditinjau dari ahli materi, ahli *e-learning* dan siswa. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang menggunakan model pengembangan Borg dan Gall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kelayakan multimedia pembelajaran Pneumatik yang diberikan oleh ahli materi dengan maksimal skor 5 mendapatkan skor rata-rata 4,00 dengan kategori "baik", hasil penilaian ahli *e-learning* dengan skor rata-rata 3,73 dengan kategori "baik" dan hasil penilaian siswa diperoleh skor rata-rata 4,01 dengan kategori "baik". Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa *e-learning* pada mata pelajaran pneumatik efektif dan layak untuk digunakan.

Jihad Falqianas A. melakukan penelitian tentang "Pengembangan *E-Learning* Berbasis *Moodle* untuk Siswa Kelas XII Teknik Kendaraan Ringan di SMK Piri 1 Yogyakarta" pada tahun 2014. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan *e-learning* berbasis *Moodle* pada mata diklat Sistem Penerangan untuk siswa kelas XI kompetensi keahlian Teknik Kendaraan Ringan SMK PIRI 1 Yogyakarta. Fitur yang terdapat dalam e-learning yaitu penyajian materi, tugas, dan evaluasi. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan. Program Keahlian Teknik Kendaraan Ringan SMK PIRI 1 Yogyakarta. Kelayakan elearning berbasis *Moodle* pada mata diklat Sistem Penerangan secara keseluruhan dikategorikan layak, sehingga *e-learning* berbasis *Moodle* ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk proses belajar mengajar.

Dari berbagai pengembangan *e-learning* yang telah dilakukan di atas, pada penelitian ini dirasa perlu untuk melengkapi fitur-fitur yang disajikan dalam *e-learning*. Fitur-fitur yang akan disajikan adalah (1) penyediaan materi-materi dengan berbagai dokumen, slide presentasi, video pembelajaran, (2) Sarana diskusi/chat, (3) Kuis sebagai evaluasi, (4) Fitur Penugasan dalam pembelajaran.

C. Kerangka Pikir

Pengaruh perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam proses pembelajaran adalah pada inovasi pembelajaran yang lebih menarik dan komunikatif dengan pemanfaatan teknologi. Model pembelajaran yang diterapkan mempunyai peran yang sangat penting dalam menunjang kegiatan belajar. Model pembelajaran merupakan satu kesatuan bagian yang tidak terpisahkan dalam kegiatan belajar mengajar.

Dalam proses pembelajaran guru dituntut untuk mampu mengelola kegiatan belajar serta menyampaikan materi pelajaran kepada siswa sehingga tercapai hasil dari tujuan pembelajaran yang diinginkan. Salah satu komponen penting untuk mendukung tercapainya tujuan pembelajaran adalah model pembelajaran. Model pembelajaran konvensional seperti metode ceramah dan penggunaan media papan tulis yang digunakan guru cenderung kurang membantu siswa dalam menerima materi pelajaran yang diberikan. Selain itu, siswa juga terlihat jenuh dalam mengikuti proses pembelajaran yang mengakibatkan kurangnya perhatian siswa sehingga hasil akhir dari pembelajaran yang kurang memuaskan.

Inovasi pembelajaran seiring perkembangan Teknologi dan Informasi Komunikasi diharapkan mampu mengatasi masalah yang terjadi dalam proses pembelajaran. Inovasi pembelajaran berbasis web yaitu *e-learning* dianggap mampu diterapkan dalam pembelajaran mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik. *E-learning* diharapkan dapat membuat pembelajaran lebih menarik dan inovatif untuk menambah motivasi siswa dalam belajar atau mencari bahan materi yang dibutuhkan siswa dengan memanfaatkan teknologi komputer dan internet. Fasilitas internet yang tersedia di sekolah mendukung untuk pengembangan *e-learning* sehingga siswa mampu belajar secara mandiri. Penggunaan *e-learning* akan meningkatkan kompetensi guru dan siswa dalam penggunaan teknologi sehingga guru dan siswa siap mengikuti perkembangan pembelajaran di Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas, upaya dalam meningkatkan motivasi belajar dan kompetensi siswa adalah dengan membuat model *e-learning* yang tepat. *E-learning* untuk Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik akan memungkinkan siswa dapat belajar secara mandiri, materi pelajaran yang dapat diakses kapan dan dimana saja diharapkan mampu meningkatkan hasil belajar siswa.

d. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka pikir, maka dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimanakah model *e-learning* yang tepat untuk mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ditinjau dari:
 - a. Layout
 - b. Tampilan

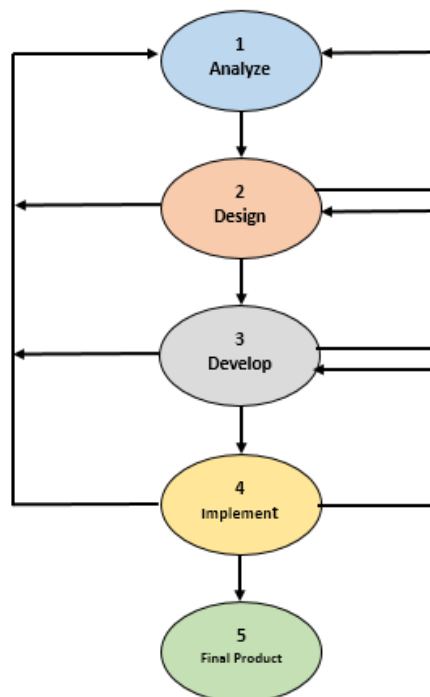
- c. Fitur
2. Bagaimanakah kelayakan *e-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ditinjau dari:
 - a. Aspek materi
 - b. Aspek *e-learning*
 3. Bagaimanakah persepsi pengguna *e-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ditinjau dari:
 - a. Guru
 - b. Siswa

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Penelitian ini termasuk dalam metode penelitian dan pengembangan (*research and development*). Metode penelitian ini digunakan untuk menghasilkan suatu produk dan menguji kelayakan produk tersebut. Produk yang dikembangkan adalah model *e-learning* yang tepat untuk mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik. Model pengembangan pada penelitian ini diadopsi dari ADDIE menurut Branch. Adapun model pengembangan yang diadopsi dari Branch (2009:2) yaitu sebagai berikut.



Gambar 2. Model Pengembangan ADDIE

Model ADDIE dianggap lebih sederhana dan sistematis serta sesuai untuk menghasilkan model *e-learning* yang tepat. Dalam model ADDIE terdapat 5 tahap

dalam melakukan penelitian R&D yaitu analisis (*analyze*), desain (*design*), pengembangan (*develop*), implementasi (*implement*), dan evaluasi (*evaluate*) yang dilakukan di tiap-tiap tahap sebelum berlanjut ke tahap selanjutnya dan menghasilkan produk akhir.

B. Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan dalam penelitian ini terdiri dari 5 tahap, yaitu: (1) Analisis; (2) Desain; (3) Pengembangan; (4) Implementasi; (5) Evaluasi. Dari tahap-tahap tersebut peneliti menyusun langkah-langkah penelitian pengembangan *e-learning* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Langkah Penelitian dan Pengembangan *E-Learning*.

Konsep	Prosedur
1. Analisis Melakukan analisis kebutuhan pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik	<ul style="list-style-type: none"> a. Menganalisis proses pembelajaran di kelas b. Menganalisis kemampuan, motivasi, dan sikap peserta didik c. Menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran dasar dan pengukuran listrik d. Menganalisis fasilitas penunjang pembelajaran
2. Evaluasi I	a. Menentukan model pembelajaran berdasarkan permasalahan
3. Desain Menentukan desain model <i>e-learning</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Mendesain <i>e-learning</i> b. Membuat instrumen penilaian <i>e-learning</i>
4. Evaluasi II	a. Melakukan validasi instrumen
5. Pengembangan Menghasilkan <i>e-learning</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Menyusun materi ajar b. Membuat <i>e-learning</i>

Konsep	Prosedur
6. Evaluasi III	a. Melakukan validasi <i>e-learning</i> dan materi ajar b. Revisi <i>e-learning</i>
7. Implementasi Mengimplementasikan <i>e-learning</i>	a. Menyiapkan peserta didik b. Menerapkan <i>e-learning</i> dalam pembelajaran
8. Evaluasi IV	a. Melakukan penilaian respon guru terhadap <i>e-learning</i> . b. Melakukan penilaian respon siswa terhadap <i>e-learning</i>

1. Analisis

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian adalah analisis kebutuhan yang dilakukan dengan observasi langsung di lapangan serta wawancara terhadap guru pengampu mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik kelas X di sekolah. Observasi dilakukan di kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu. Tujuan dari observasi dan wawancara ini adalah untuk mengetahui proses pembelajaran di kelas, menganalisis kemampuan dan motivasi peserta didik, menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik, serta menganalisis fasilitas penunjang pembelajaran.

a. Menganalisis Proses Pembelajaran di kelas

Dalam proses pembelajaran yang sedang berlangsung, beberapa siswa kurang memperhatikan guru yang sedang menyampaikan materi. Hal ini terlihat dari aktivitas siswa yang sedang mengobrol dengan teman sebangkunya. Selain itu sebagian besar siswa hanya mendengarkan saja materi yang diberikan oleh

guru tanpa mencatat materi tersebut. Dalam observasi ini juga terlihat bahwa siswa kurang tertarik dalam mengikuti pelajaran.

Media pembelajaran yang sering digunakan oleh guru dalam kegiatan pembelajaran adalah papan tulis dan buku pelajaran. Meskipun di beberapa kesempatan guru terlihat menggunakan LCD proyektor.

b. Menganalisis Motivasi, dan Sikap Peserta Didik

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru diperoleh informasi bahwa minat belajar yang ditunjukkan oleh siswa cukup rendah. Hal ini dapat juga dilihat dari sikap siswa pada saat kegiatan pembelajaran di kelas yang kurang memperhatikan pelajaran, menunjukkan sikap yang kurang simpatik dan tidak bergairah mengikuti proses belajar mengajar. Selain itu kedisiplinan siswa di kelas pada saat proses pembelajaran masih kurang.

c. Menganalisis Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

Dalam mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik kelas X terdapat beberapa kompetensi dasar yang harus dicapai, kompetensi tersebut terangkum dalam silabus Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik kurikulum 2013.

Berdasarkan silabus mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik kelas X, diketahui bahwa terdapat beberapa pokok bahasan yang wajib dicapai oleh peserta didik. Dalam pengembangan *e-learning* ini dibatasi pada pokok bahasan yang terangkum dalam semester gasal mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik yaitu arus dan potensial listrik, bahan-bahan listrik, elemen pasif rangkaian listrik, menganalisa rangkaian listrik arus searah, energi dan daya, alat ukur listrik,

pengukuran daya listrik, pengukuran tahanan listrik, osiloskop, serta pengukuran besaran listrik.

d. Menganalisis Fasilitas Penunjang Pembelajaran

Sekolah menyediakan sarana prasarana yang cukup memadai, yaitu laboratorium komputer yang dilengkapi akses internet. Selain itu tersedia wifi yang dapat digunakan oleh siswa di kelas. Sebagian besar siswa terlihat telah menggunakan laptop dan memiliki gadget yang digunakan untuk mengakses internet.

2. Evaluasi I

a. Menentukan Strategi Pembelajaran

Berdasarkan pada permasalahan dan analisis di atas, strategi pembelajaran yang dirasa mampu mengatasi permasalahan yang ada yaitu *e-learning*. Dengan *e-learning* diharapkan siswa lebih aktif dalam proses pembelajaran dan lebih antusias dan tertarik dengan model pembelajaran baru yang digunakan guru. *E-learning* dapat diterapkan melihat sarana dan prasarana di sekolah yang sudah sangat mendukung.

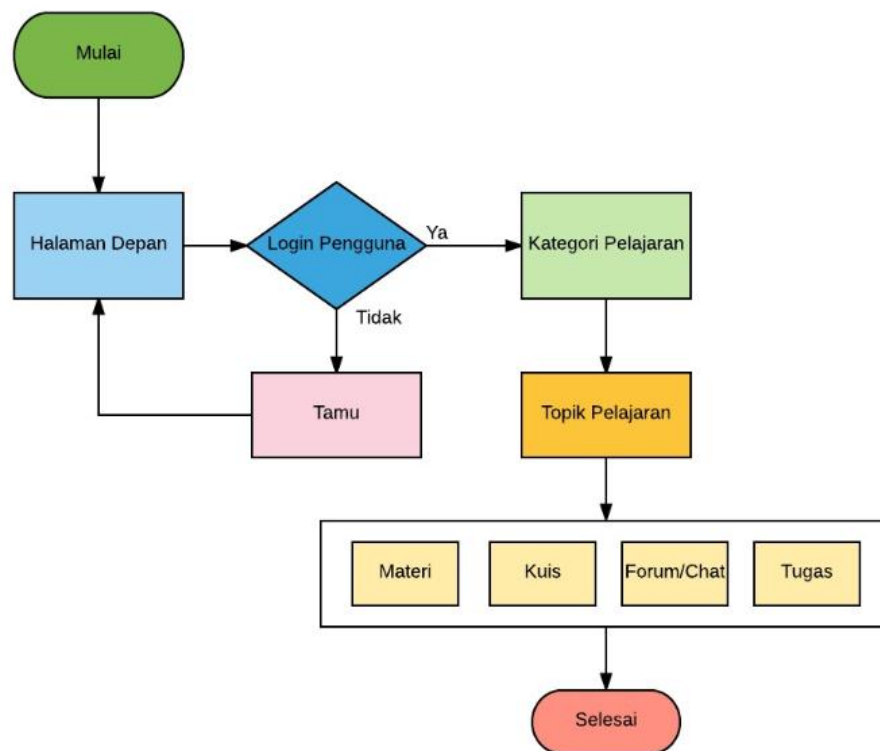
3. Desain

Tahap desain merupakan lanjutan dari tahap analisis. Setelah melakukan analisis kebutuhan untuk mengetahui permasalahan dan menentukan model pembelajaran yang dijadikan solusi dari permasalahan yang ada, maka selanjutnya dilakukan perancangan model pembelajaran yang dalam hal ini adalah model pembelajaran dengan *e-learning*.

Tahap desain pengembangan *e-learning* terdiri dari mendesain *e-learning* dan membuat instrumen penilaian *e-learning*. Hasil pada tahap desain ini adalah sebagai berikut.

a. Mendesain *E-Learning*

Desain *e-learning* dilakukan dengan pembuatan flowchart. Pembuatan flowchart bertujuan untuk menggambarkan alur kerja produk *e-learning* mulai dari awal program sampai dengan akhir atau keluar dari program (*e-learning*). Flowchart *e-learning* mata pelajaran Dasar Dan Pengukuran Listrik secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.

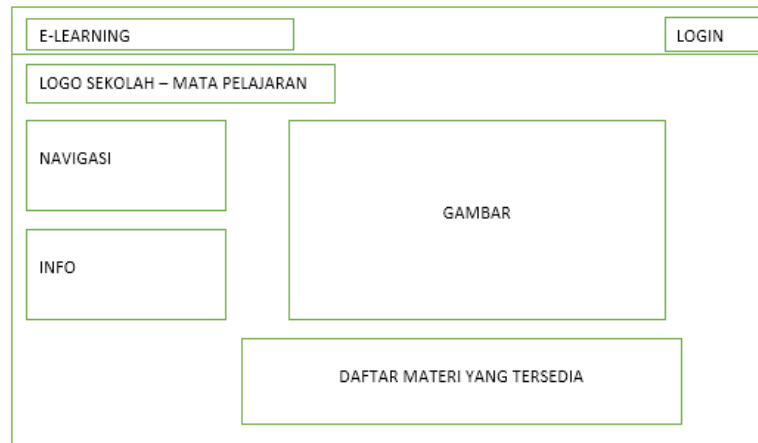


Gambar 3. Flowchart *E-Learning*

Setelah pembuatan flowchart maka selanjutnya dilakukan perancangan tata letak dan tampilan *e-learning* untuk tiap halaman yang akan ditampilkan.

Berikut ini hasil perancangan tata letak dan tampilan *e-learning* yang dikembangkan.

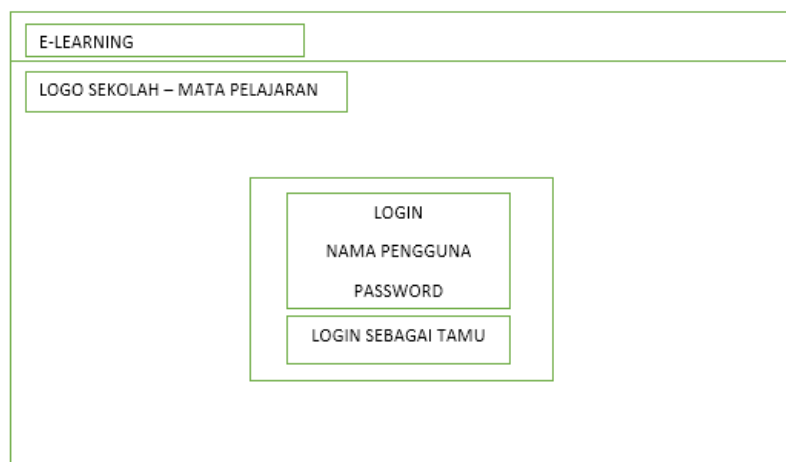
1) Rancangan Halaman Depan *E-Learning*



Gambar 4. Rancangan Halaman depan *E-Learning*

Halaman depan *e-learning* disajikan dengan menampilkan slideshow yang berisikan gambar-gambar yang berkaitan dengan kegiatan belajar siswa. Terdapat menu navigasi yang membantu sebagai pengarah dalam penggunaan *e-learning*, serta terdapat daftar materi yang disajikan guru agar memudahkan siswa mengetahui materi-materi apa saja yang telah disediakan. Tombol login berada pada sisi kanan atas seperti tata letak login aplikasi berbasis web pada umumnya.

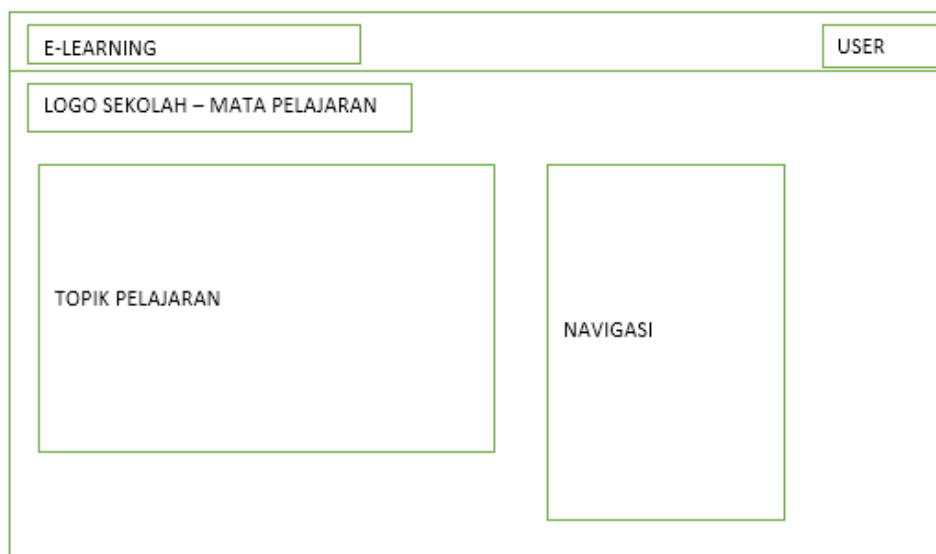
2) Rancangan Halaman Login *E-Learning*



Gambar 5. Rancangan Halaman Login *E-Learning*

Pada halaman Login disediakan form pada bagian tengah agar terlihat jelas dan mudah dijangkau. Form ini digunakan untuk mengisi nama pengguna (username) dan password yang telah diberikan oleh admin ataupun guru. Dan terdapat sarana Login sebagai tamu untuk pengguna yang belum terdaftar dan hanya bisa melihat daftar materi yang tersedia.

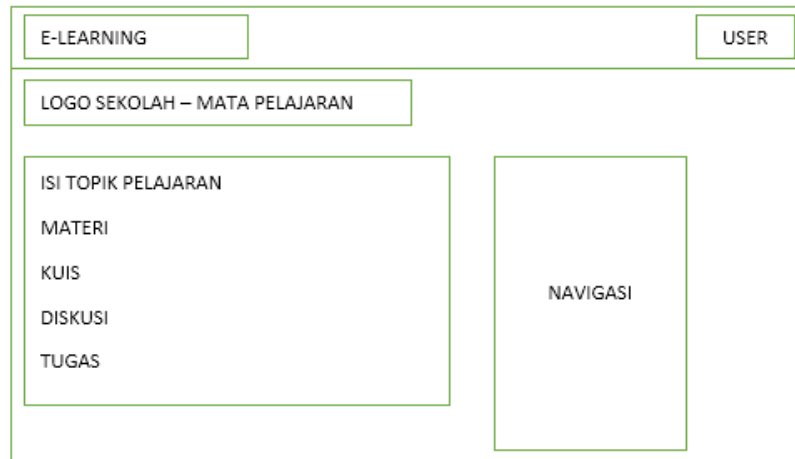
3) Rancangan Halaman Topik Pelajaran.



Gambar 6. Rancangan Halaman Topik Pelajaran

Setelah melakukan Login maka pengguna akan masuk pada halaman yang berisikan topik materi yang disajikan guru. Pada sisi kanan atas terdapat identitas user yang telah login dan diakses apabila pengguna tersebut ingin keluar (logout) dari *e-learning*. Pada bagian kanan terdapat menu navigasi yang berisikan pelajaran yang diikuti siswa tersebut. Halaman yang ditampilkan dibuat sederhana agar memudahkan pengguna dalam mengakses *e-learning*.

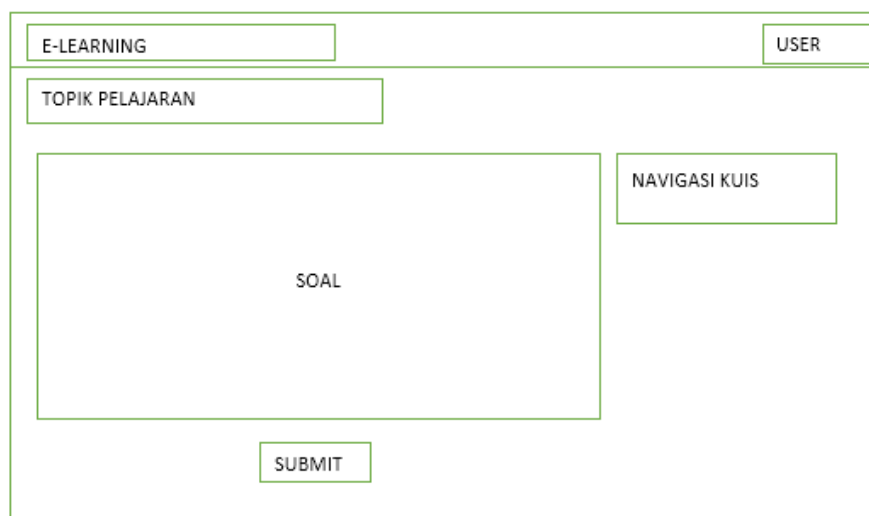
4) Rancangan Halaman Isi Topik Pelajaran



Gambar 7. Rancangan Halaman Isi Topik Pelajaran

Halaman isi topik pelajaran bertujuan menampilkan materi-materi pada topik tertentu. Maka tata letak yang dirancang terdiri dari materi pada bagian kiri dan navigasi pada bagian kanan agar terlihat sederhana dan mudah digunakan. Materi yang disediakan guru dalam berbagai format dokumen seperti Pdf, Doc, slide materi, video pembelajaran, terdapat kuis sebagai bahan evaluasi, serta terdapat sarana diskusi. Menu navigasi ditampilkan dengan mencantumkan daftar pelajaran yang diikuti oleh siswa.

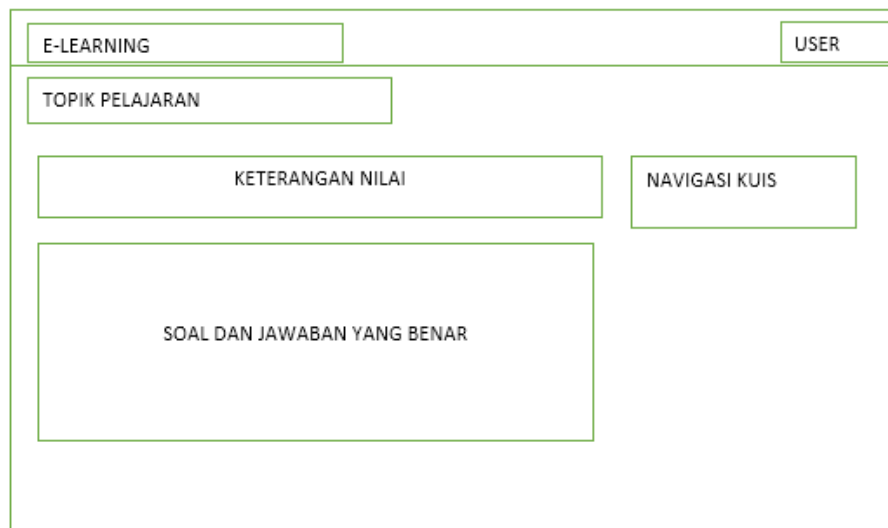
5) Rancangan Halaman Kuis



Gambar 8. Rancangan Halaman Kuis

Halaman kuis pada *e-learning* dirancang dengan menampilkan soal pada bagian kiri halaman sedangkan di bagian kanan soal terdapat navigasi kuis yang berisikan nomor soal yang dapat diakses apabila ingin menuju pada nomor soal tertentu agar memudahkan teknis pengerjaan kuis oleh siswa. Tiap soal yang disajikan terdiri dari empat pilihan jawaban, kuis yang disajikan yaitu soal pilihan ganda.

6) Rancangan Halaman Hasil Pengerjaan Kuis



Gambar 9. Rancangan Halaman Hasil Pengerjaan Kuis

Pada halaman ini disediakan kolom nilai yang diperoleh siswa. Terdapat pula review untuk tiap soal yang disajikan dengan keterangan jawaban yang dipilih benar atau salah. Di sebelah kanan terdapat navigasi untuk melihat nomor soal yang terjawab benar dan yang terjawab salah. Halaman hasil pengerjaan kuis ditampilkan sesuai kebutuhan informasi yang diperlukan siswa dan ditampilkan dengan tata letak yang proporsional dan tampilan sederhana.

7) Rancangan Halaman Diskusi

E-LEARNING	
Pengguna 1:	Pengguna online 1
Pengguna 2:	Pengguna online 2
Pengguna 3:	Pengguna online 3
Pengguna 1:	Pengguna online 4
	Pengguna online 5
	Pengguna online 6
	Pengguna online 7
Tulis Pesan	Kirim

Gambar 10. Rancangan Halaman Diskusi

Halaman diskusi ditampilkan dengan sederhana dengan daftar pengguna yang online atau aktif terdapat di sisi kanan halaman. Pada sisi kiri merupakan form pembahasan diskusi yang sedang berlangsung oleh peserta diskusi. Untuk menulis pesan atau komentar dalam diskusi dilakukan dengan klik pada kolom tulis pesan lalu mengetik pesan atau komentar yang akan disampaikan, apabila telah selesai mengetik maka selanjutnya klik tombol kirim dan pesan atau komentar akan terkirim.

8) Rancangan Halaman Tugas

E-LEARNING	USER
LOGO SEKOLAH – MATA PELAJARAN	
TUGAS	NAVIGASI
File Tugas	
Keterangan	
Upload Jawaban	

Gambar 11. Rancangan Halaman Tugas

Halaman tugas terdiri dari File Tugas yang telah disajikan oleh guru yang diunduh oleh siswa. Kemudian terdapat keterangan tugas mengenai batas waktu pengumpulan yang diatur oleh guru. Pada bagian bawah terdapat tombol Upload Jawaban untuk mengunggah file jawaban dari tugas yang diberikan ke dalam sistem *e-learning*.

b. Membuat Instrumen Penilaian Media

Pada tahap ini dilakukan penyusunan instrumen penilaian untuk ahli *e-learning*, ahli materi dan angket persepsi pengguna oleh guru serta siswa. Instrumen ini menggunakan skala Likert. Angket menggunakan empat pilihan jawaban yaitu STS (Sangat Tidak Setuju), TS (Tidak Setuju), S (Setuju), dan SS (Sangat Setuju). Pilihan jawaban memiliki nilai skor 1 sampai 4 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Instrumen ahli *e-learning* terdiri dari 25 butir penilaian yang mencakup aspek tampilan, instruksional, teknis, dan pemanfaatan *software*. Instrumen ahli materi terdiri dari 21 butir penilaian yang mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafikan. Angket respon guru terdiri dari 24 butir pernyataan yang mencakup aspek tampilan, instruksional, teknis, kelayakan isi, dan kebahasaan. Angket respon siswa terdiri dari 20 butir pernyataan yang mencakup aspek tampilan, instruksional, teknis, kelayakan isi, dan kebahasaan.

4. Evaluasi II

a. Melakukan Validasi Instrumen

Setelah instrumen penelitian disusun dan dikonsultasikan kepada pembimbing, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi instrumen penelitian

oleh dua dosen ahli. Instrumen kemudian direvisi sesuai saran oleh validator. Instrumen penelitian yang telah dinyatakan valid selanjutnya diuji reliabilitas untuk mengetahui tingkat kehandalan instrumen penelitian.

5. Pengembangan

Pada tahap ini dilakukan pengembangan *e-learning* seperti yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Tahap pengembangan *e-learning* terdiri dari menyusun materi ajar dan membuat *e-learning*.

a. Menyusun Materi Ajar

Materi ajar disusun dari berbagai referensi buku yang digunakan. Materi yang disusun adalah materi Dasar dan Pengukuran Listrik untuk kelas X semester gasal. Materi pokok yang harus diajarkan pada semester gasal adalah arus dan potensial listrik, bahan-bahan listrik, elemen pasif rangkaian listrik, menganalisa rangkaian listrik arus searah, energi dan daya, alat ukur listrik, pengukuran daya listrik, pengukuran tahanan listrik, osiloskop, serta pengukuran besaran listrik. materi ajar yang telah disusun dapat dilihat pada lampiran 1.

b. Membuat *E-Learning*

1) Menyiapkan *Software*

Produk *e-learning* yang dikembangkan menggunakan *software* utama *open source* yaitu Moodle 3.0 yang diunduh dari <https://download.moodle.org/> dan *software* XAMPP. Moodle 3.0 untuk membuat tampilan layar *e-learning* beserta fasilitasnya. Xampp-win 32-3.2.1 digunakan untuk meletakkan database secara offline. Adobe PDF digunakan untuk menyimpan materi dalam bentuk PDF. Paint dan CorelDraw digunakan untuk mengolah gambar. Microsoft Office Visio digunakan untuk membuat flowchart. Microsoft Power Point digunakan untuk

membuat bahan presentasi. Filezilla digunakan untuk melakukan transfer file ke hosting.

2) Instalasi Server Lokal

Pengembangan *e-learning* dilakukan di komputer atau server lokal sebelum diupload ke server internet atau yang disebut dengan hosting. Hal ini dilakukan dengan alasan efektifitas waktu dan efisiensi biaya. Pengembangan yang dilakukan melalui komputer atau server lokal memperkecil kemungkinan adanya hambatan dalam pengerjaan *e-learning* akibat masalah koneksi internet yang tidak stabil. Alasannya karena dalam proses pengembangan akan banyak hal yang perlu dikonfigurasi. Maka digunakan software XAMPP untuk membuat server lokal serta database. Software ini tersedia dalam GNU (*General Public Lisense*) yang artinya gratis. Setelah program sudah bisa berjalan dengan baik maka selanjutnya dilakukan upload file atau database dari server lokal ke server internet.

3) Instalasi + Kustomisasi LMS Moodle

Setelah software XAMPP terinstal dan database untuk moodle *e-learning* telah dibuat melalui <http://localhost/phpmyadmin>, langkah selanjutnya adalah menginstall LMS Moodle yang telah didownload dan filenya dimasukkan pada file Xampp yaitu Local Disk C:/Xampp/htdocs. Moodle yang digunakan adalah versi 3.0.

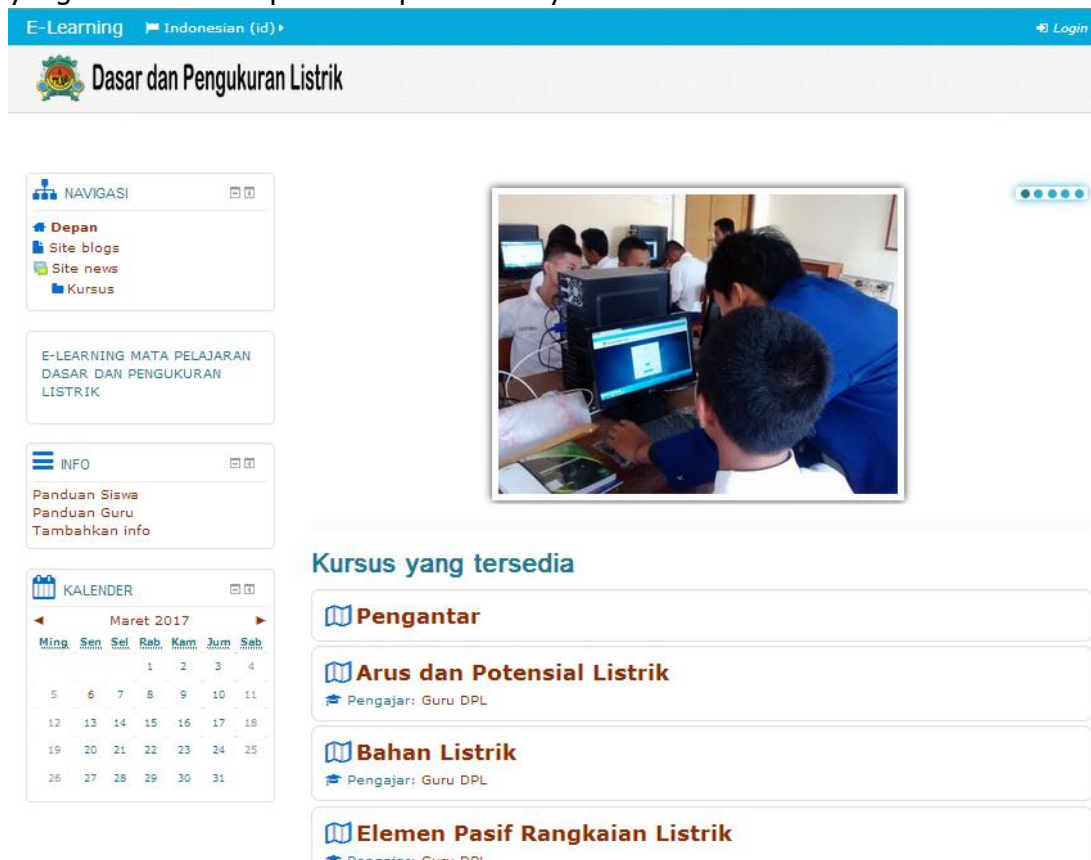
Tema yang digunakan dalam pengembangan ini adalah *Essential* versi 3.0.1. Pemilihan tema ini dikarenakan tampilan yang hampir sesuai dengan hasil rancangan, selain itu tema ini sederhana, menarik, dan responsif yang artinya bila dibuka melalui *gadget* apapun tampilannya akan menyesuaikan *gadget* tersebut.

4) Upload ke hosting

Setelah *e-learning* dibuat melalui server lokal atau localhost menggunakan XAMPP, *e-learning* tersebut dibuat menjadi online agar dapat diakses melalui jaringan internet. Proses untuk menjadikan *e-learning* offline menjadi online adalah (a) menyiapkan domain dan hosting, (b) membuat database pada hosting (c) import file dan database moodle ke web hosting.

Proses upload data dari server lokal ke web hosting menggunakan software Filezilla. Software Filezilla dapat diunduh secara gratis pada situs resmi Filezilla yaitu <https://filezilla-project.org/download.php>. Upload data ini memerlukan waktu yang relatif lama tergantung kecepatan koneksi internet yang digunakan.

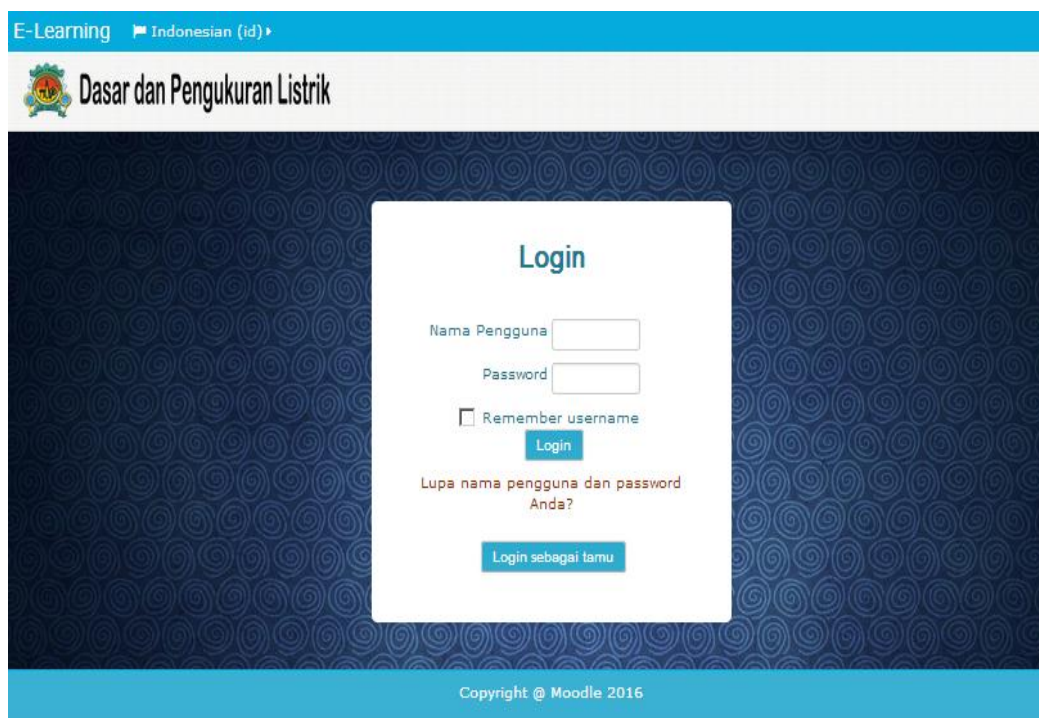
Berikut hasil *e-learning* yang telah dibuat berdasarkan rancangan tampilan yang telah didesain pada tahap sebelumnya.



The screenshot displays the homepage of an E-Learning system. At the top, there is a blue navigation bar with the text 'E-Learning' and 'Indonesia (id)', along with a 'Login' link. Below this is a header section with a logo and the title 'Dasar dan Pengukuran Listrik'. The main content area is divided into several sections: a 'NAVIGASI' sidebar with links for 'Depan', 'Site blogs', 'Site news', and 'Kursus'; an 'E-LEARNING MATA PELAJARAN DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK' section; an 'INFO' sidebar with links for 'Panduan Siswa', 'Panduan Guru', and 'Tambahkan info'; a 'KALENDER' section showing a calendar for March 2017; and a 'Kursus yang tersedia' section listing four courses: 'Pengantar', 'Arus dan Potensial Listrik', 'Bahan Listrik', and 'Elemen Pasif Rangkaian Listrik', each with a 'Guru DPL' instructor. A central image shows students in a computer lab.

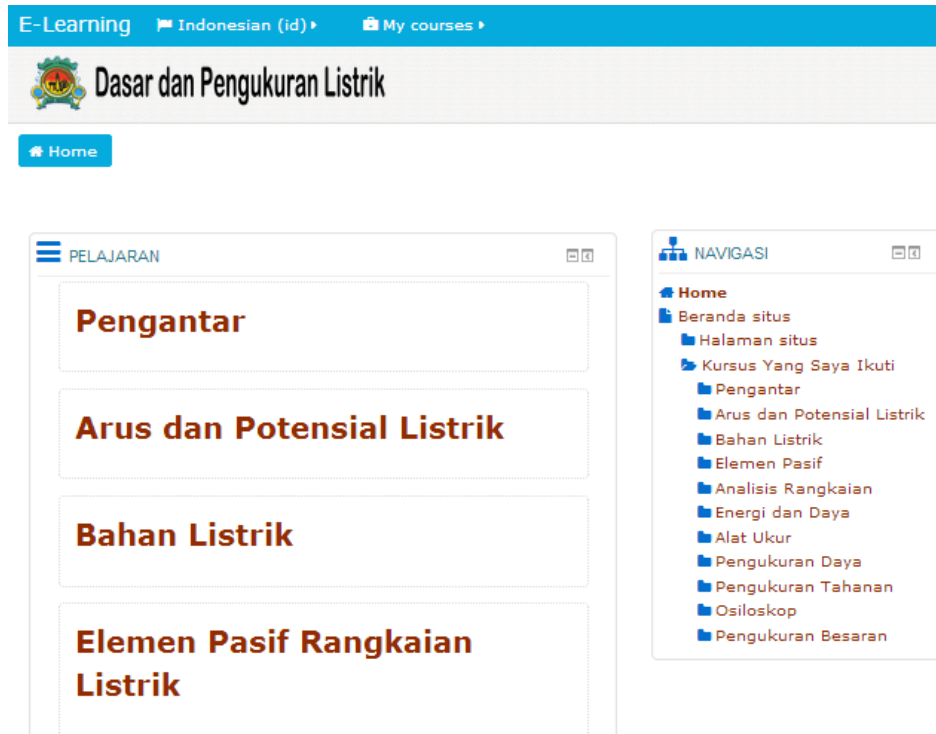
Gambar 12. Tampilan Halaman Awal *E-Learning*

Berdasarkan hasil rancangan halaman awal *e-learning*, telah dihasilkan halaman depan yang memuat slideshow yang berupa gambar kegiatan pembelajaran di kelas khususnya mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik kelas X. Terdapat logo sekolah dan nama mata pelajaran di bagian kiri atas, terdapat menu navigasi, daftar topik pelajaran yang tersedia. Tombol login dapat diakses pada sisi pojok kanan halaman. Tambahan pada halaman awal *e-learning* ini adalah disediakan kalender.



Gambar 13. Tampilan Halaman Login *E-Learning*

Halaman login yang dihasilkan berdasarkan rancangan yang telah dibuat yaitu terdapat form login dengan tampilan sederhana di bagian tengah yang terdiri dari form untuk mengisi username dan password yang diberikan guru. Tersedia akses login sebagai tamu bagi pengguna yang tidak terdaftar tetapi dengan hak akses terbatas.



Gambar 14. Tampilan Halaman Topik Pelajaran *E-Learning*

Halaman topik pelajaran yang dihasilkan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat yaitu di sisi kiri terdapat daftar topik pelajaran yang dapat diakses. Sedangkan di sisi kanan terdapat navigasi topik pelajaran.

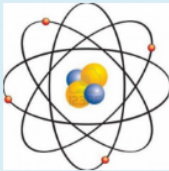


Gambar 15. Tampilan Halaman Isi Topik Pelajaran pada *E-Learning*

Halaman isi topik pelajaran yang dihasilkan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat yaitu isi topik pelajaran yang berisi materi pelajaran, kuis, dan diskusi ditampilkan pada sisi kiri halaman. Terdapat menu navigasi yang dapat diakses di sisi kanan halaman

Arus dan Potensial Listrik

The screenshot displays a quiz interface with three questions and a navigation panel. The questions are:

- Question 1:** Sebuah benda akan bermuatan positif bila
Pilih salah satu:
 a. jumlah proton sama dengan jumlah elektron
 b. kekurangan elektron
 c. kelebihan elektron
 d. kekurangan proton
- Question 2:** Sebuah benda akan bermuatan negatif bila
Pilih salah satu:
 a. kekurangan elektron
 b. kekurangan proton
 c. jumlah proton sama dengan jumlah elektron
 d. kelebihan elektron
- Question 3:** Inti atom terdiri atas

Pilih salah satu:
 a. neutron dan elektron
 b. proton dan elektron
 c. proton, neutron, dan elektron
 d. proton dan neutron

The navigation panel on the right is titled "QUIZ NAVIGATION" and shows a grid of question numbers from 1 to 15. Questions 1-9 are in the first row, and 10-15 are in the second row. A "Finish attempt ..." link and a "Start a new preview" button are also visible.

Gambar 16. Tampilan Halaman Kuis

Halaman kuis berdasarkan hasil rancangan yang telah dilakukan, dihasilkan halaman kuis yang berisi soal-soal dan pilihan jawaban yang harus diisi siswa. Pada sisi kanan halaman tersedia navigasi nomor soal pada kuis ketika ingin mengakses langsung pada nomor soal tertentu.

Arus dan Potensial Listrik

Started on	Senin, 13 Pebruari 2017, 13:02
State	Finished
Completed on	Senin, 13 Pebruari 2017, 13:16
Waktu yang digunakan	14 min 17 detik
Tanda	6,00/15,00
Grade	4,00 out of 10,00 (40%)

Question 1

Incorrect

Mark 0,00 out of 1,00

Flag question

Sebuah benda akan bermuatan positif bila

Pilih salah satu:

- a. kelebihan elektron X
- b. kekurangan proton
- c. jumlah proton sama dengan jumlah elektron
- d. kekurangan elektron

Your answer is incorrect.

The correct answer is: kekurangan elektron

Question 2

Correct

Mark 1,00 out of 1,00

Flag question

Sebuah benda akan bermuatan negatif bila

Pilih salah satu:

- a. jumlah proton sama dengan jumlah elektron
- b. kekurangan elektron
- c. kelebihan elektron ✓
- d. kekurangan proton

Your answer is correct.

The correct answer is: kelebihan elektron

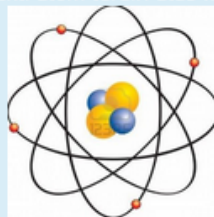
Question 3

Incorrect

Mark 0,00 out of 1,00

Flag question

Inti atom terdiri atas

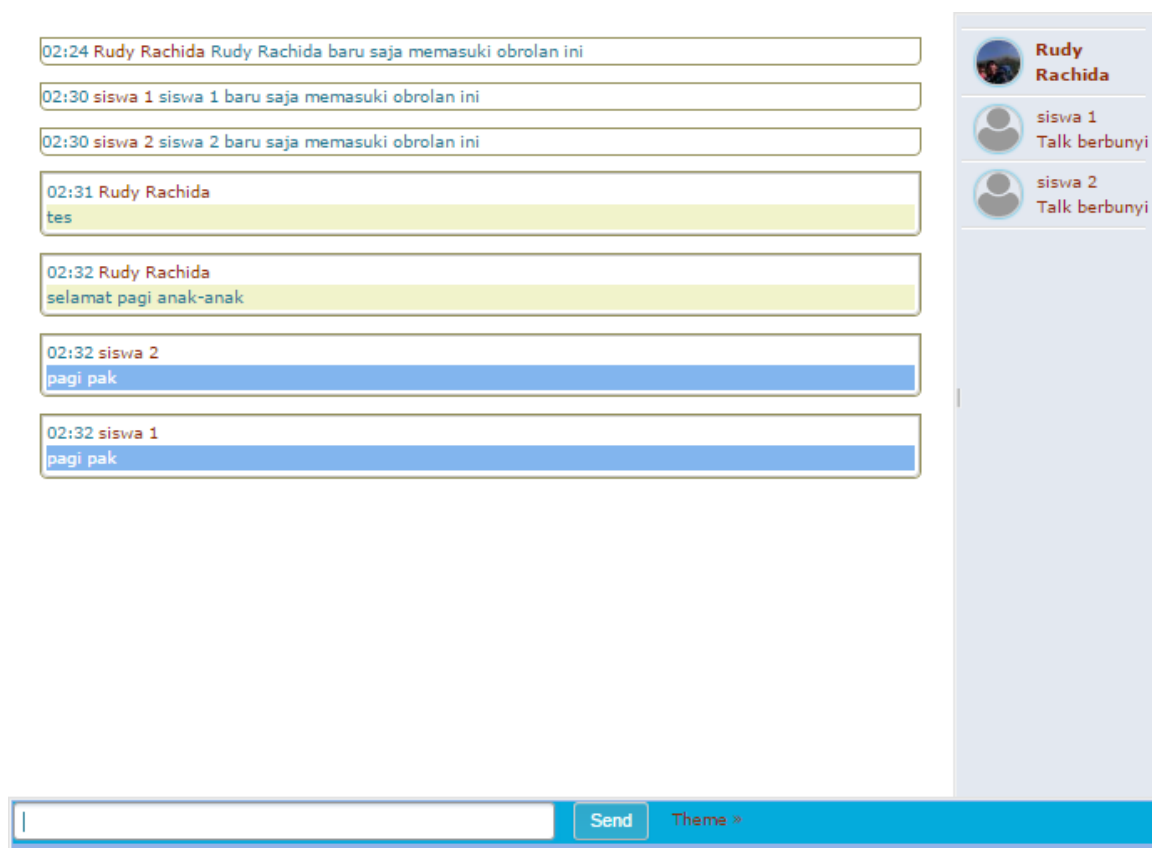


Pilih salah satu:

- a. proton dan elektron
- b. proton dan neutron
- c. neutron dan elektron
- d. proton, neutron, dan elektron X

Gambar 17. Tampilan Hasil Kuis

Halaman hasil kuis berdasarkan hasil rancangan yaitu ditampilkan informasi tentang kuis berupa nilai yang diperoleh, durasi waktu pengerjaan kuis. Di bagian bawah tiap soal terdapat keterangan jawaban yang dipilih sudah sesuai atau belum. Terdapat centang benar (√) berwarna hijau apabila jawaban benar dan centang salah (X) berwarna merah apabila jawaban yang dipilih oleh siswa tidak tepat. Apabila jawaban tidak tepat atau salah maka muncul feedback pilihan jawaban yang benar.



Gambar 18. Tampilan Hasil Diskusi/Chat

Halaman diskusi chat dibuat sederhana sesuai dengan hasil rancangan sebelumnya. Terdapat daftar pengguna online di sisi kanan halaman, chat/diskusi pengguna akan muncul di sisi kiri halaman. Di sisi bawah terdapat form untuk mengetik pesan dan mengirim dengan mengklik tombol send.

Arus dan Potensial Listrik

Tugas Potensial Listrik

[Return to section 0](#)

segera kerjakan tugas berikut

[tugas.docx](#)

Submission status

Submission status	No attempt
Grading status	Not graded
Due date	Jumat, 10 Maret 2017, 00:00
Time remaining	1 hari 21 jam
Last modified	Senin, 27 Pebruari 2017, 00:24
Submission comments	Komentar (0)

[Tambahkan pengajuan \(tugas/laporan\)](#)

Gambar 19. Tampilan Halaman Tugas

Halaman tugas yang telah dihasilkan yaitu tersedia file tugas dari guru yang dapat akses siswa dengan mengunduh file tugas tersebut. Terdapat keterangan batas waktu pengumpulan tugas. Untuk mengumpulkan hasil pengerjaan tugas siswa dapat mengakses tombol tambahkan pengajuan dan mengupload file jawaban tugas yang telah dikerjakan untuk dilakukan proses penilaian oleh guru.

6. Evaluasi III

Pada tahap evaluasi ini dilakukan Validasi *E-Learning* dan Materi. Validasi dilakukan oleh 2 orang ahli *e-learning* dan 2 orang ahli materi. Ahli *e-learning* yaitu 2 orang dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, ahli materi dilakukan oleh 1 orang dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro dan 1 orang guru SMK Negeri 1 Sedayu. Validasi ini bertujuan meminta pertimbangan ahli tentang produk yang dikembangkan kemudian memberikan saran perbaikan dan penilaian terhadap *e-learning* dan materi yang disajikan. Saran yang diperoleh dari hasil validasi dijadikan sebagai acuan untuk merevisi *e-learning* dan materi yang dikembangkan.

7. Implementasi

Setelah *e-learning* selesai dibuat dan dinyatakan layak oleh ahli *e-learning* dan ahli materi maka dilakukan implementasi *e-learning* dalam pembelajaran di kelas. Implementasi dilakukan pada siswa kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK N 1 Sedayu. Pada tahap ini adalah menyiapkan siswa untuk mengikuti kegiatan pembelajaran menggunakan *e-learning*. Langkah yang dilakukan dimulai dari menyiapkan lab komputer yang dilengkapi dengan akses internet, menjelaskan dan memperkenalkan *e-learning* kepada peserta didik. Kemudian memulai kegiatan pembelajaran dengan menggunakan *e-learning*. Subjek penelitian ini adalah 30 siswa kelas X Teknik Instalasi dan Pemanfaatan Tenaga Listrik.

Pengenalan produk *e-learning* dilakukan pada pertemuan pertama selama 1x45 menit pada saat kegiatan pembelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik. Selanjutnya pada pertemuan kedua dalam waktu 2x45 menit dilakukan kegiatan pembelajaran dengan menggunakan *e-learning* dengan topik arus dan potensial listrik. Semua siswa mengakses *e-learning* menggunakan komputer yang telah disediakan, mempelajari materi yang disajikan lalu kemudian mengerjakan kuis.

8. Evaluasi IV

Pada tahap evaluasi ini dilakukan uji coba lapangan oleh pengguna *e-learning* yaitu guru dan siswa untuk mengetahui persepsi pengguna terhadap penggunaan *e-learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik. Evaluasi ini dilakukan dengan memberi angket kepada guru dan peserta didik. Hasilnya guru

dan siswa memberi respon yang baik terhadap produk *e-learning* yang dikembangkan. Hasilnya dapat dilihat pada analisis data.

C. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMK Negeri 1 Sedayu yang beralamat di Jl. Kemusuk, Desa Argomulyo, Kec. Sedayu, Kab. Bantul. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan September 2016.

D. Subyek dan Objek Penelitian

Subyek dalam penelitian ini guru SMK Negeri 1 Sedayu Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik, dan siswa kelas X SMK Negeri 1 Sedayu Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik. Responden guru sebanyak 2 orang dan responden siswa sebanyak 27 orang. Objek dalam penelitian ini adalah *e-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data digunakan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian. Pengumpulan data dalam penelitian dimaksudkan untuk memperoleh bahan-bahan, keterangan, kenyataan-kenyataan, dan informasi yang dapat dipercaya (Sudaryono dkk, 2013:29). Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi, wawancara, dan angket.

1. Observasi

Observasi atau pengamatan merupakan suatu teknik atau cara mengumpulkan data dengan jalan mengadakan pengamatan terhadap kegiatan

yang sedang berlangsung (Sudaryono, dkk 2013:29). Observasi dalam penelitian ini digunakan untuk mengamati proses pembelajaran di kelas, mengetahui media pembelajaran yang digunakan guru pada saat menyampaikan materi pelajaran, mengamati sikap siswa dalam mengikuti pelajaran.

Jenis observasi yang digunakan adalah observasi terbuka. Menurut Sukardi (2013:79), pada posisi ini kehadiran peneliti dalam menjalankan tugasnya di tengah-tengah kegiatan responden diketahui secara terbuka, sehingga antara responden dengan peneliti terjadi hubungan atau interaksi secara wajar.

2. Wawancara

Wawancara adalah salah satu cara pengumpulan data yang digunakan untuk memperoleh informasi langsung dari sumbernya (Sudaryono dkk, 2013:29). Wawancara dilakukan dengan guru mata pelajaran sebagai responden untuk memperoleh informasi mengenai kendala-kendala yang dihadapi pada proses pembelajaran di kelas. Jenis wawancara yang digunakan adalah wawancara tak berstruktur. Menurut Sukardi (2013:80), wawancara bebas atau sering pula disebut wawancara tak berstruktur, yaitu wawancara dimana peneliti dalam menyampaikan pertanyaan pada responden tidak menggunakan pedoman.

3. Angket

Angket atau kuesioner merupakan teknik atau cara pengumpulan data secara tidak langsung (peneliti tidak langsung bertanya-jawab dengan responden) (Sudaryono dkk, 2013:29). Penggunaan angket dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran yang dikembangkan. Apabila media pembelajaran dinyatakan oleh ahli *e-learning* dan ahli materi, selanjutnya diuji coba dan meminta guru dan siswa mengisi kuesioner untuk mengetahui

persepsi guru dan siswa terhadap *e-learning*. Item kuesioner yang digunakan adalah item pertanyaan secara tertutup yaitu dengan memberikan beberapa alternatif jawaban sehingga responden tinggal memilih jawaban yang mendekati pilihan responden. Penyusunan angket menggunakan skala Likert empat pilihan agar memaksa responden untuk memilih salah satu kutub karena pilihan netral tidak tersedia.

F. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian. Pada penelitian ini instrumen terdiri dari instrumen observasi, instrumen wawancara, dan instrumen kuesioner. Berikut instrumen dan hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan.

Tabel 3. Instrumen dan Hasil Observasi

No	Aspek yang diamati	Hasil Pengamatan
1	Kegiatan Pembelajaran	<ul style="list-style-type: none"> Guru menyiapkan siswa dan mengabsen siswa. Guru menjelaskan materi pelajaran menggunakan metode ceramah dengan media papan tulis. Siswa mencatat pelajaran sambil mendengarkan ceramah guru.
2	Perilaku Siswa	<ul style="list-style-type: none"> Siswa terlihat mengobrol dengan teman sebangkunya diluar topik pelajaran. Sebagian besar siswa tidak mencatat materi yang dijelaskan guru.
3	Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik	<ul style="list-style-type: none"> Silabus yang digunakan sudah sesuai dengan KI KD mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.
4	Fasilitas Penunjang Pembelajaran	<ul style="list-style-type: none"> Sekolah menyediakan fasilitas lab komputer dengan akses internet yang tersedia. Lingkungan sekolah telah terjangkau wifi yang dapat digunakan siswa dengan laptop atau gadget.

Tabel 4. Instrumen dan Hasil Wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Bagaimanakah model pembelajaran yang digunakan?	Pembelajaran dilakukan ceramah dimana guru menjelaskan materi pelajaran kemudian siswa mendengarkan dan mencatat yang disampaikan guru.
2	Media penunjang apa saja yang digunakan dalam pembelajaran?	Media yang digunakan adalah buku pelajaran, papan tulis, dan kadang-kadang menggunakan LCD Proyektor.
3	Bagaimanakah perilaku siswa saat proses pembelajaran?	Partisipasi siswa terlihat masih kurang. Sebagian besar siswa terlihat melakukan aktivitas lain seperti mengobrol dengan teman sebangkunya.
4	Bagaimanakah hasil belajar siswa?	Hasil belajar siswa sebagian besar telah memenuhi KKM tetapi masih perlu ditingkatkan.
5	Bagaimana menurut anda penerapan model pembelajaran berbasis TIK khususnya <i>e-learning</i> ?	Penerapan model pembelajaran berbasis TIK dirasa sangat sesuai dengan era sekarang ini. Dapat membantu proses pembelajaran dan diharapkan siswa dapat lebih aktif dan tertarik dalam pembelajaran.

Instrumen yang digunakan untuk menguji tingkat kelayakan produk dan persepsi penilaian pengguna adalah kuesioner dengan menggunakan skala Likert yang telah dimodifikasi dengan empat pilihan. Berikut ini merupakan penskoran untuk pilihan jawaban yang terdiri dari sangat setuju, setuju, tidak setuju, sangat tidak setuju.

Tabel 5. Skor Pernyataan

No	Jawaban	Skor
1	Sangat Setuju (SS)	4
2	Setuju (S)	3
3	Tidak Setuju (TS)	2
4	Sangat Tidak Setuju (STS)	1

Kuesioner diberikan kepada ahli *e-learning*, ahli materi, dan pengguna untuk mengetahui tingkat kelayakan *e-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

1. Instrumen Angket untuk Ahli *E-Learning*

Instrumen angket untuk ahli *e-learning* digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan *e-learning* yang ditinjau dari beberapa aspek. Berikut kisi-kisi instrumen ahli *e-learning* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kisi-kisi Instrumen Angket Ahli *E-Learning*

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Juml
1	Kelayakan Isi	Kesesuaian SK, KD	1,2	2
		Kesesuaian dengan perkembangan anak	3	1
		Kebenaran substansi materi pembelajaran	4	1
		Manfaat untuk penambah wawasan	5	1
2	Kebahasaan	Keterbacaan	6	1
		Kejelasan informasi	7,8	2
		Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	9	1
		Pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien	10,11	2
3	Sajian	Kejelasan tujuan yang ingin dicapai	12	1
		Urutan sajian	13	1
		Pemberian motivasi	14,15	2
		Kelengkapan informasi	16	1
4	Kegrafikan	Penggunaan font	17,18	2
		Tata letak	19	1
		Ilustrasi, gambar	20,21	2
Total Butir				21

2. Instrumen Angket untuk Ahli Materi

Instrumen angket untuk ahli materi digunakan untuk mengetahui kualitas isi materi yang disajikan ditinjau dari beberapa aspek yaitu kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafikan . Berikut kisi-kisi instrumen ahli materi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kisi-Kisi Instrumen Angket Ahli Materi

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Jumlah
1	Tampilan	Navigasi	1,2	2
		Tipografi	3	1
		Media	4	1
		Warna	5,6	2
		Layout	7,8	2
2	Instruksional	Meberi kesempatan belajar	9	1
		Memberi bantuan belajar	10	1
		Kulitas memotivasi	11,12	2
		Fleksibilitas instruksional	13	1
		Kualitas tes dan penilaian	14	1
		Dampak bagi siswa	15	1
		Dampak bagi guru	16	1
3	Teknis	Keterbacaan	17	1
		Mudah digunakan	18,19,20	3
		Pengelolaan program	21	1
4	Pemanfaatan <i>software</i>	Interaktif	22	1
		<i>Software</i> pendukung	23	1
		Keaslian	24	1
Total butir				24

3. Instrumen Angket untuk Pengguna

Intrumen angket untuk pengguna terdi dari pengguna untuk guru dan pengguna untuk siswa. Instrumen angket guru digunakan untuk mengetahui persepsi guru setelah menggunakan *e-learning* dalam pembelajaran mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ditinjau dari beberapa aspek yaitu tampilan, instruksional, teknis, kelayakan isi, kebahasaan. Berikut kisi-kisi instrumen untuk guru dapat dilihat pada Tabel 8.

Intrumen angket untuk siswa digunakan untuk mengetahui persepsi siswa setelah menggunakan *e-learning* dalam pembelajaran mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik. Berikut kisi-kisi instrumen untuk siswa dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8. Kisi-Kisi Instrumen Angket Pengguna (Guru)

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Jumlah
1	Tampilan	Navigasi	1	1
		Tipografi	2	1
		Warna	3,4	1
		Layout	5,6	2
2	Instruksional	Meberi kesempatan belajar	7	1
		Memberi bantuan belajar	8	1
		Kulitas memotivasi	9,10	2
		Dampak bagi siswa	11	1
		Dampak bagi guru	12	1
3	Teknis	Keterbacaan	13	1
		Mudah digunakan	14,15,16	3
4	Kelayakan isi	Kesesuaian SK,KD	17,18	2
		Manfaat untuk penambah wawasan	19	1
5	Kebahasaan	Keterbacaan	20	1
		Kejelasan informasi	21,22	2
		Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	23,24	2
Total Butir				24

Tabel 9. Kisi-Kisi Instrumen Angket Pengguna (Siswa)

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Jumlah
1	Tampilan	Navigasi	1	1
		Tipografi	2	1
		Warna	3	1
		Layout	4,5	2
2	Instruksional	Meberi kesempatan belajar	6	1
		Memberi bantuan belajar	7	1
		Kulitas memotivasi	8,9	2
		Dampak bagi guru	10	1
		Dampak bagi peserta didik	11	1
3	Teknis	Keterbacaan	12	1
		Mudah digunakan	13,14	2
4	Kelayakan isi	Kesesuaian SK,KD	15	1
		Manfaat untuk penambah wawasan	16	1
5	Kebahasaan	Keterbacaan	17	1
		Kejelasan informasi	18,19	2
		Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	20	1
Total Butir				20

G. Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Instrumen yang akan digunakan dalam penelitian harus memenuhi dua persyaratan yaitu validitas dan reliabilitas. Instrumen yang valid berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Selanjutnya instrumen yang digunakan harus mempunyai nilai reliabilitas tinggi agar instrumen yang dibuat mempunyai hasil yang konsisten dalam mengukur yang hendak diukur.

1. Uji Validitas

Uji validitas dilakukan dengan validitas isi (*content validity*) yang diperoleh pendapat dari ahli (*judgment experts*) yaitu dua orang dosen Pendidikan Teknik Elektro UNY. Hasil validasi instrumen oleh ahli dapat dilihat pada Lampiran 3.

2. Uji Reliabilitas

Dalam menguji reliabilitas dapat dilakukan salah satunya dengan Rumus *Alpha Cronbach*. Rumus ini cocok digunakan untuk mencari reliabilitas instrumen yang skornya bukan 1 dan 0, tetapi untuk angket atau soal uraian. Berdasarkan hasil uji reliabilitas instrumen diperoleh hasil 0,86 yang masuk dalam kategori sangat reliable, hasil uji reliabilitas dapat dilihat pada Lampiran 5. Berikut rumus *Alfa Cronbach*.

$$r_{11} = \left[\frac{k}{k-1} \right] 1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2}$$

Keterangan:

r_{11} = Reabilitas instrumen

k = Banyaknya butir soal pertanyaan

$\sum \sigma_b^2$ = Jumlah varian skor tiap-tiap item

σ_t^2 = Varian total

Butir instrumen penelitian yang dinyatakan valid kemudian diuji reliabilitas dengan menggunakan rumus di atas. Setelah mengetahui nilai reliabilitas instrumen, selanjutnya menentukan tingkat reliabilitas instrumen berdasarkan Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Kategori Koefisien Reliabilitas

Koefisien Reliabilitas	Tingkat Reliabilitas
0,800 – 1,000	Sangat tinggi
0,600 – 0,800	Tinggi
0,400 – 0,600	Cukup
0,200 – 0,400	Rendah
Kurang dari 0,200	Sangat rendah

Sumber : Suharsimi Arikunto (2013:89)

H. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistik deskriptif. Ada dua jenis data yang digunakan yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Komentar dan saran perbaikan produk yang diperoleh dari ahli materi dan ahli *e-learning* merupakan data kualitatif. Sedangkan data kuantitatif berupa skor penilaian ahli materi, ahli *e-learning*, guru, dan siswa yang diperoleh melalui angket skala likert empat pilihan yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Skor yang diperoleh dari angket penilaian kemudian dikonversi menjadi nilai pada skala 4 sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 11. Kategori Penilaian Kelayakan

Interval Skor	Kategori
$Mi + 1,50 SDi < X \leq Mi + 3 SDi$	Sangat Layak
$Mi < X \leq Mi + 1,50 SDi$	Layak
$Mi - 1,50 SDi < X \leq Mi$	Cukup Layak
$Mi - 3 SDi < X \leq Mi - 1,50 SDi$	Kurang Layak

Tabel 12. Kategori Penilaian Pengguna

Interval Skor	Kategori
$Mi + 1,50 SDi < X \leq Mi + 3 SDi$	Sangat Baik
$Mi < X \leq Mi + 1,50 SDi$	Baik
$Mi - 1,50 SDi < X \leq Mi$	Cukup Baik
$Mi - 3 SDi < X \leq Mi - 1,50 SDi$	Kurang Baik

Keterangan

Mi : rata-rata ideal

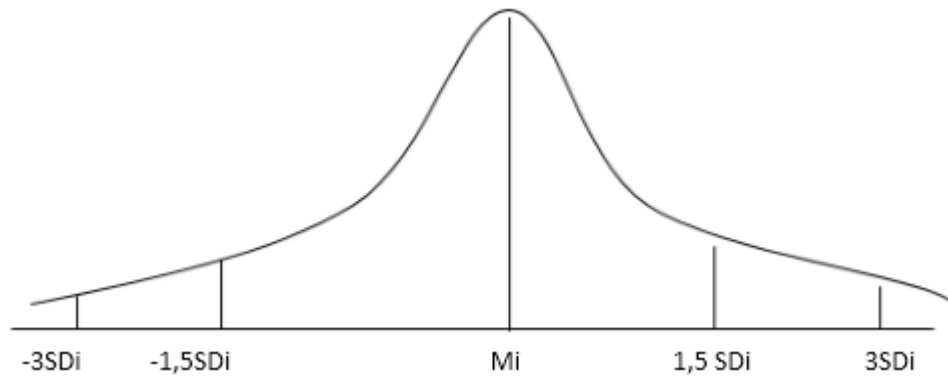
SDi : Simpangan baku ideal

Mi : $\frac{1}{2}$ x (jumlah skor maks ideal + jumlah skor min ideal)

SDi : $\frac{1}{6}$ x (jumlah skor maks ideal – jumlah skor min ideal)

Tabel kategori penilaian di atas digunakan sebagai acuan dalam mengetahui tingkat kelayakan berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi, ahli *e-learning* serta mengetahui respon penilaian guru dan siswa. Berdasarkan kurva di atas, skor yang berada pada rentang 3SDi s/d 1,5 SDi mempunyai kategori sangat baik/sangat layak, pada rentang 1,5SDi s/d Mi mempunyai kategori baik/layak,

pada rentang M_i s/d $-1,5SD_i$ mempunyai kategori cukup baik/cukup layak, dan pada rentang $-1,SD_i$ s/d $-3SD_i$ mempunyai kategori kurang baik/kurang layak.



Gambar 20. Distribusi Kurva Normal

Dengan demikian dapat diketahui tingkat *kelayakan e-learning* yang digunakan dalam pembelajaran Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik berdasarkan skor yang diperoleh dari hasil penilaian oleh ahli materi dan ahli *e-learning* serta diperoleh persepsi guru dan siswa terhadap *e-learning*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Analisis Data

1. Hasil Produk

Hasil pengembangan produk *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik yang dapat diakses pada alamat www.tiptl-smkn1sedayu.com yang meliputi layout, tampilan, dan fitur adalah sebagai berikut.

a. Halaman Depan *E-Learning*

Halaman depan *e-learning* yang muncul saat mengakses alamat www.tiptl-smkn1sedayu.com seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12, pada halaman tersebut terdapat gambar slideshow yang berisi tentang foto-foto kegiatan pembelajaran, terdapat informasi panduan penggunaan *e-learning* untuk guru dan siswa, terdapat informasi materi apa saja yang disediakan guru pengampu mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik untuk kelas X. Untuk mengakses materi-materi tersebut pengguna harus login terlebih dahulu, tombol login terletak pada sisi bagian atas seperti pada aplikasi berbasis web pada umumnya, pengguna akan masuk ke beralih login setelah mengakses tombol login tersebut.

b. Login

Halaman login pengguna terdapat form nama pengguna dan password yang harus diisi pengguna untuk masuk ke dalam pembelajaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Username dan password diberikan oleh guru kepada tiap siswa untuk dapat mengakses materi pelajaran yang disediakan guru. Untuk yang bukan pengguna terdaftar dapat login sebagai tamu tetapi tidak dapat masuk

dalam pembelajaran, tamu hanya bisa melihat topik-topik pelajaran yang disajikan pada *e-learning*.

c. Isi Topik Pelajaran

Pada halaman topik pelajaran pada Gambar 16 pengguna dapat mengakses dengan mengklik topik pelajaran yang diinginkan untuk memperoleh materi-materi yang telah disediakan guru. Pada halaman topik pelajaran memuat materi pelajaran, kuis, video, tugas sesuai dengan topik pelajaran yang diakses. Materi terdiri dari beberapa jenis file serta dilengkapi video pembelajaran. Pengguna juga dapat melakukan kegiatan chat atau diskusi dengan pengguna lain dengan fasilitas diskusi yang telah disediakan.

d. Kuis

Halaman kuis untuk siswa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16 terdiri dari beberapa soal pilihan ganda dengan durasi pengerjaan yang telah ditentukan oleh guru pengampu mata pelajaran. Di sisi kanan terdapat navigasi kuis untuk memudahkan siswa dalam mengakses nomor soal yang diinginkan. Siswa memilih salah satu jawaban dengan mengklik button berbentuk lingkaran dan mengklik "submit" jawaban apabila telah selesai mengerjakan.

Setelah melakukan submit jawaban maka pengguna akan masuk ke halaman hasil pengerjaan kuis seperti yang ditunjukkan Gambar 17. Pada halaman ini dapat diketahui hasil kuis yang telah dikerjakan, siswa dapat mereview kuis yang telah dikerjakan. Terdapat keterangan apakah jawaban sudah benar dan apabila jawaban salah maka akan muncul keterangan pilihan jawaban yang benar.

e. Diskusi

Halaman diskusi yang telah dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18 memudahkan siswa jika ingin melakukan tanya jawab dengan siswa lain

ataupun dengan guru. Pengguna yang online akan muncul di sisi kanan halaman. Guru juga dapat membahas topik tertentu untuk selanjutnya didiskusikan melalui sarana diskusi yang telah dikelola dengan *e-learning*. Diskusi dapat dilakukan di kelas pada saat pembelajaran ataupun di luar kelas.

f. Tugas

Halaman tugas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19 merupakan bentuk penugasan yang disediakan untuk mengevaluasi kegiatan belajar siswa. Guru mengupload file penugasan kepada siswa dengan bentuk mengirimkan file tugas kemudian selanjutnya guru akan memberi nilai dan komentar pada file jawaban yang telah diupload siswa. Selain itu guru dapat memberi penugasan siswa dengan bentuk kegiatan mengetikkan teks pertanyaan atau instruksi tugas secara online pada halaman web yang telah disediakan, kemudian guru memberikan penilaian tugas dan memberikan komentar terhadap tugas siswa.

Hasil uji coba fitur/fasilitas *e-learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik kepada siswa adalah sebagai berikut.

a. Kuis

Pada *e-learning* yang dikembangkan tersedia kuis sebagai bahan evaluasi hasil pembelajaran yang dilaksanakan. Sistem penilaian fitur kuis pada *e-learning* adalah menggunakan skala 0-10. Tiap butir pernyataan memiliki skor nilai dengan perhitungan nilai tiap soal = skor maks/jumlah soal. Seperti pada gambar hasil kuis dibawah yaitu nilai untuk jawaban benar tiap soal sebesar 0,67 dengan jumlah soal sebanyak 15 butir. Atau dapat dihitung sebagai berikut, nilai tiap soal = $10/15 = 0,67$. Untuk kuis dengan jumlah soal berbeda maka skor nilai tiap soal akan berbeda pula, sistem kuis dari *e-learning* akan melakukan perhitungan penilaian

hasil seperti yang telah disebutkan. Berikut hasil ujicoba hasil pengerjaan kuis oleh peserta didik.

	Nama Depan / Nama akhir	Alamat Email	State	Started on	Selesai	Time taken	Grade/10,00	Q. 1 /0,67	Q. 2 /0,67	Q. 3 /0,67	Q. 4 /0,67	Q. 5 /0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 17 Review attempt	siswamurid17@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:01	13 Pebruari 2017 13:09	8 min 15 detik	4,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 13 Review attempt	siswamurid13@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:01	13 Pebruari 2017 13:08	7 min 28 detik	6,00	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 29 Review attempt	siswamurid29@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:01	13 Pebruari 2017 13:14	12 min 54 detik	5,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 27 Review attempt	siswamurid27@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:01	13 Pebruari 2017 13:14	12 min 41 detik	7,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 1 Review attempt	siswamurid1@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:02	13 Pebruari 2017 13:16	14 min 17 detik	4,00	✗ 0,00	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 14 Review attempt	siswamurid14@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:02	13 Pebruari 2017 13:12	9 min 51 detik	3,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 24 Review attempt	siswamurid24@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:02	13 Pebruari 2017 13:15	13 min 22 detik	7,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 15 Review attempt	siswamurid15@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:02	13 Pebruari 2017 13:18	16 min 11 detik	6,00	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 6 Review attempt	siswamurid6@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:02	13 Pebruari 2017 13:12	9 min 36 detik	3,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 9 Review attempt	siswamurid9@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:02	13 Pebruari 2017 13:17	14 min 43 detik	6,00	✓ 0,67	✗ 0,00	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 4 Review attempt	siswamurid4@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:03	13 Pebruari 2017 13:17	14 min 33 detik	5,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 21 Review attempt	siswamurid21@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:03	13 Pebruari 2017 13:14	10 min 46 detik	6,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 12 Review attempt	siswamurid12@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:03	13 Pebruari 2017 13:11	7 min 44 detik	5,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 2 Review attempt	siswamurid2@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:04	13 Pebruari 2017 13:16	11 min 30 detik	3,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 7 Review attempt	siswamurid7@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:04	13 Pebruari 2017 13:19	14 min 49 detik	7,33	✓ 0,67	✗ 0,00	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 10 Review attempt	siswamurid10@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:05	13 Pebruari 2017 13:13	8 min	3,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✗ 0,00	✓ 0,67	✓ 0,67
<input type="checkbox"/>	* siswa 23 Review attempt	siswamurid23@gmail.com	Finished	13 Pebruari 2017 13:05	13 Pebruari 2017 13:15	10 min 22 detik	5,33	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67	✓ 0,67

Gambar 21. Hasil Ujicoba Pengerjaan Kuis oleh Siswa

Berdasarkan hasil kuis yang ditampilkan pada kuis *e-learning*, guru dapat mengetahui hasil pengerjaan kuis oleh masing-masing siswa dengan informasi yang lengkap. Terdapat keterangan nilai akhir peserta didik, pilihan jawaban yang terjawab benar dengan tanda centang (√) serta jawaban salah dengan tanda silang (X), selain itu terdapat keterangan waktu durasi pengerjaan kuis oleh siswa. Oleh karena itu, fitur kuis yang disajikan diharapkan dapat membantu guru pada saat pemberian kuis ke siswa dengan laporan hasil yang lengkap seperti gambar di atas.

b. Diskusi

Dalam menunjang kegiatan pembelajaran pada *e-learning* yang dikembangkan, juga disediakan sarana diskusi/chat antara guru dan peserta didik. Fitur diskusi yang disediakan dapat digunakan untuk mendiskusikan topik pembelajaran tertentu, melakukan tanya jawab tentang topik pembelajaran yang dibahas. Siswa atau pengguna yang ikut dalam diskusi dapat diketahui karena terdapat keterangan pengguna yang aktif (online) pada frame kanan halaman diskusi. Hasil percakapan diskusi yang telah dilaksanakan dapat dilihat kembali pada halaman fitur diskusi yang disajikan. Hal ini menjadi satu keuntungan untuk guru sehingga tidak perlu mencatat jalannya diskusi yang dilaksanakan bersama siswa karena fitur diskusi pada *e-learning* yang disajikan merekam percakapan yang terjadi. Hasil diskusi yang telah dilaksanakan akan tersimpan dapat dilihat kapanpun diperlukan.

Berikut hasil diskusi singkat bersama siswa setelah proses pembelajaran dengan topik arus listrik.

13:23: siswa 7 baru saja memasuki obrolan ini

13:23: siswa 9 baru saja memasuki obrolan ini

13:23: siswa 15 baru saja memasuki obrolan ini

13:23: siswa 11 baru saja memasuki obrolan ini

13:24 Guru : selamat siang anak-anak, pada pertemuan hari ini tentang topik arus listrik apabila masih ada yang ingin di tanyakan silahkan komentar dibawah

13:24 siswa: apakah bisa mengubah arus dc menjadi arus ac

13:25 Guru : tentu saja bisa, dengan membuat rangkaian inverter. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer.

13:26: siswa 5 baru saja memasuki obrolan ini

13:26 siswa: oh begitu ya pak

13:35 siswa: iya pak saya salah tidak mengubah satuan menit menjadi detik

13:35 Guru : oh iya satuaanya harus diperhatikan ya

13:35 siswa: siap pak

13:36 siswa: siap pak

13:37 Guru : anak-anak lebih giat lagi belajarnya dengan mengerjakan soal-soal latihan ya

13:37 siswa: iya pak

13:37 siswa: siap pak

13:42: Guru DPL telah meninggalkan obrolan ini

13:44: siswa 1 telah meninggalkan obrolan ini

13:45: siswa 2 telah meninggalkan obrolan ini

13:45: siswa 25 telah meninggalkan obrolan ini

13:27 siswa: untuk mengubah arus ac ke dc bagaimana pak?

13:27 Guru : itu menggunakan konverter arus ac ke dc, contohnya yaitu charger hp yang sering digunakan. merubah sumber ac menjadi sumber dc

13:27 Guru : coba anak-anak menjawab pertanyaan berikut tentang arus listrik seperti yang telah dibahas kemarin

13:28: siswa 12 baru saja memasuki obrolan ini

13:28 Guru : Sebuah batere memberikan arus 0,5 A kepada sebuah lampu selama 2 menit. Berapakah banyaknya muatan listrik yang dipindahkan

13:28 siswa: rumusnya apa ya pak?

13:28 siswa: 2 ampere

13:28 siswa: apa pak

13:29 Guru : dik I : 0,5 A; t = 2 menit, Ditanyakan Q = ...? coba dicek kembali catatannya

13:30 siswa: 60 ohm

13:30 siswa: horee

13:30: siswa 12 baru saja memasuki obrolan ini

13:30 Guru : coba salah satu menuliskan langkah penyelesaiannya

13:31 siswa: alhamdulillah

13:32 siswa: $t=2 \text{ menit}=2 \times 60=120 \text{ detik}$ $q=I \times t=0,5 \times 120 = 60 \text{ c}$

13:32 Guru : iya jawab yang tepat

13:32: siswa 6 telah meninggalkan obrolan ini

13:32 Guru : apabila ada yang masih keliru bisa dilihat jawaban diatas

13:33 siswa: siap pak

Gambar 22. Hasil Diskusi dengan Siswa

c. Materi

E-learning memudahkan guru untuk menyediakan materi pelajaran secara cepat dan *up to date* sehingga siswa dapat mempelajari materi-materi yang disajikan oleh guru. Materi dapat diupload dengan berbagai format dokumen seperti pdf, doc, ppt, dan flash. Selain itu guru juga dapat memasukkan video pembelajaran atau simulasi sebagai pelengkap dari materi-materi yang telah diberikan. Oleh karena itu diharapkan dengan adanya *e-learning* ini siswa memperoleh sumber materi pelajaran yang diperbaharui dengan cepat oleh guru pengampu mata pelajaran sehingga dapat membantu siswa untuk belajar secara mandiri. Berikut hasil penyajian materi pada *e-learning* untuk topik arus dan potensial listrik.



Gambar 23. Fitur Penyediaan Materi Pembelajaran

Materi yang disajikan terdiri dari beberapa jenis dokumen yaitu pdf, doc, ppt serta ditambah dengan video pembelajaran. Dengan mengklik materi yang tersaji maka materi akan tersimpan (didownload) ke perangkat pengguna. Fitur penyajian materi ini diharapkan dapat menarik perhatian siswa untuk mempelajari materi yang disajikan agar memperoleh hasil belajar yang memuaskan.

d. Tugas

Fitur selanjutnya yang disajikan pada *e-learning* yang telah dikembangkan ini adalah fitur tugas. Pemberian tugas oleh guru kepada siswa kemudian siswa mengerjakan tugas dan mengupload hasil pengerjaan untuk penilaian oleh guru pengampu mata pelajaran. Siswa dapat mengerjakan tugas secara langsung dengan mengetik pada kolom jawaban atau mengupload file jawaban yang telah diselesaikan.

Penugasan yang disajikan dapat diberi batas waktu pengumpulan sesuai dengan yang guru tentukan sehingga apabila batas waktu telah habis maka siswa yang belum mengerjakan tugas tidak dapat lagi mengisi jawaban atau mengupload hasil jawaban ke dalam tugas. Setelah guru membuat penugasan maka akan muncul pemberitahuan untuk siswa pada kolom topik pelajaran yang terdapat tugas serta akan muncul pada kolom "agenda mendatang" seperti pada Gambar 24 berikut.



Gambar 24. Pemberitahuan Tugas

Apabila siswa telah mengupload jawaban dari tugas yang diberikan guru maka selanjutnya guru melakukan penilaian berdasarkan jawaban siswa dan memberikan komentar umpan balik kepada siswa seperti pada Gambar 25 berikut.



Gambar 25. Penilaian dan Pemberian Komentar oleh Guru

Siswa dapat melihat nilai hasil pengerjaan tugasnya dan komentar umpan balik dari guru. Hasil penilaian oleh guru yang dilihat oleh siswa adalah seperti pada gambar berikut.



Gambar 26. Hasil Penilaian Tugas Siswa

Pilih	Foto Pengguna	Nama Depan / Nama akhir	Alamat Email	Status	Nilai	Ubah	Last modified (submission)	Online text	File submissions	Submission comments	Last modified (gr)
<input type="checkbox"/>		siswa 6	siswamurid6@gmail.com	Submitted for grading Graded	8,00 / 10,00	Ubah	Senin, 27 Pebruari 2017, 01:06		JWAB.docx	Komentar (0)	Ser Pet 201 01:
<input type="checkbox"/>		siswa 1	siswamurid1@gmail.com	Submitted for grading Graded	10,00 / 10,00	Ubah	Senin, 27 Pebruari 2017, 00:48		JWAB.docx	Komentar (0)	Ser Pet 201 00:
<input type="checkbox"/>		siswa 2	siswamurid2@gmail.com	Submitted for grading Graded	10,00 / 10,00	Ubah	Senin, 27 Pebruari 2017, 01:03		JWAB.docx	Komentar (0)	Ser Pet 201 01:

Gambar 27. Keterangan Tugas Siswa

Fitur tugas yang disediakan diharap dapat membantu guru dalam proses pembelajaran khususnya pada penugasan kepada siswa. Guru dapat mengelola tugas sesuai yang diinginkan, hasil pengerjaan tugas oleh siswa tersimpan dengan baik dan aman pada halaman keterangan tugas siswa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 27 di atas sehingga mengurangi resiko tugas yang hilang atau tercecer seperti yang biasa dialami oleh guru.

Berdasarkan fitur-fitur atau fasilitas yang disediakan pada *e-learning* yang dikembangkan ini, model pembelajaran yang diterapkan guru diharapkan lebih variatif sehingga siswa tidak merasa jenuh dengan model pembelajaran konvensional yang digunakan guru. *E-learning* ini berfungsi sebagai model pembelajaran bersifat suplemen (tambahan) yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajan khususnya pada Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

Selanjutnya dilakukan analisis data hasil evaluasi produk dari ahli *e-learning* dan ahli materi serta data penilaian oleh guru dan siswa. Analisis data hasil evaluasi

produk dari ahli bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan *e-learning* menurut ahli *e-learning* dan ahli materi. Sedangkan analisis data penilaian pengguna bertujuan untuk mengetahui persepsi guru dan siswa terhadap produk *e-learning* yang dikembangkan.

2. Analisis Data Hasil Evaluasi Produk dari Ahli Materi

Ahli materi memberikan saran revisi materi yang disajikan pada *e-learning* harus didukung materi kontekstual yang memadai. Data yang diperoleh dari hasil evaluasi produk oleh ahli materi yang berupa skor dikonversikan ke dalam interval skor skala empat. Berdasarkan data evaluasi produk oleh ahli materi dapat diketahui bahwa skor tertinggi ideal adalah sebesar 84,00 dengan skor terendah ideal adalah sebesar 21,00 dan nilai simpangan baku ideal adalah sebesar 10,50. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Evaluasi Produk oleh Ahli Materi

Interval Skor			Kategori
16.25	$< X \leq$	20.00	Sangat Layak
12.50	$< X \leq$	16.25	Layak
8.75	$< X \leq$	12.50	Cukup Layak
5.00	$< X \leq$	8.75	Kurang Layak

Selanjutnya untuk mengetahui kategori kelayakan produk ditinjau dari setiap aspek maka dilakukan konversi skor skala empat untuk masing-masing aspek. Aspek Kelayakan Isi, Sajian dan Kegrafikan masing-masing dinilai dari 5 butir pernyataan, sehingga dapat diketahui skor tertinggi ideal adalah sebesar 20,00 dengan skor terendah ideal sebesar 5,00 dan simpangan baku ideal sebesar 2,50. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat untuk aspek kelayakan isi, aspek sajian, dan aspek kegrafikan dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Kelayakan Isi, Aspek Sajian, dan Aspek Kegrafikan.

Interval Skor			Kategori
68.25	$< X \leq$	84	Sangat Layak
52.50	$< X \leq$	68.25	Layak
36.75	$< X \leq$	52.5	Cukup Layak
21.00	$< X \leq$	36.75	Kurang Layak

Untuk aspek kebahasaan dinilai dari enam butir pernyataan, sehingga dapat diketahui skor tertinggi ideal sebesar 24,00 dengan skor terendah ideal 6,00 dan simpangan baku ideal sebesar 3,00. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat untuk aspek kebahasaan dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Kebahasaan.

Interval Skor			Kategori
19.50	$< X \leq$	24.00	Sangat Layak
15.00	$< X \leq$	19.50	Layak
10.50	$< X \leq$	15.00	Cukup Layak
6.00	$< X \leq$	10.50	Kurang Layak

Data hasil penilaian produk oleh ahli materi berdasarkan masing-masing aspek yang telah dikonversikan ke dalam kategori kelayakan dapat dilihat pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16. Hasil Penilaian Produk oleh Ahli Materi.

No.	Aspek	Validator		Rerata Skor	Kategori
		Ahli materi 1	Ahli materi 2		
1	Kelayakan Isi	13	17	15	Layak
2	Kebahasaan	16	18	17	Layak
3	Sajian	13	16	14,5	Layak
4	Kegrafikan	15	15	15	Layak
Skor Total		57	66	61,5	Layak

3. Analisis Data Hasil Evaluasi Produk dari Ahli *E-learning*

Data yang diperoleh dari hasil evaluasi produk oleh ahli *e-learning* yang berupa skor dikonversikan ke dalam interval skor skala empat. Berdasarkan data evaluasi produk oleh ahli *e-learning* dapat diketahui bahwa skor tertinggi ideal adalah sebesar 100,00 dengan skor terendah ideal adalah sebesar 25,00 dan nilai simpangan baku ideal adalah sebesar 12,50. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Evaluasi Produk oleh Ahli *E-Learning*.

Interval Skor			Kategori
81.25	$< X \leq$	100.00	Sangat Layak
62.50	$< X \leq$	81.25	Layak
43.75	$< X \leq$	62.50	Cukup Layak
25.00	$< X \leq$	43.75	Kurang Layak

Selanjutnya untuk mengetahui kategori kelayakan produk ditinjau dari setiap aspek maka dilakukan konversi skor skala empat untuk masing-masing aspek. Aspek tampilan dan instruksional masing-masing dinilai dari 8 butir pernyataan, sehingga dapat diketahui skor tertinggi ideal adalah sebesar 32,00 dengan skor terendah ideal sebesar 8,00 dan simpangan baku ideal sebesar 4,00.

Hasil konversi nilai rerata skor skala empat untuk aspek tampilan dan aspek instruksional dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Tampilan dan Aspek Instruksional.

Interval Skor			Kategori
26.00	$< X \leq$	32.00	Sangat Layak
20.00	$< X \leq$	26.00	Layak
14.00	$< X \leq$	20.00	Cukup Layak
8.00	$< X \leq$	14.00	Kurang Layak

Aspek teknis dinilai dari 6 butir pernyataan, sehingga dapat diketahui skor tertinggi ideal sebesar 24,00 dengan skor terendah ideal 6,00 dan simpangan baku ideal sebesar 3,00. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat untuk aspek teknis dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Teknis

Interval Skor			Kategori
19.50	$< X \leq$	24.00	Sangat Layak
15.00	$< X \leq$	19.50	Layak
10.50	$< X \leq$	15.00	Cukup Layak
6.00	$< X \leq$	10.50	Kurang Layak

Untuk aspek pemanfaatan software dinilai dari 3 butir pernyataan, sehingga dapat diketahui skor tertinggi ideal sebesar 12,00 dengan skor terendah ideal 3,00 dan simpangan baku ideal sebesar 1,50. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat untuk aspek pemanfaatan software dapat dilihat pada Tabel 20 di bawah ini.

Tabel 20. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Aspek Pemanfaatan *Software*

Interval Skor			Kategori
9.75	$< X \leq$	12.00	Sangat Layak
7.50	$< X \leq$	9.75	Layak
5.25	$< X \leq$	7.50	Cukup Layak
3.00	$< X \leq$	5.25	Kurang Layak

Data hasil penilaian produk oleh ahli *e-learning* berdasarkan masing-masing aspek yang telah dikonversikan ke dalam kategori kelayakan dapat dilihat pada Tabel 21 berikut.

Tabel 21. Hasil Penilaian Produk oleh Ahli *E-Learning*

No.	Aspek	Validator		Rerata Skor	Kategori
		Ahli 1	Ahli 2		
1	Tampilan	28	23	25,5	Layak
2	Instruksional	28	23	25,5	Layak
3	Teknis	20	19	19,5	Sangat Layak
4	Pemanfaatan <i>Software</i>	9	9	9	Layak
Skor total		85	74	79,5	Layak

4. Analisis Data Hasil Penilaian Guru terhadap *E-Learning*

Data yang diperoleh dari hasil penilaian guru yang berupa skor dikonversikan ke dalam interval skor skala empat. Berdasarkan data penilaian *e-learning* oleh guru dapat diketahui bahwa skor tertinggi ideal adalah sebesar 96,00 dengan skor terendah ideal adalah sebesar 24,00 dan nilai simpangan baku ideal adalah sebesar 12,00. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Penilaian Guru

Interval Skor			Kategori
78.00	$< X \leq$	96.00	Sangat Baik
60.00	$< X \leq$	78.00	Baik
42.00	$< X \leq$	60.00	Cukup Baik
24.00	$< X \leq$	42.00	Kurang Baik

Data hasil penilaian guru terhadap *e-learning* berdasarkan masing-masing aspek yang telah dikonversikan ke dalam kategori kelayakan dapat dilihat pada Tabel 23 berikut.

Tabel 23. Hasil Penilaian Guru terhadap *E-Learning*

No	Aspek	Responden		Rerata Skor	Kategori
		Guru 1	Guru 2		
1	Tampilan	20	18	19	Baik
2	Instruksional	22	22	22	Sangat Baik
3	Teknis	13	12	12.5	Baik
4	Kelayakan Isi	11	11	11	Sangat Baik
5	Kebahasaan	15	15	15	Baik
Skor Total		81	78	79.5	Sangat Baik

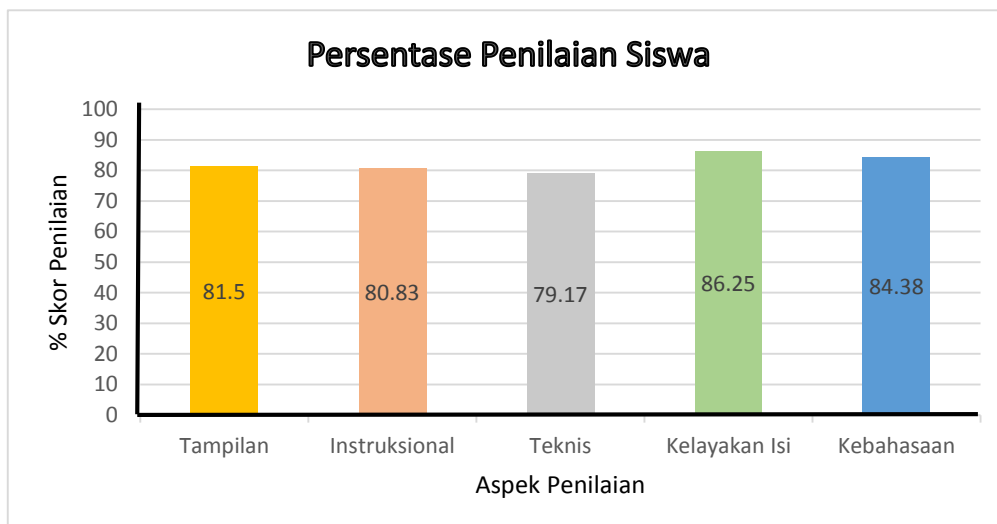
5. Analisis Data Hasil Penilaian Siswa terhadap *E-Learning*

Data yang diperoleh dari hasil penialaian siswa yang berupa skor dikonversikan ke dalam interval skor skala empat. Berdasarkan data penilaian siswa terhadap *e-learning* dapat diketahui bahwa skor tertinggi ideal adalah sebesar 80,00 dengan skor terendah ideal adalah sebesar 20,00 dan nilai simpangan baku ideal adalah sebesar 10,00. Hasil konversi nilai rerata skor skala empat dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Konversi Nilai Rerata Skor Skala Empat Penilaian Siswa.

Interval Skor			Kategori
65.00	$< X \leq$	80.00	Sangat Baik
50.00	$< X \leq$	65.00	Baik
35.00	$< X \leq$	50.00	Cukup Baik
20.00	$< X \leq$	35.00	Kurang Baik

Persentase hasil rata-rata penilaian siswa terhadap *e-learning* berdasarkan masing-masing aspek dapat dilihat pada Gambar 28 berikut.



Gambar 28. Diagram Persentase Penilaian Siswa

B. Kajian Produk

Hasil produk dalam penelitian ini berupa *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik untuk Kelas X Program Keahlian Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik. *E-learning* yang dikembangkan diharapkan mampu menunjang pelaksanaan proses pembelajaran.

1. Tahap Revisi

Revisi produk dilakukan berdasarkan komentar dan saran oleh ahli *e-learning* dan ahli materi ketika melakukan validasi pada produk yang dikembangkan sehingga diharapkan produk yang dibuat layak digunakan dalam penelitian. Berikut saran dan komentar yang diberikan ahli materi dan ahli *e-learning*.

a. Ahli Materi

Ahli materi dari dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY dan guru Program Keahlian Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu memberikan komentar dan saran sebagai berikut.

- 1) Materi sudah sesuai dengan KI dan KD mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.
- 2) Materi yang disajikan masih tekstual, belum didukung dengan materi kontekstual yang memadai.
- 3) Muatan softskill yang meningkatkan minat atau motivasi siswa masih minim.

b. Ahli *E-Learning*

Ahli *e-learning* dari dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY telah memberikan komentar dan saran sebagai berikut.

- 1) Perlu ada penjelasan di halaman utama course, tidak hanya link-link, lebih baik dilengkapi gambar.
- 2) Jangan hanya pptx dibuka di tablet/smartphone sulit.
- 3) Jenis tes atau penilaian belum dijelaskan misal dalam bentuk kuis atau tes yang lain.

2. Produk Akhir

Sesuai dengan saran yang diberikan ahli materi dan *e-learning* pada saat validasi maka dilakukan revisi atau perbaikan terhadap *e-learning* yang dikembangkan. Dari aspek materi yang disajikan dilakukan revisi dengan menambah contoh-contoh konkret dalam kehidupan sehari-hari dengan harapan dapat memberikan dukungan dan penguatan pemahaman siswa dalam menyerap sejumlah materi pembelajaran, serta mampu memperoleh makna dari apa yang mereka pelajari dan mampu menghubungkannya dengan kenyataan hidup sehari-hari.

Dari aspek *e-learning* dilakukan revisi pada halaman course dengan menambah deskripsi pada setiap file yang diunggah, menambah gambar agar lebih

menarik, dan menyajikan slide materi powerpoint yang telah dikonversi menjadi file pdf dengan tujuan pengguna yang mengakses melalui gadget dapat membuka slide materi yang disajikan.

The screenshot shows a web-based learning interface. At the top, there is a header with a logo and the title "Dasar dan Pengukuran Listrik". Below the header, a navigation bar contains "Home" and "Arus dan Potensial Listrik". The main content area is titled "Arus dan Potensial Listrik" and includes the following information:

- Kompetensi Keahlian : T. Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik
- Mata Pelajaran : Dasar dan Pengukuran Listrik
- Kelas/Semester : X/1
- Guru Pengampu : Marjiono, S.Pd

Below this information is an illustration of a teacher in a purple shirt standing at the front of a classroom, holding a yellow folder, and addressing a group of students seated at desks. To the right of the main content is a sidebar with two sections:

- NAVIGASI**: Home, Beranda situs, Halaman situs, Kursus saat ini, **Arus dan Potensial Listrik** (highlighted), Peserta, Badges, General, Kursus Yang Saya Ikuti.
- ADMINISTRASI**: Administrasi kursus, Nilai.

The main content area lists several resources:

- Arus dan Potensial Listrik (PDF icon): Materi Arus dan Potensial Listrik file PDF
- Video Pembelajaran Arus Listrik (Video icon): Simak Video Pembelajaran Arus Listrik by SmarterIndo
- Arus Listrik (PowerPoint icon): Slide materi Arus Listrik
- Arus dan Potensial Listrik (Word icon): Materi Arus dan Potensial Listrik file Document
- Potensial Listrik (PowerPoint icon): Slide materi Potensial Listrik (untuk pengguna gadget)
- Potensial Listrik (PowerPoint icon): Slide materi Potensial Listrik
- Tugas Potensial Listrik (Assignment icon): segera kerjakan tugas berikut
- Quiz Arus Listrik (Quiz icon)
- Quiz Potensial Listrik (Quiz icon)
- Diskusi Materi (Discussion icon)

Gambar 29. Tampilan Revisi Halaman Isi Topik Pelajaran pada *E-Learning*

C. Pembahasan Hasil Penelitian

1. Model *E-Learning* yang Tepat untuk Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

Hasil pengembangan model *e-learning* pada penelitian ini meliputi *layout* atau tata letak konten *e-learning* yang disusun dengan sederhana dan proporsional sehingga mudah dan nyaman diakses. Layout yang sederhana ini didasarkan oleh kriteria *e-learning* yang baik menurut Onno W. Purbo yang dikutip Heri dan Sukirman (2009:32) yaitu unsur sederhana, personal dan cepat. Tampilan dan layout serta sistem yang sederhana akan memudahkan peserta didik dalam memanfaatkan teknologi dan menu yang ada, dengan kemudahan pada panel yang disediakan, akan mengurangi pengenalan sistem *e-learning* itu sendiri, sehingga waktu belajar peserta dapat diefisienkan untuk proses belajar dan bukan pada belajar menggunakan sistem E-learningnya.

Komponen tampilan pada *e-learning* yang disajikan mengacu pada teori yaitu meliputi navigasi, tipografi, warna, dan animasi yang dikombinasikan sedemikian rupa sehingga *e-learning* yang dihasilkan dapat menarik perhatian pengguna dan nyaman digunakan dalam pembelajaran. Selanjutnya pengembangan fitur pada *e-learning* ini dari sekian banyak fitur yang ditawarkan LMS Moodle adalah penyajian materi, kuis, pemberian tugas, dan diskusi. Fitur-fitur yang disajikan tersebut diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran dan mendapat antusias yang baik dari siswa. Fitur-fitur yang disajikan pada *e-learning* yang dikembangkan ini didasarkan pada teori yang dikemukakan Amiroh (2012:1) mengenai kelebihan *LMS Moodle* dibanding *LMS* lain yaitu tersedia modul chat, modul forum, modul kuis, survey, dan lain-lain.

Berdasarkan hasil penelitian Jihad (2015:76) dan Berkah Destri (2015:49) mengenai pengembangan *e-learning*, fitur-fitur yang disajikan pada *e-learning* ini merupakan hasil gabungan dari fitur-fitur yang telah diimplementasikan pada subjek penelitian yang berbeda. Dengan menggabungkan fitur-fitur tersebut diharapkan dapat menghasilkan *e-learning* dengan sarana pendukung aktivitas pembelajaran yang lebih lengkap. Oleh karena itu dengan pertimbangan tiga hal yang meliputi layout, tampilan, dan fitur *e-learning* yang digunakan sebagai dasar untuk menghasilkan suatu model *e-learning* yang tepat digunakan dalam kegiatan pembelajaran mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

2. Kelayakan *E-Learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

Uji kelayakan materi didasarkan pada teori tentang komponen evaluasi bahan ajar oleh Depdiknas (2008) yang mencakup empat aspek yaitu kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafikan. Aspek kelayakan isi berisi tinjauan materi yang disajikan terkait kesesuaian KI/KD, kesesuaian dengan perkembangan siswa, kebenaran substansi materi pembelajaran, dan manfaat untuk penambah wawasan. Aspek kebahasaan berisi tinjauan materi terkait keterbacaan, kejelasan informasi, kesesuaian dengan kaidah bahasa, dan pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien. Aspek sajian berisi tinjauan materi tentang kejelasan tujuan yang ingin dicapai, urutan sajian, pemberian motivasi, dan kelengkapan informasi. Aspek kegrafikan berisi tinjauan materi terkait penggunaan font, tata letak, dan gambar.

Sejalan dengan pendapat tersebut, pada penelitian pengembangan *e-learning* oleh Berkah Destri (2015:55) menjelaskan dalam mengukur kelayakan

suatu materi ditinjau dari aspek isi materi dan kebahasaan. Berdasarkan pendapat tersebut, dalam penelitian ini mengadopsi evaluasi materi yang ditinjau dari empat aspek yaitu yaitu kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafikan. Dari keempat aspek tersebut dapat diketahui tingkat kelayakan materi yang disajikan. Data hasil penilaian ahli materi dapat dilihat pada Tabel 25 berikut.

Tabel 25. Data Hasil Penilaian Kelayakan Materi oleh Ahli

No.	Aspek	Persentase Skor	Kategori
1	Kelayakan Isi	75,00	Layak
2	Kebahasaan	70,83	Layak
3	Sajian	72,50	Layak
4	Kegrafikan	75,00	Layak
Rerata Persentase Skor Total		73,33	Layak

Berdasarkan Tabel 25 di atas dapat diketahui bahwa hasil penilaian ahli materi pada aspek kelayakan isi diperoleh persentase skor 75,00% yaitu dengan skor sebesar 15,00 dari skor maksimum 20,00 dengan kategori "Layak" yang menunjukkan bahwa isi materi yang disajikan telah layak digunakan dalam pembelajaran, aspek kebahasaan diperoleh persentase skor sebesar 70,83% yaitu dengan skor 17,00 dari skor maksimum 24,00 dengan kategori "Layak" yang menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam materi telah layak digunakan untuk pembelajaran, aspek sajian diperoleh persentase skor sebesar 72,50% yaitu dengan skor 14,50 dari skor maksimum 20,00 dengan kategori "Layak" yang menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah layak digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan, dan dari aspek kegrafikan diperoleh persentase skor sebesar 75,00% yaitu dengan skor 15,00 dari rerata skor

maksimum 20,00 dengan kategori "Layak" yang menunjukkan bahwa penggunaan font huruf dan tata letak materi telah layak untuk disajikan.

Selanjutnya berdasarkan rerata persentase skor total yang diperoleh dari keempat aspek tersebut adalah sebesar 73,33% atau dengan skor 61,50 dari rerata skor maksimum 84,00. Maka dapat disimpulkan bahwa materi yang disajikan dalam *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik menurut penilaian ahli materi termasuk ke dalam kategori "**Layak**" digunakan dalam pembelajaran. Penilaian kelayakan materi yang disajikan dalam *e-learning* pada penelitian Berkah Destri juga diperoleh hasil dalam kategori "Layak" dengan skor sebesar 77%.

Uji kelayakan *e-learning* didasarkan pada dua teori yaitu komponen penilaian bahan ajar berbasis TIK oleh Direktorat Pembinaan SMA yang mengacu pada empat aspek yaitu substansi materi, desain pembelajaran, tampilan, dan pemanfaatan software. Teori yang kedua adalah kriteria dalam mereview perangkat lunak media pembelajaran oleh Walker dan Hess yang mencakup kualitas isi dan tujuan, kualitas instruksional, dan kualitas. Dalam penelitian Berkah Destri penilaian kelayakan *e-learning* ditinjau dari tiga aspek penilaian yaitu tampilan, interaktifitas, dan kemanfaatan.

Berdasarkan teori hasil penelitian yang relevan maka disimpulkan aspek penilaian kelayakan *e-learning* yaitu aspek tampilan, instruksional, teknis, dan pemanfaatan software. Dari keempat komponen tersebut dapat diketahui tingkat kelayakan *e-learning* yang dikembangkan. Data hasil penilaian ahli *e-learning* dapat dilihat pada Tabel 26 berikut.

Tabel 26. Data Hasil Penilaian Kelayakan *E-Learning* oleh Ahli

No.	Aspek	Persentase Skor	Kategori
1	Tampilan	79,69	Layak
2	Instruksional	79,69	Layak
3	Teknis	81,25	Sangat Layak
4	Pemanfaatan <i>Software</i>	75	Layak
Rerata Persentase Skor Total		78,91	Layak

Berdasarkan Tabel 26 di atas dapat diketahui bahwa hasil penilaian ahli *e-learning* pada aspek tampilan diperoleh persentase skor sebesar 79,60% dengan skor sebesar 25,50 dari skor maksimum 32,00 dengan kategori "Layak" yang menunjukkan bahwa tampilan pada *e-learning* telah layak untuk disajikan, aspek instruksional diperoleh persentase skor sebesar 79,60% dengan skor 25,50 dari skor maksimum 32,00 dengan kategori "Layak" yang menunjukkan bahwa *e-learning* membantu dalam kegiatan pembelajaran, aspek teknis diperoleh persentase skor sebesar 81,25% dengan skor 19,50 dari skor maksimum 24,00 dengan kategori "Sangat Layak" yang menunjukkan bahwa teknis penggunaan *e-learning* mudah dipahami oleh guru dan siswa, dan dari aspek pemanfaatan *software* diperoleh persentase skor sebesar 75% dengan skor 9,00 dari skor maksimum 12,00 dengan kategori "Layak" yang menunjukkan bahwa dalam pengembangan *e-learning* memanfaatkan *software* yang sesuai.

Selanjutnya berdasarkan rerata persentase skor total yang diperoleh dari keempat aspek tersebut adalah sebesar 78,91% atau dengan skor 79,50 dari rerata skor maksimum 100,00. Maka dapat disimpulkan bahwa aspek *e-learning* untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik menurut penilaian ahli *e-learning* termasuk ke dalam kategori "**Layak**" digunakan dalam pembelajaran.

3. Persepsi Pengguna *E-Learning* Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

Penilaian guru terhadap produk *e-learning* yang dikembangkan diperoleh dari hasil uji coba lapangan. Komponen evaluasi yang digunakan untuk mengetahui persepsi pengguna guru dan siswa yaitu berdasar pada teori yang mencakup aspek materi dan aspek *e-learning*. Aspek tersebut meliputi aspek tampilan, instruksional, teknis, kelayakan isi, dan kebahasaan. Dari kelima komponen tersebut dapat diketahui persepsi guru dan siswa terhadap pembelajaran dengan menggunakan *e-learning*. Sejalan dengan hal tersebut, dalam penelitian pengembangan *e-learning* oleh Berkah Destri dan Jihad menjelaskan dalam mengukur persepsi pengguna terhadap produk *e-learning* yang dikembangkan yaitu menggabungkan aspek materi dan aspek *e-learning* sehingga diperoleh persepsi guru dan siswa yang mencakup penggunaan *e-learning* dalam pembelajaran serta materi yang disajikan. Hasil penilaian guru dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Hasil Penilaian Guru terhadap *E-Learning*

No	Aspek	Persentase Skor	Kategori
1	Tampilan	79,17	Baik
2	Instruksional	91,67	Sangat Baik
3	Teknis	78,13	Baik
4	Kelayakan Isi	91,67	Sangat Baik
5	Kebahasaan	75	Baik
Rerata Persentase Skor Total		82,81	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 27 di atas dapat diketahui bahwa hasil penilaian guru pada aspek tampilan diperoleh persentase skor sebesar 79,17% dengan skor sebesar 19,00 dari skor maksimum 24,00 dengan kategori "Baik" yang menunjukkan bahwa tampilan *e-learning* yang disajikan terlihat baik, aspek

instruksional diperoleh persentase skor sebesar 91,67% dengan skor 22,00 dari skor maksimum 24,00 dengan kategori "Sangat Baik" yang menunjukkan bahwa *e-learning* sangat baik digunakan dalam menunjang kegiatan pembelajaran, aspek teknis diperoleh persentase skor sebesar 78,13% dengan skor 12,50 dari skor maksimum 16,00 dengan kategori "Baik" yang menunjukkan bahwa *e-learning* mudah digunakan, aspek kelayakan isi diperoleh persentase skor sebesar 91,67% dengan skor 11,00 dari skor maksimum 12,00 dengan kategori "Sangat Baik" yang menunjukkan bahwa isi materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran, dan dari aspek kebahasaan diperoleh persentase skor sebesar 75,00% dengan skor 15,00 dari skor maksimum 20,00 dengan kategori "Baik" yang menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam materi sudah baik. Selanjutnya berdasarkan rerata persentase skor total yang diperoleh dari keempat aspek tersebut adalah sebesar 82,81% atau dengan skor 79,50 dari rerata skor maksimum 96,00. Maka dapat disimpulkan bahwa *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik masuk dalam kategori "**Sangat Baik**" untuk digunakan dalam pembelajaran.

Persepsi siswa terhadap produk *e-learning* yang dikembangkan diperoleh dari hasil uji coba lapangan. Angket persepsi siswa terdiri dari penilaian beberapa aspek penilaian. Hasil penilaian siswa dapat dilihat pada Tabel 28.

Tabel 28. Hasil Penilaian Siswa terhadap *E-Learning*

No	Aspek	Persentase Skor	Kategori
1	Tampilan	81,50	Sangat Baik
2	Instruksional	80,83	Baik
3	Teknis	79,17	Baik
4	Kelayakan Isi	86,25	Sangat Baik
5	Kebahasaan	84,38	Sangat Baik
Rerata Persentase Skor Total		82,00	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 28 di atas dapat diketahui bahwa hasil penilaian siswa pada aspek tampilan diperoleh persentase skor sebesar 81,50% dengan skor sebesar 16,30 dari skor maksimum 20,00 dengan kategori "Sangat Baik" yang menunjukkan bahwa tampilan *e-learning* yang disajikan terlihat sangat baik, aspek instruksional diperoleh persentase skor sebesar 80,83% dengan skor 19,40 dari skor maksimum 24,00 dengan kategori "Baik" yang menunjukkan bahwa *e-learning* baik digunakan dalam pembelajaran, aspek teknis diperoleh persentase skor sebesar 79,17% dengan skor 9,50 dari skor maksimum 12,00 dengan kategori "Baik" yang menunjukkan bahwa *e-learning* mudah digunakan, aspek kelayakan isi diperoleh persentase skor sebesar 86,25% dengan skor 6,90 dari skor maksimum 8,00 dengan kategori "Sangat Baik" yang menunjukkan bahwa isi materi yang disajikan mudah dimengerti siswa, dan dari aspek kebahasaan diperoleh persentase skor sebesar 84,38% dengan skor 13,50 dari skor maksimum 16,00 dengan kategori "Sangat Baik" yang menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam materi sudah tepat.

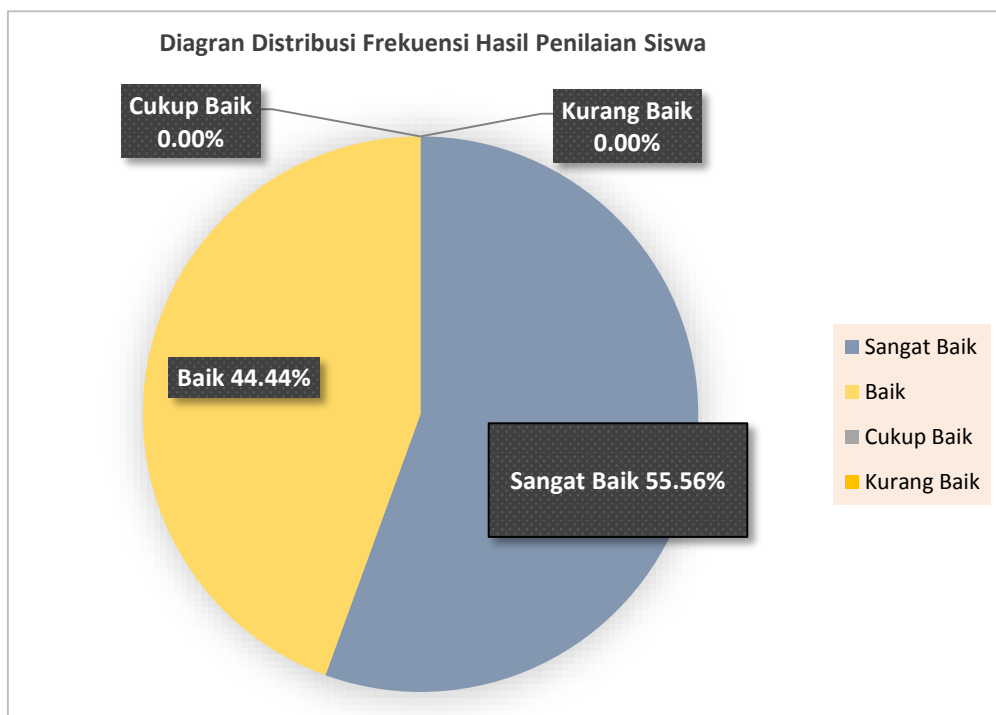
Setelah menghasilkan produk *e-learning* yang dinyatakan layak dan mendapat persepsi yang baik dari pengguna, *e-learning* kemudian dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Berdasarkan Sondang P. Siahaan (2002) yang dikutip Lantip dan Riyanto (2010:223-224) yang membahas mengenai fungsi *e-learning* dalam kegiatan pembelajaran dibedakan menjadi tiga, yaitu (1) suplemen (tambahan), (2) komplemen (pelengkap), (3) substitusi (pengganti), *e-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik pada penelitian ini berfungsi sebagai suplemen atau tambahan dari model pembelajaran yang sudah diterapkan guru.

Berdasarkan data hasil penilaian siswa, dapat disusun Tabel distribusi frekuensi berikut.

Tabel 29. Distribusi Frekuensi Hasil Penilaian *E-Learning* oleh Siswa

Kategori	Skor	Frekuensi	Presentase (%)
Sangat Baik	$65,00 < X \leq 80,00$	15	55,56
Baik	$50,00 < X \leq 65,00$	12	44,44
Cukup Baik	$35,00 < X \leq 50,00$	0	0
Kurang Baik	$20,00 < X \leq 35,00$	0	0
Jumlah		27	100

Berdasarkan Tabel 29 di atas, maka distribusi frekuensi skor total siswa dapat disajikan dalam bentuk diagram yang ditunjukkan pada Gambar 30 berikut.



Gambar 30. Diagram Lingkaran Distribusi Frekuensi Hasil Respon Penilaian Siswa.

Berdasarkan gambar diagram di atas dapat diketahui bahwa 44,44% siswa atau sebanyak 12 siswa menyatakan bahwa *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dalam kategori "Baik" digunakan dalam pembelajaran.

Sedangkan 55,56% atau sebanyak 15 siswa menilai *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dalam kategori "Sangat Baik" digunakan dalam pembelajaran. Selanjutnya berdasarkan rerata persentase skor total yang diperoleh dari keempat aspek tersebut adalah sebesar 82,00% atau dengan skor 65,60 dari rerata skor maksimum 80,00. Maka dapat disimpulkan bahwa *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik masuk dalam kategori "**Sangat Baik**" untuk digunakan dalam pembelajaran.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Model *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik yang tepat digunakan dalam kegiatan pembelajaran meliputi unsur-unsur yaitu tata letak, tampilan, dan fitur yang disajikan. Hasil akhir produk *e-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ini disajikan dengan tampilan dibuat sederhana dan menarik dengan penataan letak konten *e-learning* serta komposisi warna yang sesuai sehingga memudahkan dalam pengoperasian *e-learning*. Fitur-fitur penunjang proses pembelajaran yang disajikan yaitu penyediaan materi dalam beberapa format diantaranya dokumen, pdf, rangkuman slide dengan format pptx, dan video pembelajaran. Terdapat kuis sebagai evaluasi, pengelolaan tugas dan sarana diskusi yang bisa dilakukan baik sesama siswa maupun bersama guru mata pelajaran.
2. Berdasarkan penilaian ahli materi yang ditinjau dari aspek kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafikan diperoleh persentase skor total dari keempat aspek tersebut sebesar 73,33% atau dengan skor 61,50 dari rerata skor maksimum 84,00 dengan kategori "Layak" digunakan dalam pembelajaran. Sedangkan berdasarkan penilaian ahli *e-learning* yang ditinjau dari aspek tampilan, instruksional, teknis dan pemanfaatan *software* diperoleh persentase skor total dari keempat aspek tersebut sebesar 78,91% atau dengan skor 79,50

dari rerata skor maksimum 100,00 dengan kategori "Layak" digunakan dalam pembelajaran.

3. Berdasarkan penilaian guru terhadap *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ditinjau dari aspek tampilan, instruksional, teknis, kelayakan isi, dan kebahasaan diperoleh persentase skor total dari kelima aspek tersebut sebesar 82,81% atau dengan 79,50 dari skor maksimum 96,00 dengan kategori "Sangat Baik" digunakan dalam pembelajaran. Sedangkan berdasarkan penilaian siswa terhadap *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ditinjau dari aspek tampilan, instruksional, teknis, kelayakan isi, dan kebahasaan pada uji coba lapangan adalah 44,44% siswa menyatakan bahwa *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dalam kategori "Baik" dalam pembelajaran dan 55,56% siswa menyatakan bahwa *e-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dalam kategori "Sangat Baik" digunakan dalam pembelajaran. Persentase skor total penilaian siswa diperoleh hasil sebesar 82% atau dengan skor 65,6 dari skor maksimum 80 sehingga masuk dalam kategori "Sangat Baik" untuk digunakan dalam pembelajaran.

B. Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan dalam penelitian dan pengembangan ini adalah sebagai berikut.

1. Pengembangan fitur pada *e-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ini hanya mencakup materi, kuis, tugas, dan diskusi. Fitur yang disediakan LMS Moodle sangat banyak tetapi belum dioptimalkan karena keterbatasan waktu peneliti.

2. Ujicoba *E-learning* mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ini hanya dilakukan dengan dua kali pertemuan dan belum diimplementasikan dengan skala yang lebih luas karena keterbatasan waktu penelitian.

C. Saran

Berdasarkan penelitian ini peneliti memberikan saran berikut.

1. Guru diharapkan dapat mempersiapkan keterampilan siswa sehingga dapat mengikuti perkembangan teknologi yang dimanfaatkan untuk kegiatan pembelajaran.
2. *E-learning* mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik ini perlu diimplementasikan lebih lanjut untuk mengetahui kelemahan dan kekurangannya dalam proses pembelajaran.
3. Materi yang disajikan pada *e-learning* perlu diperkaya dengan dilakukan penambahan animasi atau materi-materi baru yang disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran.
4. Guru diharapkan mampu memanfaatkan *e-learning* Dasar dan Pengukuran Listrik ini dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Amat Jaedun. (2007). "Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan". *Rancang Bangun dan Implementasi Web Based Learning untuk Meningkatkan Pencapaian Kompetensi Mahasiswa Bidang Aplikasi Komputer melalui E-Learning UNY*. 16, (2), 187-208.
- Amiroh. (2012). *Membangun E-Learning dengan LMS Moodle*. Sidoarjo: Genta Group Production.
- Berkah Destri P. (2015). *Pengembangan E-Learning pada Mata Pelajaran Simulasi Digital Paket Keahlian Teknik Mekatronika di SMK*. Skripsi. FT, Pendidikan Teknik Mekatronika, UNY.
- Cecep Kustandi dan Bambang Sutjipto. (2011). *Media Pembelajaran Manual dan Digital Edisi Kedua*. Bogor : Ghalia Indonesia.
- Deni Darmawan. (2014). *Pengembangan E-Learning*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Depdiknas. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Depdiknas.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas (SMA). (2010). *Panduan Penyusunan Bahan Ajar Berbasis TIK*.
- Djamarah, Zain. (2006). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Emzir. (2012). *Metodologi Penelitian Pendidikan: Kuantitatif dan Kualitatif*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- Herry Fitriyadi. (2013). "Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan". *Integrasi Teknologi Informasi Komunikasi dalam Pendidikan: Potensi Manfaat,*

Masyarakat Berbasis Pengetahuan, Pendidikan Nilai, Strategi Implementasi dan Pengembangan Profesional. 21, (3), 269-284.

Heri Trilugan dan Sukirman. (2009). "Jurnal Ilmu Pendidikan". *Pengembangan Sistem Pembelajaran Online Berbasis Moodle di Jurusan Kurikulum dan Teknologi Pendidikan Universitas Negeri Semarang.* 38, (1), 27-34.

Herman Dwi Surjono. (2011). *Membangun Course E-Learning Berbasis Moodle.* Yogyakarta: UNY Press.

Heru Amrul Mu'arif dan Herman Dwi Surjono. (2016). "Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan". *Pengembangan E-Learning Berbasis Pendekatan Ilmiah pada Mata Pelajaran IPA di SMP Negeri 5 Yogyakarta.* 3, (2), 195-206.

Horton William. (2006). *E-Learning by Design.* San Fansisco: Pfeiffer.

Jihad Falqianas Akbar. (2015). *Pengembangan E-Learning Berbasis Moodle untuk Siswa Kelas XI Teknik Kendaraan Ringan di SMK Piri 1 Yogyakarta.* Skripsi. FT, Pendidikan Teknik Otomotif, UNY.

Jogiyanto, H.M. (2007). *Pembelajaran Metode Kasus untuk Dosen dan Mahasiswa.* Yogyakarta: CV. Andi Offset

Kimpul Endoro dan Mukminan. (2016). "Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan". *Pengembangan Multimedia Pembelajaran Kartografi pada Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial UNY.* 3, (2), 207-220.

Lantip Diat Prasajo, Riyanto. (2011) *Teknologi Informasi Pendidikan.* Yogyakarta : Gava Media.

Nusa Putra. (2015). *Research and Development Penelitian dan Pengembangan: Suatu Pengantar.* Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.

- Robert Branch Maribe. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. USA: Springer.
- Romi Satrio Wahono. (2006). *Aspek dan Kriteria Penilaian Media Pembelajaran*. Diakses dari <http://romisatriawahono.net/2006/06/21/aspek-dan-kriteria-penilaian-media-pembelajaran/>. Pada tanggal 3 Maret 2016, pukul 08.00 WIB.
- Rooijackers. 1991. *Mengajar Dengan Sukses*. Jakarta : PT. Grafindo
- Ruseffendi, E. T. 2005. *Dasar-dasar Matematika Modern dan Komputer untuk Guru Edisi 5*. Bandung: Tarsito.
- Rusman dkk. (2011). *Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi: Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta : Rajagrafindo Persada
- Sudaryono dkk. (2013). *Pengembangan Instrumen Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2013). *Statistik untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi Arikunto. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Suharsimi Arikunto. (2013). *Dasar – Dasar Evaluasi Pendidikan Edisi 2*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sukardi. (2013). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Sutopo, Ariesto Hadi. (2012). *Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Tim TAS FT UNY. (2013). *Pendoman Penyusunan Tugas Akhir Skripsi*. Yogyakarta: UNY.

Titin Hera Widi Handayani dan Ichda Chayati. (2010). "Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan". *Pemanfaatan Sumber Belajar Internet untuk Meningkatkan Kreativitas Penyajian pada Mata Kuliah Pengolahan Makanan Oriental*. 19, (2), 211-234.

W.J.S. Poerwadarminta. (1985). *Kamus Umum Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.

Wina Sanjaya. 2008. *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*. Bandung. Kencana Prenada Media Group.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

KI/KD, Silabus dan Materi Ajar

Lampiran 1.a. Silabus Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

Lampiran 1.b. Materi Ajar Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

Lampiran 1 a. Silabus

Satuan Pendidikan : SMK

Program keahlian : Teknik Ketenagalistrikan

Mata Pelajaran : Dasar dan Pengukuran Listrik

Kelas /Semester : X

Kompetensi Inti:

KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

KI 3 : Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
Semester 1					
1.1. Menyadari sepenuhnya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam melaksanakan					

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
<p>pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik</p> <p>1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik</p>					
<p>2.1. Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik.</p> <p>2.2. Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam melaksanakan</p>					

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
<p>pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik.</p> <p>2.3. Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang dasar dan pengukuran listrik.</p>					
<p>3.1. Menerapkan konsep listrik yang berkaitan dengan gejala fisik arus dan potensial listrik.</p> <p>4.1. Mendemonstrasikan konsep listrik (arus dan potensial listrik)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Arus listrik • potensial listrik 	<p>Mengamati: Mengamati gejala fisik muatan listrik, arus elektron, arus listrik dan potensial listrik.</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang konsep listrik</p> <p>Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : konsep listrik</p> <p>Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan hubungan</p>	<p>Kinerja: Pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang rangkaian listrik arus searah</p> <p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan: konsep listrik.</p> <p>Portofolio: Laporan penyelesaian tugas</p>	10 JP	<ul style="list-style-type: none"> • Buku Rangkaian Listrik, Schaum Series , Yosep Ed Minister • Buku Rangkaian Listrik, William Hayt <p>Buku referensi dan artikel yang sesuai</p>

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		<p>antara muatan listrik, arus listrik, dan potensial listrik, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan penerapan konsep listrik</p> <p>Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: muatan listrik, arus listrik dan muatan listrik secara lisan dan tulisan</p>	<p>Tugas: Memeriksa gejala fisik muatan listrik, arus listrik, dan potensial listrik</p>		
<p>3.2. Menentukan bahan-bahan listrik</p> <p>4.2. Memeriksa bahan-bahan listrik</p>	<p>Bahan-bahan listrik</p> <ul style="list-style-type: none"> - konduktor - isolator - bahan semikonduktor 	<p>Mengamati: Mengamati bahan-bahan listrik dari segi jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilainya</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilainya</p> <p>Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilainya</p> <p>Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilainya</p>	<p>Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilainya</p> <p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilai konduktor, isolator, dan semikonduktor.</p> <p>Portofolio: Laporan penyelesaian tugas Tugas:</p>	10 JP	<ul style="list-style-type: none"> • Buku Rangkaian Listrik, Schaum Series , Yosep Ed Minister • Buku Rangkaian Listrik, William Hayt <p>Buku referensi dan artikel yang sesuai</p>

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		<p>Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil faktualisasi tentang: jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilainya</p>	<p>Memeriksa jenis, bahan dasar, konstruksi dan pengemasan, dimensi, ukuran dan penentuan nilai konduktor, isolator, dan semikonduktor</p>		
<p>3.3. Menentukan sifat elemen pasif dalam rangkaian listrik arus searah dan peralihan</p> <p>3.3. Memeriksa sifat elemen pasif dalam rangkaian listrik arus searah dan peralihan</p>	<p>• Elemen pasif rangkaian listrik</p> <ul style="list-style-type: none"> - resistor dan resistansi - induktor dan induktansi - kapasitor dan kapasitansi <p>• Memeriksa Rangkaian resistor</p> <ul style="list-style-type: none"> - seri - paralel - kombinasi - Hukum Ohm - Hukum Kirchoff <p>• Memeriksa Rangkaian Peralihan Seri RC</p>	<p>Mengamati: Mengamati gejala fisik elemen pasif, dan parameter rangkaian dalam rangkaian listrik arus searah dan peralihan serta daya dan energi listrik</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang gejala fisik elemen pasif, dan parameter rangkaian dalam rangkaian listrik arus searah dan peralihan serta daya dan energi listrik</p> <p>Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : gejala fisik elemen pasif, dan parameter rangkaian dalam rangkaian listrik arus searah dan peralihan.</p> <p>Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : gejala fisik elemen pasif, dan parameter rangkaian dalam rangkaian listrik arus searah dan peralihan .</p>	<p>Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang rangkaian listrik arus searah</p> <p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan: elemen pasif dan elemen aktif serta parameter rangkaian listrik arus searah.</p> <p>Portofolio: Laporan penyelesaian tugas Tugas: Memeriksa parameter rangkaian listrik arus searah</p>	3 x 10 JP	<ul style="list-style-type: none"> • Buku Rangkaian Listrik, Schaum Series , Yosep Ed • Menteri Buku Rangkaian Listrik, William Hayt Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		<p>Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: gejala fisik elemen pasif, dan parameter rangkaian dalam rangkaian listrik arus searah dan peralihan secara lisan dan tulisan</p>			
<p>3.4. Menerapkan Teorema Rangkaian Listrik arus searah</p> <p>4.4. Menganalisis Rangkaian listrik Arus searah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Teorema Superposisi • Teorema Dua kutub • Transfer daya maksimum • Teori Maxwell • Transformasi star-delta dan sebaliknya • Jembatan Wheatstone 	<p>Mengamati: Mengamati berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya maksimum dan transformasi star-delta</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya maksimum dan transformasi star-delta</p> <p>Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya maksimum dan transformasi star-delta</p> <p>Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya</p>	<p>Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya maksimum dan transformasi star-delta</p> <p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan: berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya maksimum dan transformasi star-delta</p> <p>Portofolio: Laporan</p>	3 x 10 JP	<ul style="list-style-type: none"> • Buku Rangkaian Listrik, Schaum Series , Yosep Ed Minister • Buku Rangkaian Listrik, William Hayt <p>Buku referensi dan artikel yang sesuai</p>

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		<p>maksimum dan transformasi star-delta</p> <p>Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya maksimum dan transformasi star-delta secara lisan dan tulisan</p>	<p>penyelesaian tugas</p> <p>Tugas: Menganalisis berbagai teorema rangkaian listrik arus searah, meliputi rangkaian jembatan, superposisi, dua kutub, transfer daya maksimum dan transformasi star-delta</p>		
<p>3.5. Menentukan daya dan konsumsi energi listrik</p> <p>3.5. Memeriksa daya dan konsumsi energi listrik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daya listrik • Energi listrik 	<p>Mengamati: Mengamati fenomena daya dan konsumsi energi listrik</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang daya dan konsumsi energi listrik</p> <p>Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang daya dan konsumsi energi listrik</p> <p>Mengasosiasi: Mengolah data dan menentukan hubungannya, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan daya dan konsumsi energi listrik</p>	<p>Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang konsep dan feneomena daya dan energi listrik</p> <p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait konsep dan fenomena daya dan energi listrik.</p> <p>Portofolio: Laporan penyelesaian tugas Tugas: Memeriksa nilai daya dan energi</p>	10 JP	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: daya dan energi listrik secara lisan dan tulisan	Isitrik		
3.6. Menentukan kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan listrik 4.6. Mengoperasikan Alat ukur arus dan tegangan listrik	1. Pembacaan nilai ukur 2. Kondisi operasi Pengukuran arus dan tegangan - besi putar, - kumparan putar, - desain ampermeter - desain voltmeter	Mengamati: Mengamati kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter. Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter. Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter. Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan nilai ukur dan ketelitiannya selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter. Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil pengukuran besaran listrik terkait dengan kondisi operasi pengukuran arus dan	Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter. Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan: elemen kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter. Portofolio: Laporan penyelesaian tugas Tugas: Memeriksa kondisi	2 x 10 JP	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter.	operasi pengukuran arus dan tegangan, meliputi prinsip alat ukur besi putar, kumparan putar, desain ampermeter dan desain voltmeter.		
<p>3.7. Menentukan kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya</p> <p>4.7. Memeriksa kondisi pengukuran daya, energi, dan faktor daya listrik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran daya listrik <ul style="list-style-type: none"> -elektrodinamis -desain wattmeter - pengukuran daya tiga fasa • Pengukuran energi listrik <ul style="list-style-type: none"> - Ferraris - induksi • Pengukuran daya reaktif dan faktor daya 	<p>Mengamati: Mengamati kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi prinsip elektrodinamis, disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi prinsip elektrodinamis, disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p> <p>Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi prinsip elektrodinamis, disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p> <p>Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan nilai ukur dan ketelitiannya selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi</p>	<p>Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi prinsip elektrodinamis, disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p> <p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan: kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi prinsip elektrodinamis,</p>	2 x 10 JP	

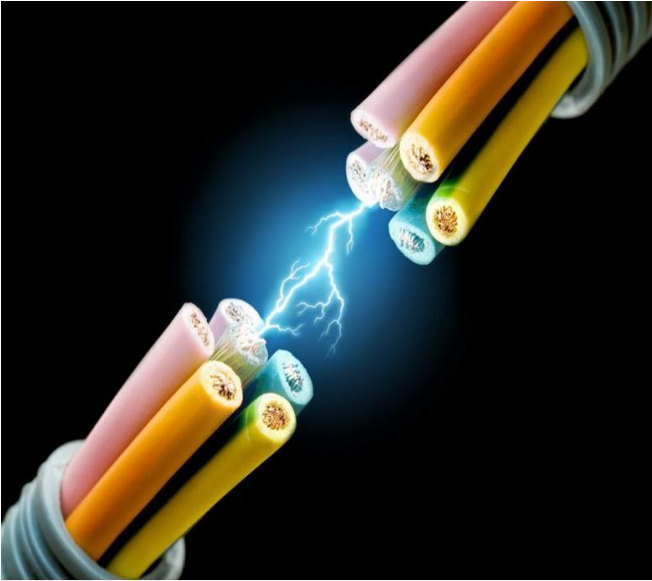
Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		<p>prinsip elektrodinamis, disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p> <p>Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil pengukuran besaran listrik terkait dengan Pembacaan nilai ukur dari alat ukur analog dan digital, kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi prinsip elektrodinamis, disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p>	<p>disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p> <p>Portofolio: Laporan penyelesaian tugas</p> <p>Tugas: Memeriksa kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya, meliputi prinsip elektrodinamis, disain wattmeter, pengukuran daya tiga fasa, prinsip alat ukur ferraris, dan induksi</p>		
<p>3.8. Menentukan kondisi operasi pengukuran tahanan (resistan) listrik</p> <p>4.8. Mengoperasikan Alat ukur tahanan listrik</p>	<p>Pengukuran tahanan listrik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ohmmeter <ul style="list-style-type: none"> - Ohmmeter seri - Ohmmeter paralel • Jembatan wheatstone 	<p>Mengamati: Mengamati kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p> <p>Mengeksplorasi:</p>	<p>Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek di dalam laboratorium tentang kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p>	10 JP	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		<p>Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p> <p>Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan nilai ukur dan ketelitiannya selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p> <p>Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil pengukuran besaran listrik terkait dengan kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p>	<p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan: kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p> <p>Portofolio: Laporan penyelesaian tugas</p> <p>Tugas: kondisi operasi pengukuran tahanan listrik dengan ohmmeter dan jembatan wheatstone</p>		
<p>3.9. Menentukan kondisi operasi oskiloskop</p> <p>4.9. Mengoperasikan oskilsokop</p>	<p>Oskiloskop analog</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pemancar elektron - Penguat vertikal - Penguat horisontal - Generator waktu - Trigerring dan bias waktu <p>Oskiloskop digital</p> <ul style="list-style-type: none"> - ADC - DAC - Penyimpan elektronik 	<p>Mengamati: Mengamati kondisi operasi oskiloskop untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous.</p> <p>Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: kondisi operasi oskiloskop untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous.</p> <p>Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab</p>	<p>Kinerja: pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek kondisi operasi oskiloskop untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous.</p> <p>Tes: Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan: kondisi operasi oskiloskop</p>	10 JP	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	Pengukuran dengan Oskiloskop - Pengukuran tegangan DC - Pengukuran tegangan AC, periode, dan frekuensi - Pengukuran arus AC - Pengukuran Beda Fasa - Metoda Lissajous	pertanyaan yang diajukan tentang : kondisi operasi oskiloskop untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous. Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menentukan nilai ukur dan ketelitiannya selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : kondisi operasi oskiloskop untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous. Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil pengukuran besaran listrik terkait dengan kondisi operasi oskiloskop untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous.	untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous. Portofolio: Laporan penyelesaian tugas Tugas: kondisi operasi oskiloskop untuk pengukuran tegangan DC, tegangan dan arus AC, beda fasa dan metoda lissajous.		
3.10. Menentukan peralatan ukur listrik untuk mengukur besaran listrik 4.10. Mendemonstrasikan penggunaan peralatan ukur listrik untuk mengukur besaran- besaran listrik	- Pengukuran besaran listrik: - terminologi - sistem satuan - Kerja Proyek	Mengamati: Mengamati terminologi yang digunakan dalam pengukuran besaran listrik dan sistem satuan yang digunakan dalam pengukuran listrik Menanya: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: terminologi yang digunakan dalam pengukuran besaran listrik dan sistem satuan yang digunakan dalam pengukuran listrik Mengeksplorasi: Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : terminologi yang	Kinerja: Pengamatan sikap kerja dan kegiatan praktek menggunakan alat ukur listrik Tes: Tes tertulis mencakupi prinsip dan penggunaan alat ukur listrik Tugas: Kerja proyek Pengukuran besaran listrik	3 x 10 JP	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		<p>digunakan dalam pengukuran besaran listrik dan sistem satuan yang digunakan dalam pengukuran listrik serta melakukan percobaan pengukuran listrik melalui kerja proyek</p> <p>Mengasosiasi: Mengategorikan data dan menafsirkan, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan hasil kerja proyek yang dilakukannya</p> <p>Mengomunikasikan: Menyampaikan hasil kerja proyek tentang: pengukuran arus, tegangan, daya, faktor daya, dan energi listrik secara lisan dan tulisan</p>	<p>Portofolio: Laporan kegiatan belajar secara tertulis dan presentasi hasil kegiatan belajar</p>		

LAMPIRAN 1 B. MATERI AJAR



ARUS & POTENSIAL LISTRIK

DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK

Rudy Rachida

ARUS LISTRIK

Dalam mata pelajaran IPA SMP, kalian telah belajar tentang energi dan sumber energi. Tentunya kalian masih ingat apakah energi itu? Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (kerja) atau melakukan suatu perubahan. Sumber energi adalah segala sesuatu yang menghasilkan energi, yang diklasifikasi menjadi sumber energi yang terbarukan dan sumber energi tidak terbarukan. Energi memiliki berbagai bentuk seperti energi potensial, energi kinetik, energi mekanik, energi listrik, dan lain lain. Sesuai dengan hukum kekekalan energi, energi tidak dapat dihilangkan, tetapi hanya dapat dipindahkan atau diubah menjadi energi lain. Pada kegiatan belajar ini, kalian akan memperdalam tentang energi listrik, dengan menyelami fenomena listrik statis dan listrik dinamis.

1. Konsep Arus Listrik

Listrik merupakan cabang ilmu fisika menyangkut fenomena alam. Sehingga untuk memperdalam energi listrik, maka perlu menyelami fenomena alam yang dikenal dengan listrik statis. Listrik dapat diketahui hanya melalui dampak atau efek yang ditimbulkan oleh muatan listrik, arus listrik, medan listrik, dan magnet listrik.

1.1. Fenomena Listrik Statis

Listrik statis (dalam bahasa Inggris disebut *electrostatic*) adalah ilmu yang mempelajari pengumpulan muatan listrik dan sifat-sifatnya pada suatu benda. Jika dilihat dari asal katanya, kata listrik diikuti dengan kata "statis" yang berarti "diam". Hal ini mengisyaratkan bahwa listrik statis berkaitan dengan gejala kelistrikan yang diam atau tidak mengalir. Listrik statis tidak dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain, melainkan hanya menyala sekejap di satu tempat. Jadi, listrik statis tidak dapat menghasilkan arus listrik.

Dalam kehidupan sehari-hari, seringkali kita melihat dan bahkan merasakan adanya fenomena listrik statis (elektrostatik). Salah satu fenomena listrik yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah petir. Petir terjadi akibat adanya beda potensial yang sangat tinggi antara awan dengan bumi. Awan di angkasa penuh dengan muatan negatif (elektron), sedangkan bumi penuh dengan muatan positif. Oleh karena beda potensial yang sangat tinggi antara awan

dengan bumi menyebabkan kuat medan antara awan dengan bumi sangat besar. Kuat medan yang sangat besar ini akan memberikan energi bagi elektron untuk mencari muatan positif yang ada di bumi.

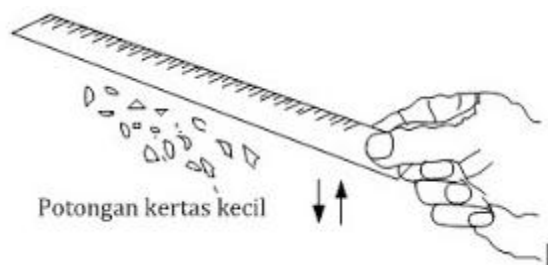


Gambar 1. Fenomena petir

[http://www.instalasi jaringan.com/penangkal-petir-\(listrik%20statis\).html](http://www.instalasi jaringan.com/penangkal-petir-(listrik%20statis).html)

Peristiwa listrik statis terjadi setelah adanya materi yang menjadi bermuatan karena proses gesekan (gosokan). Diistilahkan dengan *charging by friction*, atau menjadi bermuatan karena gesekan. Gesekan atau gosokan antara dua materi ini akan membuat elektron dari atom materi yang satu berpindah ke atom materi yang lain, sehingga kedua materi menjadi bermuatan. Materi yang melepaskan elektronnya, menjadi bermuatan positif, sebaliknya bermuatan negatif. Jadi, perpindahan elektron pada peristiwa listrik statis terjadi karena proses gesekan atau gosokan.

Setelah materi menjadi bermuatan listrik maka terjadilah peristiwa listrik statis, seperti penggaris plastik bermuatan menarik serpihan kertas. Penggaris plastik yang awalnya tidak bermuatan atau netral digosok-gosok dengan kain wol, elektron-elektron yang ada pada kain wol akan berpindah ke penggaris plastik tersebut. Akibatnya, penggaris plastik disebut sebagai benda yang bermuatan listrik negatif. Ketika penggaris tersebut didekatkan ke sobekan kertas, sobekan kertas akan tertarik oleh penggaris. Hal tersebut menunjukkan bahwa benda yang bermuatan listrik negatif dapat menarik benda-benda ringan di sekitarnya yang bermuatan listrik positif.

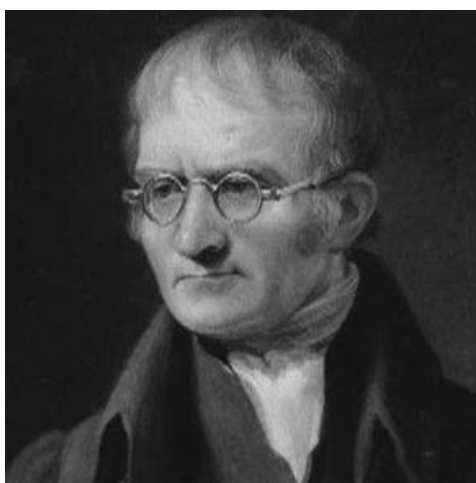


Gambar 2. Penggaris menarik potongan kertas

<http://thufailpalestine.blogspot.co.id/2012/07/listrik-statis.html>

1.2 Teori Atom dan Muatan Listrik

Istilah “atom” pertama kali digunakan oleh kimiawan asal Inggris bernama John Dalton (1766-1844) ketika ia mengajukan teori atomnya pada tahun 1807.



Gambar 3. John Dalton

<https://chemistryed.wordpress.com/2012/11/23/teori-atom-dalton/>

Dalton mengatakan bahwa semua unsur kimia tersusun atas partikel-partikel yang sangat kecil, yang disebut atom, yang tidak bisa pecah saat zat-zat kimianya direaksikan. Satu lagi pendapatnya yaitu semua reaksi kimia merupakan akibat saling bergabungnya atau terpisahnya atom-atom. Teori atom Dalton menjadi dasar untuk ilmu pengetahuan modern.

Suatu zat terdiri atas partikel-partikel kecil yang disebut atom. Atom berasal dari kata atomos, yang artinya tidak dapat dibagi-bagi lagi. Tetapi, dalam perkembangannya ternyata atom ini masih dapat diuraikan lagi. Atom terdiri atas dua bagian, yaitu inti atom dan kulit atom. Inti

atom bermuatan positif, sedangkan kulit atom terdiri atas partikel-partikel bermuatan negatif yang disebut elektron. Inti atom tersusun dari dua macam partikel, yaitu proton yang bermuatan positif dan neutron yang tidak bermuatan (netral).

Proton mempunyai massa $1,66 \times 10^{-27}$ kg dan elektron massanya $9,1 \times 10^{-31}$ kg. sebuah elektron mempunyai muatan listrik sebesar $1,602 \times 10^{-19}$ coulomb. $1 \text{ coulomb} = 6,24 \times 10^{18}$ elektron.

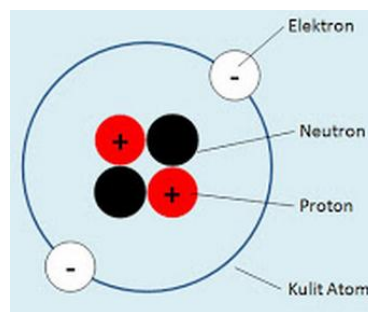
Nukleus terletak pada pusat atom, oleh karena itu sering disebut sebagai inti atom. Nukleus terdiri dari proton dan neutron. Muatan listrik yang dimiliki oleh proton sama dengan muatan yang dimiliki oleh elektron tetapi berbeda polaritas.

- Muatan 1 elektron = $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb
- Muatan 1 proton = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb

Muatan listrik dari suatu benda ditentukan oleh jumlah proton dan elektronnya.

- a. Bila benda kelebihan elektron ($\sum \text{elektron} > \sum \text{proton}$), maka benda bermuatan negatif.
- b. Bila benda kekurangan elektron ($\sum \text{elektron} < \sum \text{proton}$), maka benda bermuatan positif.
- c. Bila $\sum \text{elektron} = \sum \text{proton}$, maka benda tidak bermuatan (netral).

Suatu atom dikatakan netral apabila di dalam intinya terdapat muatan positif (proton) yang jumlahnya sama dengan muatan negatif (elektron) pada kulitnya.

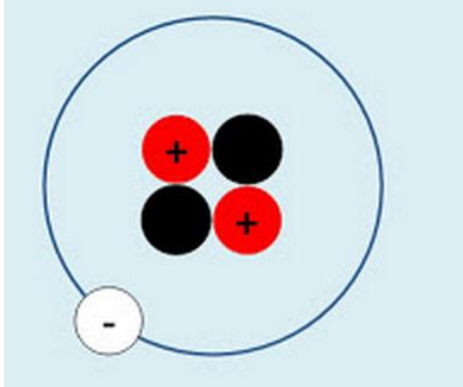


Gambar 4. Struktur Atom

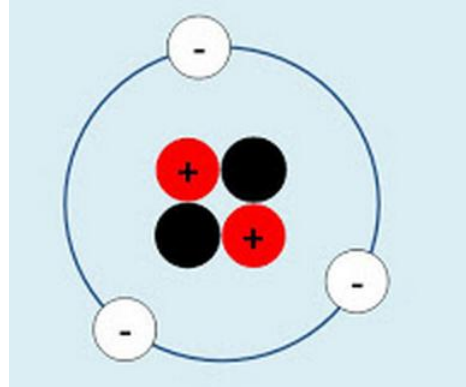
<http://fisianal.blogspot.co.id/2013/07/teori-atom.html>

Suatu atom dikatakan bermuatan positif apabila jumlah muatan positif (proton) pada inti lebih banyak daripada muatan negatif (elektron) pada kulit atom yang mengelilinginya. Suatu

atom dikatakan bermuatan negatif apabila jumlah muatan positif (proton) pada inti lebih sedikit daripada jumlah muatan negatif (elektron) pada kulit atom.



Gambar 5. Atom Bermuatan Positif



Gambar 6. Atom Bermuatan Negatif

1.3 Hukum Coulomb

Seorang fisikawan berkebangsaan Perancis bernama Charles Augustin de Coulomb pada tahun 1785, pertama kali yang meneliti hubungan gaya listrik dengan dua muatan dan jarak antara keduanya dengan menggunakan sebuah neraca puntir. Oleh karena itu untuk mengenang jasa Charles A. de Coulomb, namanya digunakan untuk satuan internasional muatan listrik, yaitu coulomb (C).

Hukum Coulomb berbunyi “besar gaya tolak menolak atau gaya tarik-menarik antara dua benda bermuatan listrik, berbanding lurus dengan besar masing-masing muatan listrik dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda bermuatan”.

Gaya Coulomb (F_c) merupakan gaya tarik menarik atau gaya tolak-menolak antara dua muatan listrik. Apabila dua muatan yang berdekatan jenis muatannya sama, maka gaya coulomb berupa gaya tolak-menolak. Sebaliknya, dua muatan yang berdekatan jenis muatannya berbeda maka gaya coulomb berupa gaya tarik-menarik.

Secara matematik Hukum Coulomb dirumuskan:

$$F_c: k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Dengan:

F_c = gaya tolak menolak atau gaya tarik menarik dalam satuan newton (N)

Q_1 = besar muatan pertama dalam satuan coulomb (C)

Q_2 = besar muatan kedua dalam satuan coulomb (C)

r = jarak antara dua benda bermuatan dalam satuan meter (m)

k = konstanta pembanding besarnya $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Contoh Soal

Dua muatan sejenis besarnya $+2 \times 10^{-6} \text{ C}$ dan $+6 \times 10^{-4} \text{ C}$. Jika jarak kedua muatan 6 cm, berapakah gaya Coulomb yang dialami kedua muatan ...

Penyelesaian

Diketahui : $Q_1 = +2 \times 10^{-6} \text{ C}$

$Q_2 = +6 \times 10^{-4} \text{ C}$.

$r = 6 \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$

Ditanya : F_c

Jawab : $F_c = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

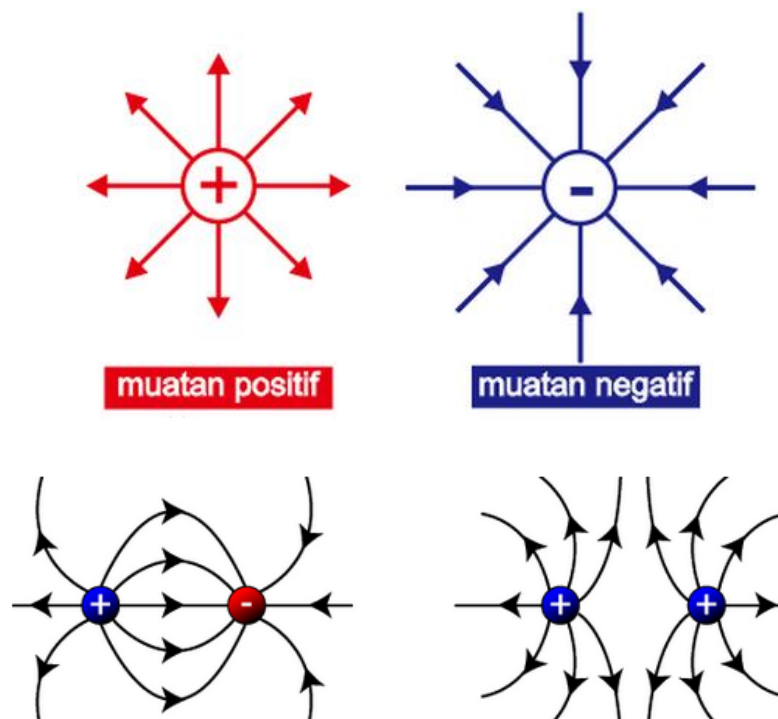
$$F_c = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-4}}{(6 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_c = 9 \times 10^9 \frac{9 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-4}}{36 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^3 \text{ N}$$

1.4 Medan Listrik

Setelah memahami muatan listrik selanjutnya kita membahas tentang medan listrik. Sebuah muatan listrik dikatakan memiliki medan listrik di sekitarnya. Medan listrik adalah daerah di sekitar benda bermuatan listrik yang masih mengalami gaya listrik. Jika muatan lain berada di dalam medan listrik dari sebuah benda bermuatan listrik, muatan tersebut akan mengalami gaya listrik berupa gaya tarik atau gaya tolak yang disebut sebagai gaya Coulomb.

Arah medan listrik dari suatu benda bermuatan listrik dapat digambarkan menggunakan garis-garis gaya listrik. Sebuah muatan positif memiliki garis gaya listrik dengan arah keluar dari muatan tersebut. Adapun, sebuah muatan negatif memiliki garis gaya listrik dengan arah masuk ke muatan tersebut.



Gambar 7. Arah medan listrik

<http://rumushitung.com/2014/06/29/medan-listrik-fisika-sma/>

Besar medan listrik dari sebuah benda bermuatan listrik dinamakan kuat medan listrik. Jika sebuah muatan uji q' diletakkan di dalam medan listrik dari sebuah benda bermuatan, kuat

medan listrik (E) benda tersebut adalah besar gaya listrik (F) yang timbul diantara keduanya dibagi besar muatan uji (q). Jadi, dituliskan:

$$E : \frac{F}{q}$$

Adapun kuat medan listrik dari sebuah benda bermuatan listrik q di suatu titik yang berjarak r dari benda tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E : k \frac{q}{r^2}$$

Dengan :

E = kuat medan listrik (N/C)

F = gaya Coulomb (N)

q = muatan uji (C)

k = konstanta pembanding yang besarnya $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

r = jarak titik yang ditinjau (m)

Contoh soal:

1. Sebuah muatan uji $+25 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ diletakkan dalam sebuah medan listrik. Jika gaya yang bekerja pada muatan uji tersebut adalah 0,5 N. Berapa besar medan listrik pada muatan uji tersebut?

Pembahasan:

Diketahui : $F = 0,5 \text{ N}$

$q = +25 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

Ditanyakan: $E = \dots?$

Jawab : $E = F/q$

$= 0,5/25 \cdot 10^{-5} = 5 \times 10^4 / 25 = \mathbf{2000 \text{ N/C}}$

2. Titik A berada pada jarak 5 cm dari muatan $+10 \mu\text{C}$. Besar dan arah medan listrik pada titik A adalah... ($k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$)

Pembahasan

Diketahui : Muatan listrik (q) = $+10 \mu\text{C} = +10 \times 10^{-6} \text{ C}$

Jarak antara titik A dan muatan listrik (r_A) = $5 \text{ cm} = 0,05 \text{ meter} = 5 \times 10^{-2} \text{ meter}$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

Ditanya : Besar dan arah medan listrik pada titik A

Jawab :

Rumus kuat medan listrik :

$$E : k \frac{q}{r_A^2}$$

Kuat medan listrik di titik A:

$$E = (9 \times 10^9) \frac{(10 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-2})^2} = \frac{90 \times 10^3}{25 \times 10^{-4}}$$

$$E = 3,6 \times 10^7 \text{ N/C}$$

Arah medan listrik di titik A : Muatan listrik positif maka arah medan listrik menjauhi muatan listrik dan menjauhi titik A.

1.5 Arus Listrik

Dalam pembahasan listrik statis dipelajari tentang partikel yang bermuatan listrik di dalam atom, yaitu elektron dan proton. Elektron adalah pembawa muatan listrik negatif yang dapat digunakan untuk menjelaskan terjadinya arus listrik dan proton pembawa muatan positif.

Listrik dinamis adalah ilmu yang mempelajari tentang listrik yang mengalir. Pada listrik statik, muatan listrik yang telah dipelajari itu pada umumnya tidak mengalir sama sekali atau kalau ada juga aliran, maka aliran tersebut berlangsung sangat singkat dan sangat kecil sehingga tak dapat ditunjukkan dengan alat pengukur arus.

Seperti yang telah kita ketahui bahwa elektron-elektron itu adalah pembawa muatan negatif. Di dalam suatu penghantar elektron-elektron dapat berpindah dengan mudah, sedangkan di dalam suatu isolator elektron-elektron tersebut sukar berpindah.

Arus listrik adalah aliran muatan listrik atau muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu. Arah arus listrik dari arah dari potensial yang tinggi ke potensial rendah, jadi berlawanan

dengan arah aliran electron. Seandainya muatan-muatan positif di dalam suatu penghantar dapat mengalir, maka arah alirannya sama dengan arah arus listrik, yaitu dari potensial tinggi ke potensial rendah.

Dua buah benda bermuatan masing-masing A dan B dihubungkan dengan sebuah penghantar. Bila potensial A lebih tinggi dari pada potensial B, maka arus akan mengalir dari A ke B. Arus ini mengalir dalam waktu yang sangat singkat. Setelah potensial A sama dengan potensial B maka arus berhenti mengalir. Supaya arus listrik tetap mengalir dari A ke B, maka muatan positif yang telah sampai di B harus dipindahkan kembali ke A. Dengan demikian maka potensial A selalu lebih tinggi daripada B. Jadi dapat disimpulkan bahwa supaya arus listrik dapat mengalir dalam kawat penghantar, maka antara kedua ujung kawat tersebut harus ada beda potensial.



Gambar 8. Arah arus listrik

Dalam aplikasinya, arus listrik terjadi saat muatan pada tegangan listrik dialirkan melalui beban. Contohnya saat kita menyalakan televisi maka arus listrik rumah kita mengalir dari titik phase ke titik netral. Dalam hal ini televisi dianggap sebagai beban yang dialiri oleh arus listrik dan tenaga atau daya yang ditimbulkan karena aliran listrik inilah yang menyebabkan televisi bisa menyala.

1.5.1 Simbol dan Satuan Kuat Arus

Besarnya arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian disebut dengan kuat arus. Dan karena mengalir maka arus listrik merupakan besaran vektor, yaitu besaran yang mempunyai arah. Arah yang dimaksud adalah arah aliran muatan listrik.

Simbol dari besaran kuat arus dinyatakan dengan huruf I besar berasal dari kata dalam bahasa perancis, Intensite yang berarti intensitas. Kuat arus merupakan muatan listrik yang mengalir dalam waktu tertentu. Dalam hal ini dapat dirumuskan bahwa besarnya kuat arus merupakan jumlah muatan (Q) dibagi dengan waktu (t).

$$I = \frac{Q}{t}$$

Dimana :

I = arus listrik dalam satuan Ampere (A)

Q = muatan listrik dalam satuan Coloumb (C)

t = waktu dalam satuan sekon (s)

Satuan-satuan ini diambil dari nama penemunya, seperti satuan muatan listrik coloumb, diambil dari nama penemunya, Charles Augustin de Coloumb (1736-1806). Satuan arus listrik ialah ampere, diambil dari nama Andree Marie Ampere (1755-1836). Seperti telah dinyatakan di atas, bahwa 1 Coulomb = $6,24 \times 10^{18}$ elektron yang mengalir dalam rangkaian selama 1 detik.

$$\text{Jadi: } I = \frac{Q}{t} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{detik}} = \text{ampere}$$

1.5.2 Sifat-sifat Arus Listrik

Arus listrik yang mengalir di dalam suatu bahan listrik dapat melakukan atau menimbulkan suatu usaha atau energi, yaitu:

- Menimbulkan energi panas,
- Menimbulkan energi magnet,
- Menimbulkan energi cahaya, dan
- Menimbulkan reaksi kimia.

Energi listrik mudah diubah menjadi energi lain. Listrik yang mengalir dalam konduktor dapat menimbulkan panas maupun medan magnet. Dapat kita ketahui pada motor listrik, putaran pada kumparan disebabkan oleh torsi. Adapun torsi atau momen gaya tersebut ditimbulkan oleh gaya magnetik sebagai akibat interaksi gerakan muatan dengan medan magnet.

Dengan adanya momen gaya tersebut maka dapat memungkinkan motor listrik berputar yang kemudian dapat diaplikasikan pada kipas angin, motor listrik dan peralatan mekanis lainnya.

Ada dua jenis arus listrik, yaitu **arus searah (*direct current*)** dan **arus bolak-balik (*alternating current*)**. Arus searah mengalir dalam satu arah. Arus searah meruakan arus listrik yang dihasilkan oleh batere kering dan batere akumulator. Arus searah jarang digunakan di industri sebagai sumber energi utama tetapi lebih banyak digunakan untuk mencatu sistem kontrol industrial.

Arus bolak-balik selalu berbalik arah pada setiap interval tertentu. Arus bolak-balik merupakan jenis arus yang banyak digunakan untuk mengoperasikan peralatan listrik baik untuk keperluan rumah tangga maupun untuk keperluan komersial dan industri.

Arus yang mengalir di dalam rangkaian listrik diukur dalam satuan amper (disingkat A). Arus sebesar satu amper adalah jumlah arus yang dibutuhkan untuk mengalirkan arus listrik melalui resistansi sebesar satu ohm, pada tekanan listrik sebesar satu volt. Arus listrik dapat diukur dengan menggunakan alat ukur listrik yang disebut amperemeter. Dalam prakteknya untuk mengukur arus listrik dalam skala kecil lazimnya menggunakan ukuran miliamper, di mana 1 miliamper (mA) = 0.001 amper (A). Sebaliknya untuk mengukur arus dalam skala besar, digunakan ukuran kiloamper, di mana 1 kiloamper (kA) = 1000 amper (A).

Contoh Soal :

1. Sebuah batere memberikan arus 0,5 A kepada sebuah lampu selama 2 menit. Berapakah banyaknya muatan listrik yang dipindahkan ?

Penyelesaian:

Diketahui : $I = 0,5 \text{ A}$; $t = 2 \text{ menit}$.

Ditanyakan : Q (muatan listrik)

Jawab : $t = 2 \text{ menit} = 2 \times 60 = 120 \text{ detik}$

$$Q = I \times t$$

$$= 0,5 \times 120 = 60 \text{ C}$$

2. Dalam suatu kawat penghantar mengalir 45 C muatan selama 5 menit. Tentukan besar kuat arus yang mengalir dalam kawat penghantar tersebut!

Penyelesaian:

Diketahui : $Q = 45 \text{ C}$

$t = 5 \text{ menit} = 300 \text{ detik}$

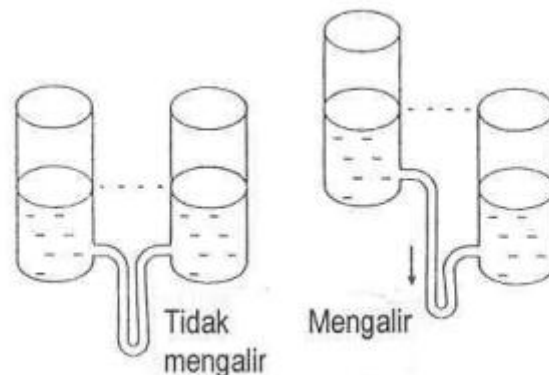
Ditanya : $I = ?$

Jawab : $I = Q/t$

$= 45 \text{ C}/300 \text{ s} = 0,15 \text{ A}$

2. Tegangan Listrik

Tegangan adalah suatu beda potensial antara dua titik yang mempunyai perbedaan jumlah muatan. Beda potensial listrik adalah besar energi yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik dari titik yang potensialnya lebih tinggi ke titik yang potensialnya lebih rendah. Akan mudah menganalogikan aliran listrik dengan aliran air. Misalkan kita mempunyai 2 tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada gambar 1.1. Jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan dalam hal ini tidak ada aliran air dalam pipa. Jika salah satu tabung diangkat maka dengan sendirinya air akan mengalir dari tabung tersebut ke tabung yang lebih rendah. Makin tinggi tabung diangkat makin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 9. Aliran air pada bejana

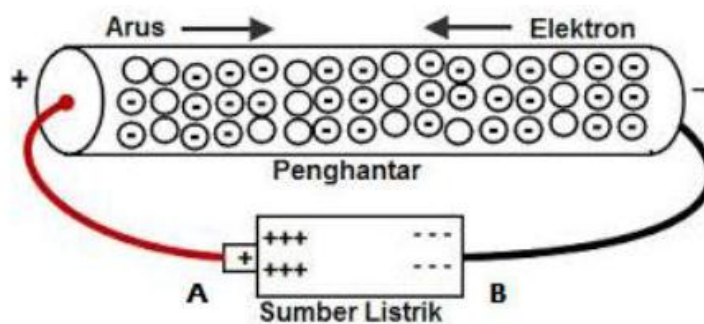
<http://www.tneutron.net/elektro/potensial-listrik/>

Terjadinya aliran tersebut dapat dipahami dengan konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial yang dimiliki. Yang paling penting dalam hal ini adalah perbedaan tinggi kedua tabung yang sekaligus menentukan besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaan potensialnya semakin deras aliran air dalam pipa.

Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar. Yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial. Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir.

Perlu dicatat bahwa beda potensial diukur antara ujung-ujung suatu konduktor. Namun kadang-kadang kita berbicara tentang potensial pada suatu titik tertentu. Dalam hal ini kita sebenarnya mengukur beda potensial pada titik tersebut terhadap suatu titik acuan tertentu. Sebagai standar titik acuan biasanya dipilih titik tanah (ground).

Lebih lanjut kita dapat menganalogikan sebuah baterai atau accu sebagai tabung air yang diangkat. Baterai ini mempunyai energi kimia yang siap diubah menjadi energi listrik. Jika baterai tidak digunakan, maka tidak ada energi yang dilepas, tapi perlu diingat bahwa potensial dari baterai tersebut ada di sana. Hampir semua baterai memberikan potensial (tepatnya electromotive force - e.m.f) yang hampir sama walaupun arus dialirkan dari baterai tersebut.



Gambar 10. Potensial Listrik pada Sumber Energi Listrik

<http://www.tneutron.net/elektro/potensial-listrik/>

Sistem satuan internasional untuk tegangan adalah Volt (V) yang diambil dari nama Alex Andre Volta (1748-1827). Satuan volt adalah perubahan energi sebesar satu joule yang dialami oleh satu coulomb muatan listrik.

Dapat ditulis secara matematis:

$$V = \frac{W}{Q} \quad \Rightarrow \quad \text{Volt} = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}$$

Dapat diubah menjadi:

$$W = V \times Q$$

Keterangan:

V = tegangan listrik (volt)

W = energi listrik (joule)

Q = muatan listrik (coulomb)

Contoh soal :

Sebuah baterai mempunyai tegangan 6 volt, digunakan pada lampu. Energi yang diserap lampu 12.000 Joule. Berapakah muatan listrik yang dipindahkan?

Jawab :

Diketahui : V = 6 Volt

$$W = 12.000 \text{ Joule}$$

Ditanyakan : Q ?

Penyelesaian :

$$V = \frac{W}{Q} \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{W}{V}$$

$$Q = \frac{12000}{6} = 2.000 \text{ Coulomb}$$

SOAL LATIHAN ARUS LISTRIK

1. Sebuah benda akan bermuatan positif bila
 - a. kelebihan elektron
 - b. kekurangan elektron
 - c. kekurangan proton
 - d. jumlah proton sama dengan jumlah elektron

2. Sebuah benda akan bermuatan negatif bila
 - a. kelebihan elektron
 - b. kekurangan elektron
 - c. kekurangan proton
 - d. jumlah proton sama dengan jumlah elektron

3. Inti atom terdiri atas
 - a. proton dan elektron
 - b. proton dan neutron
 - c. neutron dan elektron
 - d. proton, neutron, dan elektron

4. Jika di dalam suatu benda terdapat keseimbangan antara jumlah proton dengan jumlah elektron, maka benda tersebut
 - a. Bermuatan positif
 - b. Bermuatan negatif
 - c. Netral
 - d. Kadang-kadang bermuatan positif

5. Benda X bermuatan positif dan benda Y bermuatan negatif. Jika kedua benda saling berdekatan maka
 - a. Benda x dan y akan tarik-menarik

- b. Benda x dan y akan tolak-menolak
 - c. Benda x menolak benda y
 - d. Benda x dan y tidak terjadi interaksi
6. Contoh peristiwa yang ditimbulkan listrik statis adalah di bawah ini, kecuali
- a. Muncul petir ketika hujan lebat.
 - b. Tangan terkadang tersetrum ketika memegang gagang pintu.
 - c. Sisir dapat menarik kertas setelah digunakan.
 - d. Lampu pijar menyala setelah dihubungkan baterai.
7. Jumlah muatan listrik yang mengalir pada suatu titik tiap sekon disebut dengan ...
- a. Satu coulomb
 - b. Satu ohm
 - c. Satu waktu
 - d. Satu ampere
8. Pernyataan tentang arus listrik yang mengalir di dalam sebuah penghantar adalah ...
- a. Aliran muatan positif dari potensial rendah ke potensial tinggi
 - b. Aliran elektron dari potensial tinggi ke potensial rendah
 - c. Aliran muatan positif dari potensial tinggi ke potensial rendah
 - d. Aliran elektron dari potensial rendah ke potensial tinggi
9. Muatan yang beredar mengelilingi inti atom di sebut
- a. Elektron
 - b. Proton
 - c. Neutron
 - d. Positron
10. Gaya tarik atau gaya tolak antara dua muatan yang saling berdekatan disebut
- a. Gaya lorentz
 - b. Gaya coulomb

- c. Gaya gravitasi
 - d. Gaya magnet
11. Arah garis-garis medan listrik pada suatu benda adalah ...
- a. Pada benda bermuatan positif bergerak menuju pusat
 - b. Pada benda bermuatan negatif bergerak ke luar
 - c. Pada benda bermuatan negatif bergerak ke pusat
 - d. Pada benda bermuatan positif bergerak ke pusat dan ke luar
12. Jarak antara titik P dan muatan -20 mikro Coulomb adalah 10 cm. Kuat medan listrik sebesar....
- a. $1,8 \times 10^6$ N/C
 - b. $1,8 \times 10^7$ N/C
 - c. $1,9 \times 10^6$ N/C
 - d. $1,9 \times 10^7$ N/C
 - e. $1,7 \times 10^7$ N/C
12. Kuat arus pada sebuah rangkaian listrik sebesar 200 mA. Besar muatan listrik yang mengalir pada rangkaian itu setiap menitnya adalah
- a. 10 C
 - b. 11 C
 - c. 12 C
 - d. 13 C
13. Selama $0,5$ menit dalam suatu kawat penghantar bergerak muatan listrik sebesar 300 Coulomb , maka besar kuat arus listrik yang mengalir melalui kawat penghantar adalah
- a. 10 A
 - b. 150 A
 - c. 300 A
 - d. 600 A

14. Kuat arus di dalam sepotong kawat penghantar adalah 10 A. Waktu yang diperlukan oleh muatan sebesar 4.800 coulomb untuk mengalir melalui penampang tersebut selama
- 6 menit
 - 8 menit
 - 10 menit
 - 12 menit
15. Arus listrik 500 mA mengalir selama 5 menit, maka muatan listrik yang mengalir adalah
- 500 C
 - 100 C
 - 150 C
 - 2.500 C

SOAL LATIHAN TEGANGAN LISTRIK

1. Satuan potensial listrik adalah....
- Volt
 - Joule
 - Coulomb
 - Watt
2. Alat untuk mengukur tegangan listrik disebut
- Voltmeter
 - Amperemeter
 - Ohmmeter
 - Megger
3. Berikut ini adalah hubungan antara jumlah muatan dengan beda potensial terhadap energi, kecuali
- $V = W/Q$

- b. $Q = W/V$
- c. $W = Q/V$
- d. $V = Q/W$

4. Untuk memindahkan muatan listrik 2 coulomb dari A ke B diperlukan energi 6 Joule. Perbedaan potensial antara A dan B adalah

- a. 3 V
- b. 4 V
- c. 12 V
- d. 18 V

5. Potensial A-B adalah 6 V, dan menghabiskan energi sebesar 120 J. Besar muatan listrik yang dipindahkan

- a. 720 C
- b. 126 C
- c. 114 C
- d. 20 C

6. Energi listrik yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik sebesar 10 C dari A ke B apabila potensial listriknya 2 volt

- a. 8 J
- b. 12 J
- c. 5 J
- d. 20 J

7. Energi yang timbul pada tegangan 15 Volt dan 10 Ampere adalah sebesar 300 Joule. Adapun waktu yang diperlukannya selama ...

- a. 20 sekon
- b. 30 sekon

- c. 2 sekon
 - d. 3 sekon
8. Sebuah sumber tegangan mengeluarkan energi listrik sebesar 720 J untuk mengalirkan arus listrik 2 A, selama 0,5 menit. Beda potensial sumber tegangan tersebut adalah...
- a. 6 V
 - b. 12 V
 - c. 360 V
 - d. 720 V
9. Sebuah kapasitor bermuatan $10 \mu\text{C}$ dan mempunyai beda potensial 100 Volt. Energi yang tersimpan di dalamnya adalah
- a. $1 \cdot 10^{-8}$ Joule
 - b. $1 \cdot 10^{-6}$ Joule
 - c. $5 \cdot 10^{-7}$ Joule
 - d. $5 \cdot 10^{-5}$ Joule
10. Banyaknya energi untuk memindahkan muatan sebanyak 600 C pada beda potensial 15 V adalah
- a. 9000 J
 - b. 615 J
 - c. 585 J
 - d. 40 J

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.

Arus dan Tegangan Listrik. <https://henryranu.files.wordpress.com/2007/12/arus-dan-tegangan.pdf>

Konsep Dasar Arus Listrik. <http://www.onfisika.com/2013/01/konsep-dasar-arus-listrik.html>



BAHAN-BAHAN LISTRIK

Dasar dan Pengukuran Listrik

Rudy Rachida

Bahan - Bahan Listrik

Setelah mempelajari arus listrik selanjutnya kita akan mempelajari bahan-bahan listrik yang terdiri yang dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Bahan penghantar listrik (konduktor)
2. Bahan penyekat (isolator)
3. Bahan setengah penghantar (semikonduktor)

Berikut ini penjelasan dari masing-masing bahan listrik.

1. Konduktor

Konduktor adalah bahan yang menghantarkan listrik dengan mudah. Bahan ini mempunyai daya hantar listrik (*Electrical Conductivity*) yang besar dan tahanan listrik (*Electrical Resistance*) kecil. Bahan penghantar listrik berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Ukuran kemampuan suatu benda untuk menghantarkan listrik disebut konduktivitas.



Gambar 1. Contoh bahan konduktor

<http://computerelectric.blogspot.co.id/2015/08/pengertian-konduktor.html>

Untuk menentukan tingkat konduktivitas, dinyatakan dengan nilai konduktansi yang diukur dalam satuan mho. Bahan konduktor yang memiliki konduktivitas tinggi, berarti nilai konduktansinya juga tinggi. Nilai konduktivitas setiap bahan konduktor berbeda-beda, ada yang nilainya tinggi ada pula yang rendah.

Kebalikan dari konduktivitas adalah resistansitas. Jika suatu bahan konduktor dinyatakan memiliki konduktivitas tinggi, maka nilai resistansinya rendah, demikian sebaliknya jika bahan konduktor dinyatakan memiliki konduktivitas rendah maka nilai resistansinya tinggi. Untuk menyatakan tingkat resistansitas suatu bahan konduktor dinyatakan dengan nilai resistansi yang diukur dalam satuan ohm. Bahan konduktor yang memiliki resistansitas rendah, berarti memiliki nilai resistansi rendah. Untuk keperluan praktis, resistansi dinyatakan dengan huruf kapital R, sedang konduktansi dinyatakan dengan huruf kapital G.

Untuk keperluan penyaluran arus listrik secara efektif dan efisien, maka diperlukan bahan konduktor yang memiliki konduktivitas tinggi atau memiliki nilai resistansi rendah. Berikut beberapa contoh dari bahan konduktor yang lazim digunakan untuk keperluan penghantaran arus listrik: perak, tembaga, emas, aluminium, merkuri, dan grafit. Bahan yang memiliki konduktivitas rendah antara lain gelas, karet, minyak, aspal, serat kaca, porselen, keramik, kuarsa, kapas, kertas, kayu, plastik, udara, berlian, dan air murni.

Konduktor atau penghantar listrik adalah bahan listrik yang mempunyai daya hantar listrik yang besar sehingga arus listrik mudah mengalir di dalamnya. Yang termasuk kelompok konduktor adalah semua logam dan campurannya. Jenis logam yang mempunyai daya hantar listrik besar dan banyak digunakan adalah tembaga, dan aluminium. Arus listrik yang dimaksudkan di sini dapat berupa arus kuat (*electric current*) dan dapat berupa arus lemah (signal).

Nilai resistansi konduktor diukur dalam satuan ohm, lazimnya bervariasi mulai dari : 0,000 001 atau 1×10^{-6} ohm, 0,00001 atau 1×10^{-5} ohm, 0,0001 atau 1×10^{-4} ohm hingga 0,001 atau 1×10^{-3} ohm. Nilai resistansi bahan konduktor harus sangat kecil, agar rugi tegangan yang ditimbulkan menjadi sangat kecil.

Secara fisik, nilai resistansi suatu bahan konduktor, tergantung pada:

- Panjang konduktor yang digunakan dalam (m)
- Luas penampang konduktor yang digunakan dalam (m^2)
- Jenis bahan konduktor yang digunakan

1.2 Jenis Bahan Konduktor

Bahan-bahan yang dipakai untuk konduktor harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- Konduktivitasnya cukup baik.
- Kekuatan mekanisnya (kekuatan tarik) cukup tinggi.
- Koefisien muai panjangnya kecil.
- Modulus kenyalnya (modulus elastisitas) cukup besar.

Bahan-bahan yang biasa digunakan sebagai konduktor, antara lain:

- Logam biasa, seperti: tembaga, aluminium, besi, dan sebagainya.
- Logam campuran (*alloy*), yaitu sebuah logam dari tembaga atau aluminium yang diberi dalam jumlah tertentu dari logam jenis lain, yang gunanya untuk menaikkan kekuatan mekanisnya.
- Logam paduan (*composite*), yaitu dua jenis logam atau lebih yang dipadukan dengan cara kompresi, peleburan (*smelting*) atau pengelasan (*welding*).

2. Isolator

Isolator listrik adalah bahan yang tidak dapat atau sulit untuk menghantarkan muatan listrik. Dalam bahan isolasi elektron valensi terikat erat pada atom. Bahan-bahan ini digunakan dalam perangkat elektronik sebagai isolator, atau menghambat aliran arus listrik. Isolator juga berguna sebagai beban atau pemisahan antara konduktor tanpa membuat arus yang mengalir keluar atau hanya antara

konduktor. Contoh pada listrik adalah kabel tembaga dilapisi dengan bahan karet sehingga kita tidak tersengat listrik.



Gambar 2. Isolator kabel listrik

<http://otomotifnet.com/Motor/Tips/Trik-Pilih-Isolasi-Untuk-Kelistrikan-Motor>

Isolator atau non konduktor adalah bahan listrik yang mempunyai nilai resistansi atau daya hambat listrik sangat tinggi, sehingga arus listrik tidak dapat mengalir melewatinya. Karena sifatnya yang tidak menghantarkan arus listrik maka bahan ini banyak digunakan sebagai pelindung terhadap bahaya sengatan arus listrik. Bahan isolator yang sering digunakan adalah gelas, mika, porselin, karet, minyak trafo dan pernis.

Beberapa bahan, seperti kaca, kertas, atau Teflon merupakan bahan isolator yang sangat bagus. Beberapa bahan sintesis masih "cukup bagus" dipergunakan sebagai isolator kabel. Contohnya plastik atau karet. Bahan-bahan ini dipilih sebagai isolator kabel karena lebih mudah dibentuk / diproses sementara masih bisa menyumbat aliran listrik pada voltase menengah (ratusan, mungkin ribuan volt).

Nilai resistansi isolator dalam satuan ohm, lazimnya bervariasi mulai dari: $10 \times 10^9 = 10.000.000.000 \Omega$, hingga $10 \times 10^{15} = 10.000.000.000.000.000 \Omega$.

Isolator digunakan dengan tujuan agar dapat memisahkan bagian-bagian yang bertegangan atau bagian-bagian yang aktif. Sehingga untuk bahan penyekat ini perlu diperhatikan mengenai sifat-sifat dari bahan tersebut, seperti : sifat listrik, sifat mekanis, sifat termal, ketahanan terhadap bahan kimia, dan lain-lain.

a. Sifat Listrik

Yaitu suatu bahan yang mempunyai tahanan jenis listrik yang besar agar dapat mencegah terjadinya rambatan atau kebocoran arus listrik antara hantaran yang berbeda tegangan atau dengan tanah. Karena pada kenyataannya sering terjadi kebocoran, maka harus dibatasi sampai sekecil-kecilnya agar tidak melebihi batas yang ditentukan oleh peraturan yang berlaku (PUIL : peraturan umum instalasi listrik).

b. Sifat Mekanis

Mengingat sangat luasnya pemakaian bahan isolator, maka perlu dipertimbangkan kekuatannya supaya dapat dibatasi hal-hal penyebab kerusakan karena akibat salah pemakaian. Misal

memerlukan bahan yang tahan terhadap tarikan, maka dipilih bahan dari kain bukan dari kertas karena kain lebih kuat daripada kertas.

c. Sifat Termis

Panas yang timbul pada bahan akibat arus listrik atau arus gaya magnet berpengaruh kepada isolator termasuk pengaruh panas dari luar sekitarnya. Apabila panas yang terjadi cukup tinggi, maka diperlukan pemakaian isolator yang tepat agar panas tersebut tidak merusak isolator.

d. Sifat Kimia

Akibat panas yang cukup tinggi dapat mengubah susunan kimianya, begitu pula kelembaban udara atau basah disekitarnya. Apabila kelembaban dan keadaan basah tidak dapat dihindari, maka harus memilih bahan penyekat yang tahan air, termasuk juga kemungkinan adanya pengaruh zat-zat yang merusak seperti : gas, asam, garam, alkali, dan sebagainya.

2.1 Isolator Bentuk Cair

Cairan atau bahan bentuk cair adalah benda yang pada suhu biasa berbentuk cair dan umumnya tidak dalam keadaan murni tetapi merupakan persenyawaan macam-macam unsur.

a. Air

Macam-macam air di alam, antara : air hujan, air sumur, air tambang atau mineral, dan air laut. Semua air tersebut bukan bahan penyekat, tetapi sebaliknya akan membahayakan penyekat karena sifatnya yang merusak seperti terjadi karat karena beroksidasi dengan air tersebut.

Air suling atau air murni dapat disebut sebagai bahan penyekat walaupun masih dapat mengalirkan arus listrik dalam jumlah yang sangat kecil. Karena air dalam susunan kimianya mengandung zat asam yang mudah bergabung dengan logam, maka air tidak dipakai sebagai penyekat listrik secara langsung. Kalau ada air yang digunakan dalam peralatan/mesin listrik, fungsinya hanya sebagai pendingin dan tidak langsung berhubungan dengan hantaran atau bagian yang bertegangan listrik.

b. Minyak Transformator

Minyak transformator adalah hasil pemurnian minyak bumi yang diperlukan untuk pendingin. Karena transformator, tahanan pengasut, penghubung tenaga, atau yang bekerja dengan tegangan tinggi sangat membutuhkan pendinginan. Tanpa pendinginan yang baik akan merusak penyekat inti, lilitan dan bagian lain yang perlu.

c. Minyak Kabel

Minyak kabel merupakan salah satu pemurnian minyak bumi yang dibuat pekat dengan cara dicampur dengan damar. Minyak kabel digunakan untuk memadatkan penyekat kertas pada kabel tenaga, kabel tanah, dan terutama kabel tenaga tegangan tinggi. Selain untuk menguatkan daya sekat dan mekanisnya penyekat kertas, juga untuk menjaga atau menahan air supaya tidak dapat meresap dan sekaligus sebagai dielektrikum

2.1 Pembagian Kelas Bahan Isolator

Berdasarkan suhu maksimum yang diizinkan, maka bahan penyekat listrik dapat dibagi menjadi :

Kelas	Maksimum Temperatur (0 ⁰ C)	Kelas	Maksimum Temperatur (0 ⁰ C)
Y	90	F	155
A	150	H	180
E	120	C	180 ke atas
B	130		

1. Kelas Y

Yang termasuk dalam kelas ini adalah bahan berserat organis (seperti kertas, karton, katun, sutera, dan sebagainya) yang tidak dicelup dalam bahan pernis atau bahan pencelup lainnya. Termasuk juga bahan termoplastik yang dapat lunak pada suhu rendah.

2. Kelas A

Yaitu bahan berserat dari kelas Y yang telah dicelup dalam pernis atau kompon atau yang terendam dalam cairan dielektrikum (seperti penyekat fiber pada transformator yang terendam minyak). Bahan-bahan ini adalah katun, sutera, dan kertas yang telah dicelup, termasuk kawat email (enamel) yang terlapis damaroleo dan damar polyamide.

3. Kelas E

Yaitu bahan penyekat kawat enamel yang memakai bahan pengikat polyvinylformal, polyurethane dan damar epoxy dan bahan pengikat lain sejenis dengan bahan selulosa, pertinaks dan tekstolit, film triacetate, film dan serat polyethylene terephthalate.

4. Kelas B

Yaitu bahan bukan organik (seperti : mika, gelas, fiber, asbes) yang dicelup atau direkat menjadi satu dengan pernis atau kompon, dan biasanya tahan panas (dengan dasar minyak pengering, bitumin sirlak, bakelit, dan sebagainya).

5. Kelas F

Yaitu bahan bukan organik yang dicelup atau direkat menjadi satu dengan eposide, polyurethane atau pernis lain yang tahan panas tinggi.

6. Kelas H

Yaitu semua bahan komposisi bahan dasar mika, asbes dan gelas fiber dicelup dalam silikon dan tidak mengandung sesuatu bahan organis seperti kertas, katun dll.

7. Kelas C

Yaitu bahan bukan organik yang tidak dicelup dan tidak terikat dengan zat-zat organik, seperti : mika, mikanit, yang tahan panas (menggunakan bahan pengikat bukan organik), mikalek, gelas dan bahan keramik. Hanya satu bahan organis saja yang termasuk kelas C yaitu polytetrafluoroethylene (teflon).

3. Semikonduktor

Selain konduktor dan isolator seperti yang telah diuraikan di atas, dikenal pula satu jenis bahan listrik yang memiliki sifat unik yaitu semi konduktor. Nilai resistansi bahan semikonduktor adalah di atas nilai resistansi bahan konduktor tetapi di bawah nilai resistansi bahan isolator. Itulah sebabnya mengapa bahan ini disebut sebagai bahan semikonduktor. Daya hantar bahan semikonduktor sangat unik. Berikut ini diberikan berbagai cara bagaimana bahan semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik.

3.1 Konduksi Intrinsik

Bila suatu bahan semikonduktor didinginkan hingga mencapai suhu -273°C (0°K), bahan semikonduktor ini tidak akan dapat menghantarkan arus listrik, hal ini disebabkan tidak adanya elektron bebas yang dikandung oleh bahan tersebut. Jadi pada suhu -273°C , bahan semikonduktor menjadi isolator.

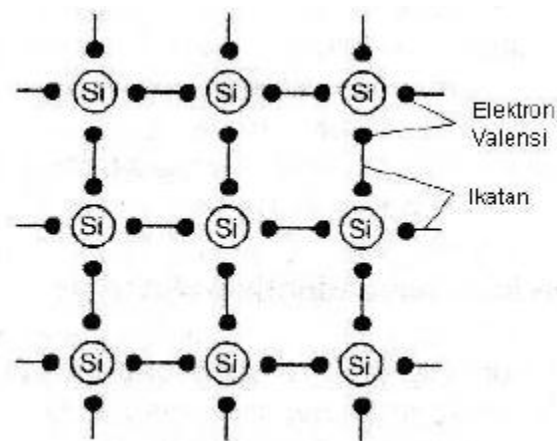
Bila suatu bahan semikonduktor dengan suhu -273°C dipanaskan hingga mencapai suhu 0°C , maka bahan semikonduktor tersebut mulai dapat menghantarkan arus listrik.

Daya hantar jenis bahan semikonduktor naik secara eksponensial (kuadratis) dengan kenaikan suhu. Mengapa dengan pemanasan (*heating*) dapat membuat bahan semikonduktor menjadi konduktif?

Bila suatu kristal dipanaskan, maka atom-atom kristal tidak akan tinggal diam, tetapi bergerak ke segala penjuru. Akibatnya ikatan atom terhadap elektron terikat (elektron valensi) terlepas, sehingga berubah menjadi elektron bebas. Elektron bebas menjadi semakin banyak, sehingga daya hantar bahan semikonduktor juga menjadi naik. Dari fenomena tersebut dapat dikatakan bahwa daya hantar bahan semikonduktor berubah tergantung pada suhu.

3.2 Konduksi Ekstrinsik

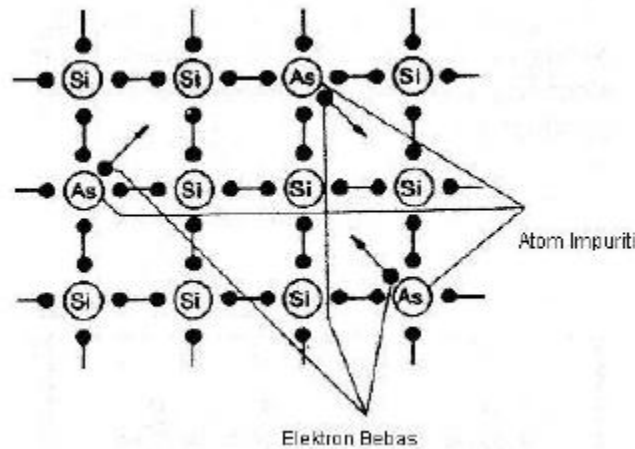
Komponen elektronik seperti diode dan transistor dibuat dari bahan semikonduktor. Misalnya diode terbuat dari dua jenis bahan semikonduktor tipe P dan tipe N.



Gambar 3. Struktur kristal Atom Silikon

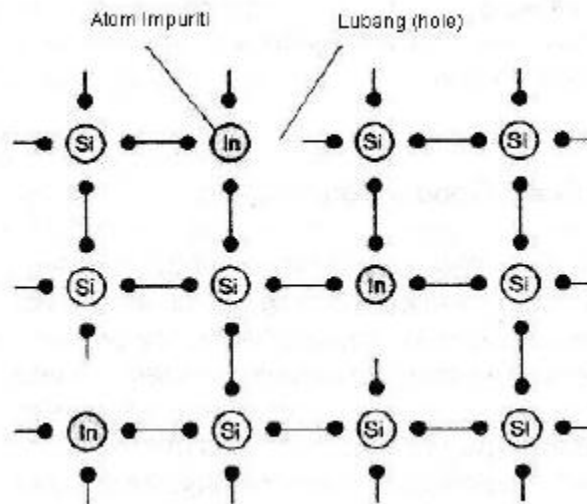
Agar konduktivitas bahan semikonduktor untuk komponen elektronik ini tidak tergantung suhu (konduksi instrinsik) maka ditempuh cara lain, yaitu mencampurkan suatu kristal atom lain ke kristal atom bahan semikonduktor. Cara ini lazim disebut dopping.

Misalnya kristal atom silikon yang memiliki 4 elektron valensi didopping dengan kristal atom arsenik yang memiliki lima elektron valensi, akibatnya campuran ini akan kelebihan elektron, dan disebut sebagai bahan semikonduktor tipe N.



Gambar 4. Bahan semikonduktor tipe N

Sebaliknya bila kristal atom silikon didopping dengan kristal atom indium yang hanya memiliki tiga elektron valensi, maka campuran ini akan kekurangan elektron, sehingga menghasilkan bahan semikonduktor tipe P.



Gambar 5. Bahan semikonduktor tipe P

Komponen elektronik seperti diode, transistor dan SCR, terbuat dari gabungan bahan semikonduktor type P dan tipe N.

Soal

- Berikut adalah sifat-sifat dari bahan listrik, kecuali....
 - Konduktor
 - Isolator
 - Elastis
 - Semikonduktor
- Sifat utama yang dimiliki oleh bahan isolator adalah....
 - Tahanan yang besar
 - Daya hantar listrik besar
 - Tahan korosi
 - Elastisitas tinggi
- Yang dimaksud dengan Bahan Penghantar (konduktor) adalah....
 - Penghantar listrik yang mudah
 - Penghantar listrik yang sulit
 - Bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik
 - Bahan yang seperti isolator
- Yang dimaksud dengan Bahan Penyekat (Insulator/isolator) adalah....
 - Penghantar listrik yang mudah
 - Penghantar listrik yang sulit
 - Bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik
 - Bahan pemisah 2 penghantar yang bertegangan
- Bahan Setengah Penghantar (Semi Konduktor) adalah....
 - bahan yang mempunyai daya hantar lebih kecil dibanding bahan konduktor, tetapi lebih besar dibanding bahan isolator.
 - Penghantar listrik yang sulit
 - bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik
 - bahan pemisah 2 penghantar yang bertegangan
- Bahan yang dipakai untuk konduktor harus memenuhi persyaratan....
 - Konduktifitasnya tidak baik
 - Kekuatan mekanisnya (kekuatan tarik) rendah
 - Koefisien muai panjangnya kecil
 - Modulus kenyalnya (modulus elastisitas) kecil
- Kabel listrik dilapisi plastik seperti gambar disamping Hal tersebut disebabkan....
 - Plastik sangat lentur
 - Plastik tahan lama
 - Plastik termasuk penghantar
 - Plastik termasuk isolator



8. Sifat daya hantar listrik material dinyatakan dengan...
 - a. Konduktivitas
 - b. Resistivitas
 - c. Elastisitas
 - d. Induktivitas

9. Yang mana bahan yang termasuk semi konduktor
 - a. Besi
 - b. Germanium
 - c. Hidrogen
 - d. Helium

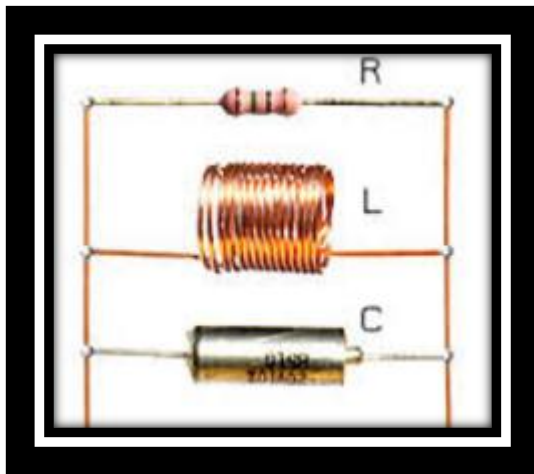
10. Contoh dari bahan penyekat cair adalah...
 - a. Nitrogen
 - b. Minyak transformator
 - c. Ebonit
 - d. Mikafolium

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. 2003. Ilmu listrik

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.



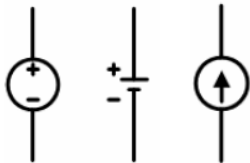
ELEMEN PASIF RANGKAIAN LISTRIK

DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK
Rudy Rachida

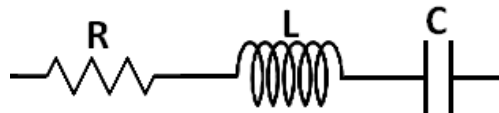
1. Elemen Pasif Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup.

Elemen atau komponen listrik pada rangkaian listrik dapat dikelompokkan kedalam elemen atau komponen aktif dan pasif. Elemen aktif adalah elemen yang menghasilkan energi dalam hal ini adalah sumber tegangan dan sumber arus. Elemen lain adalah elemen pasif dimana elemen ini tidak dapat menghasilkan energi, dapat dikelompokkan menjadi elemen yang hanya dapat menyerap energi dalam hal ini hanya terdapat pada komponen resistor atau banyak juga yang menyebutkan tahanan atau hambatan dengan simbol R, dan komponen pasif yang dapat menyimpan energi juga diklasifikasikan menjadi dua yaitu komponen atau elemen yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini induktor atau sering juga disebut sebagai lilitan, belitan atau kumparan dengan simbol L, dan kompone pasif yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini adalah kapasitor atau sering juga dikatakan dengan kondensator dengan symbol C.



Gambar 1.1 Komponen aktif rangkaian listrik



Gambar 1.2 Komponen pasif rangkaian listrik
<http://kusumandarutp.blogspot.co.id/2015/07/rangkaian-seri-resistor-induktor-dan.html>

Selanjutnya mari kita bahas lebih lanjut mengenai komponen pasif rangkaian listrik yang terdiri dari resistor, induktor, dan kapasitor.

1.1 Resistor dan Resistansi

Resistor sering juga disebut dengan tahanan, hambatan, penghantar, atau resistansi dimana resistor mempunyai fungsi sebagai penghambat arus, pembagi arus, dan pembagi tegangan. Kemampuan suatu resistor untuk menahan/menghambat aliran arus listrik disebut resistansi.

Nilai resistansi tergantung dari hambatan jenis bahan resistor itu sendiri (tergantung dari bahan pembuatnya), panjang dari resistor itu sendiri dan luas penampang dari resistor itu sendiri.

Secara matematis :

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

dimana :



Gambar 1.3 Resistor
<http://www.tesla-institute.com/index.php/electronic-components/resistors>

ρ = hambatan jenis
 l = panjang dari resistor
 A = luas penampang

Satuan dari resistansi : Ohm (Ω)

1.1.1 Kode warna

Nilai ohm dari suatu resistor dapat dibaca langsung pada badannya, yaitu dengan melihat kode warna yang ada pada badan resistor. Berikut ini tabel kode warna pada resistor 4 gelang yang merupakan jenis resistor yang paling banyak digunakan.

Tabel 1. Kode Warna Resistor

<http://skemaku.com/kode-warna-resistor-dan-cara-membacanya/>

KODE WARNA	PITA KE-1	PITA KE-2	PITA KE-3	PITA KE-4
HITAM	0	0	10^0	-
COKLAT	1	1	10^1	-
MERAH	2	2	10^2	-
ORANGE	3	3	10^3	-
KUNING	4	4	10^4	-
HIJAU	5	5	10^5	-
BIRU	6	6	10^6	-
UNGU	7	7	10^7	-
ABU-ABU	8	8	10^8	-
PUTIH	9	9	10^9	-
EMAS	-	-	10^{-1}	5 %
PERAK	-	-	10^{-2}	10 %
Tak Berwarna	-	-	-	20 %

Contoh:

Sebuah resistor dengan warna merah, kuning, hijau, dan emas. Berarti nilai resistor tersebut adalah...

- Gelang 1 warna merah = 2
- Gelang 2 warna kuning = 4
- Gelang 3 warna hijau = 10^5
- Gelang 4 warna emas = 5%

Nilai ideal resistor tersebut adalah 2.400.000 ohm dengan toleransi 5%. Jadi nilai resistor tersebut berkisar antara $2.400.000 \pm 5/100 \times 2.400.000 = 2.280.000$ ohm s/d 2.520.000 ohm. Untuk mengetahui nilai yang sebenarnya dapat diukur menggunakan alat ukur ohm meter.

1.2 Induktor dan Induktansi

Induktor atau reaktor adalah sebuah komponen elektronika pasif (kebanyakan berbentuk torus) yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melintasinya. Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet ditentukan oleh induktansinya, dalam satuan Henry. Biasanya sebuah induktor adalah sebuah kawat penghantar yang dibentuk menjadi kumparan, lilitan membantu membuat medan magnet yang kuat di dalam kumparan dikarenakan hukum induksi Faraday. Induktor adalah salah satu komponen elektronik dasar yang digunakan dalam rangkaian yang arus dan tegangannya berubah-ubah dikarenakan kemampuan induktor untuk memproses arus bolak-balik.



Gambar 1.4 Induktor
<https://id.wikipedia.org/wiki/Induktor>

Induktansi (L) (diukur dalam Henry) adalah efek dari medan magnet yang terbentuk disekitar konduktor pembawa arus yang bersifat menahan perubahan arus. Arus listrik yang melewati konduktor membuat medan magnet sebanding dengan besar arus. Perubahan dalam arus menyebabkan perubahan medan magnet yang mengakibatkan gaya elektromotif lawan melalui GGL induksi yang bersifat menentang perubahan arus. Induktansi diukur berdasarkan jumlah gaya elektromotif yang ditimbulkan untuk setiap perubahan arus terhadap waktu. Sebagai contoh, sebuah induktor dengan induktansi 1 Henry menimbulkan gaya elektromotif sebesar 1 volt saat arus dalam induktor berubah dengan kecepatan 1 ampere setiap sekon. Jumlah lilitan, ukuran lilitan, dan material inti menentukan induktansi.

1.3 Kapasitor dan Kapasitansi

Kapasitor adalah perangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (dielektrik) pada tiap konduktor atau yang disebut keping. Kapasitor biasanya disebut dengan sebutan kondensator yang merupakan komponen listrik dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik.



Gambar 1.5 Induktor
<https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Kondensator-Al-Elko-Wiki-07-02-11.jpg>

Ketika kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan (misalnya baterai atau sumber tegangan yang lain) kapasitor akan menyimpan muatan. Besarnya kapasitas muatan yang tersimpan dalam kapasitor disebut kapasitas kapasitor. Besarnya kapasitas kapasitor disebut kapasitansi. Kapasitas kapasitor adalah banyak muatan yang tersimpan dalam kapasitor ketika di hubungkan dengan beda potensial tertentu. Kapasitansi kapasitor disimbolkan dengan huruf C kapital, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C = \frac{q}{V}$$

Di mana:

C = Kapasitas kapasitor, diukur dalam satuan farad

q = muatan yang tersimpan dalam kapasitor, diukur dalam satuan coulomb

V = beda potensial antar pelat kapasitor, diukur dalam satuan volt

Pada umumnya besaran kapasitor C diukur dalam satuan mikrofarad (μF) atau pikofarad (pF). Hubungan antara farad, microfarad, dan pikofarad dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

Contoh:

Sebuah kapasitor dengan kapasitas $0,5 \mu\text{F}$ dimuati dengan baterai 12 volt. Hitunglah besar muatan yang tersimpan dalam kapasitor tersebut....

Jawab:

$$C = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$V = 12 \text{ V}$$

$$Q = C \cdot V = 0,5 \cdot 10^{-6} (12) = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

2. Rangkaian Seri, Paralel dan Kombinasi Resistor

2.1. Rangkaian Seri Resistor

Rangkaian Seri Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara sejajar atau berbentuk Seri. Dengan Rangkaian Seri ini kita bisa mendapatkan nilai Resistor Pengganti yang kita inginkan.

Satuan yang digunakan:

- Ohm = Ω
- Kilo Ohm = $\text{K}\Omega$
- Mega Ohm = $\text{M}\Omega$
- $\text{K}\Omega = 1\,000\Omega$
- $\text{M}\Omega = 1\,000\,000\Omega$

Rumus dari Rangkaian Seri Resistor adalah :

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

Dimana : R_{total} = Total Nilai Resistor

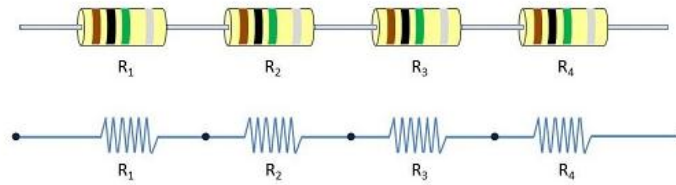
R_1 = Resistor ke-1

R_2 = Resistor ke-2

R_3 = Resistor ke-3

R_n = Resistor ke-n

Berikut ini adalah gambar bentuk Rangkaian Seri :



Gambar 2.1 Rangkaian Seri Resistor

<http://teknikelektronika.com/rangkaian-seri-dan-paralel-resistor-serta-cara-menghitung-nilai-resistor/>

Contoh soal :

Tiga buah resistor akan dirangkai secara seri, masing-masing nilai resistor tersebut adalah $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 47\Omega$, $R_3 = 100\Omega$. berapakah nilai dari hambatan pengganti rangkaian tersebut?

Diketahui : $R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 47\Omega$

$R_3 = 100\Omega$

Ditanya : $R_{total} = ?$

Jawab : $R_{total} = R_1 + R_2 + R_3$

$$= 10 \Omega + 47 \Omega + 100 \Omega$$

$$= \mathbf{157 \Omega}$$

2.2 Rangkaian Paralel Resistor

Rangkaian Paralel Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara berderet atau berbentuk Paralel. Sama seperti dengan Rangkaian Seri, Rangkaian Paralel juga dapat digunakan untuk mendapatkan nilai hambatan pengganti. Perhitungan Rangkaian Paralel sedikit lebih rumit dari Rangkaian Seri.

Rumus dari Rangkaian Seri Resistor adalah :

$$1/R_{total} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$$

Dimana :

R_{total} = Total Nilai Resistor

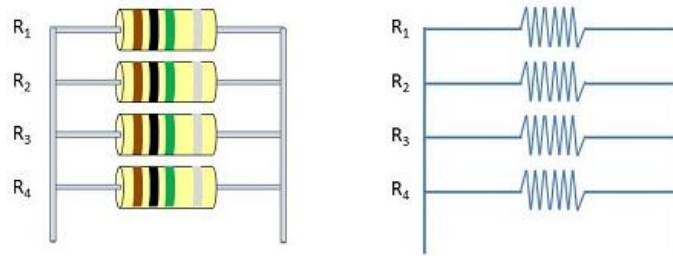
R_1 = Resistor ke-1

R_2 = Resistor ke-2

R_3 = Resistor ke-3

R_n = Resistor ke-n

Berikut ini adalah gambar bentuk Rangkaian Paralel :



Gambar 2.2 Rangkaian Resistor Paralel

<http://teknikelektronika.com/rangkaian-seri-dan-paralel-resistor-serta-cara-menghitung-nilai-resistor/>

Contoh soal

Tiga buah resistor akan dirangkai secara paralel, nilai masing-masing resistor tersebut adalah $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 47\Omega$, $R_3 = 100\Omega$, berapakah nilai hambatan pengganti pada rangkaian paralel tersebut?

Diketahui : $R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 47\Omega$

$R_3 = 100\Omega$

Ditanya : $R_p = ?$

Jawab :

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

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{47} + \frac{1}{100}$$

$$= \frac{470 + 100 + 47}{4700} = \frac{617}{4700}$$

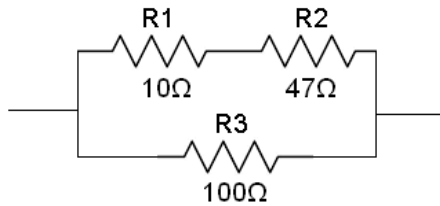
$$R_p = \frac{4700}{617} \Omega = 7,62$$

2.3. Rangkaian Resistor Campuran

Rangkaian campuran merupakan gabungan antara rangkaian seri dengan rangkaian paralel atau sebaliknya. Nilai hambatan pada rangkaian resistor campuran bisa disebut dengan hambatan pengganti atau hambatan total (R_t), karena gabungan antara (R_s) dan (R_p). Pada dasarnya terdapat dua buah rangkaian resistor campuran yaitu :

1. Rangkaian Resistor Seri-paralel

Contoh soal :



Berapakah nilai hambatan pengganti pada rangkaian tersebut?

Diketahui : $R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 47\Omega$

$R_3 = 100\Omega$

Ditanya : $R_t = ?$

Jawab :

$R_s = R_1 + R_2 = 10 + 47 = 57\Omega$ *seri dikerjakan terlebih dahulu

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{57} + \frac{1}{100}$$

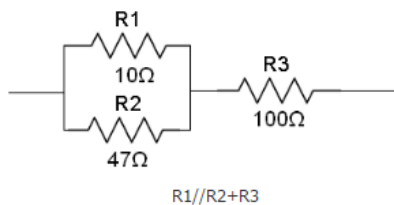
$$= \frac{57 + 100}{570}$$

$$= \frac{157}{570}$$

$$R_t = \frac{570}{157} \Omega = 3,63\Omega$$

2. Rangkaian Resistor Paralel-seri

Contoh soal :



Diketahui : $R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 47\Omega$

$R_3 = 100\Omega$

Ditanya : $R_t = ?$

Jawab :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ *paralel dikerjakan terlebih dahulu}$$

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{47}$$

$$= \frac{10+47}{470}$$

$$= \frac{57}{470}$$

$$R_p = \frac{470}{57} = 8,24\Omega$$

$$R_t = R_p + R_3 = 8,24\Omega + 100\Omega = 108,24 \Omega$$

3. Hukum Ohm

Hukum Ohm, yaitu Hukum dasar yang menyatakan hubungan antara Arus Listrik (I), Tegangan (V) dan Hambatan (R). Hukum Ohm dalam bahasa Inggris disebut dengan "Ohm's Laws". Hukum Ohm pertama kali diperkenalkan oleh seorang fisikawan Jerman yang bernama Georg Simon Ohm (1789-1854) pada tahun 1825. Georg Simon Ohm mempublikasikan Hukum Ohm tersebut pada Paper yang berjudul "The Galvanic Circuit Investigated Mathematically" pada tahun 1827.

Pada dasarnya, bunyi dari Hukum Ohm adalah :

"Besarnya arus listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor akan berbanding lurus dengan beda potensial / tegangan (V) yang diterapkan kepadanya dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R)".

Secara Matematis, Hukum Ohm dapat dirumuskan menjadi persamaan seperti dibawah ini :

$$V = I \times R$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

Dimana :

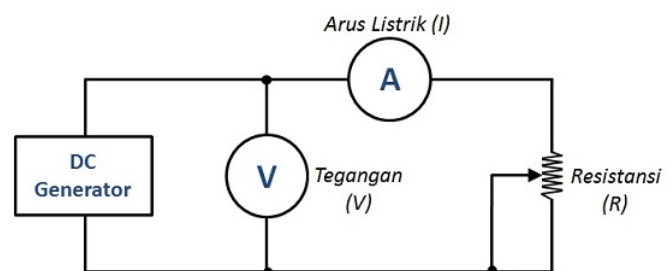
V = Beda Potensial atau Tegangan yang satuan unitnya adalah Volt (V)

I = Arus Listrik yang satuan unitnya adalah Ampere (A)

R = Hambatan atau Resistansi yang satuan unitnya adalah Ohm (Ω)

Dalam aplikasinya, Kita dapat menggunakan Teori Hukum Ohm dalam Rangkaian Elektronika untuk memperkecilkan Arus listrik, Memperkecil Tegangan dan juga dapat memperoleh Nilai Hambatan (Resistansi) yang kita inginkan.

Hal yang perlu diingat dalam perhitungan rumus Hukum Ohm, satuan unit yang dipakai adalah Volt, Ampere dan Ohm. Jika kita menggunakan unit lainnya seperti milivolt, miliampere, megaohm ataupun kiloohm, maka kita perlu melakukan konversi ke unit Volt, Ampere dan Ohm terlebih dahulu untuk mempermudah perhitungan dan juga untuk mendapatkan hasil yang benar.



Gambar 3.1 Rangkaian Dasar Hukum Ohm

<http://teknikelektronika.com/pengertian-rumus-bunyi-hukum-ohm/>

Untuk lebih jelas mengenai Hukum Ohm, kita dapat melakukan Praktikum dengan sebuah Rangkaian Elektronika Sederhana seperti dibawah ini :

Kita memerlukan sebuah DC Generator (Power Supply), Voltmeter, Amperemeter, dan sebuah Potensiometer sesuai dengan nilai yang dibutuhkan.

Dari Rangkaian Elektronika yang sederhana diatas kita dapat membandingkan Teori Hukum Ohm dengan hasil yang didapatkan dari Praktikum dalam hal menghitung Arus Listrik (I), Tegangan (V) dan Resistansi/Hambatan (R).

3.1 Menghitung Arus Listrik (I)

Rumus yang dapat kita gunakan untuk menghitung Arus Listrik adalah $I = V / R$

Contoh Kasus 1 :

Setting DC Generator atau Power Supply untuk menghasilkan Output Tegangan 10V, kemudian atur Nilai Potensiometer ke 10 Ohm. Berapakah nilai Arus Listrik (I) ?

Masukan nilai Tegangan yaitu 10V dan Nilai Resistansi dari Potensiometer yaitu 10 Ohm ke dalam Rumus Hukum Ohm seperti dibawah ini :

$$I = V / R$$

$$I = 10 / 10$$

$$I = 1 \text{ Ampere}$$

Maka hasilnya adalah 1 Ampere.

Contoh Kasus 2 :

Setting DC Generator atau Power Supply untuk menghasilkan Output Tegangan 10V, kemudian atur nilai Potensiometer ke 1 kiloOhm. Berapakah nilai Arus Listrik (I)?

Konversi terlebih dahulu nilai resistansi 1 kiloOhm ke satuan unit Ohm. 1 kiloOhm = 1000 Ohm.

Masukan nilai Tegangan 10V dan nilai Resistansi dari Potensiometer 1000 Ohm ke dalam Rumus Hukum Ohm seperti dibawah ini :

$$I = V / R$$

$$I = 10 / 1000$$

$$I = 0.01 \text{ Ampere atau } 10 \text{ miliAmpere}$$

Maka hasilnya adalah 10mA

3.2 Menghitung Tegangan (V)

Rumus yang akan kita gunakan untuk menghitung Tegangan atau Beda Potensial adalah $V = I \times R$.

Contoh Kasus :

Atur nilai resistansi atau hambatan (R) Potensiometer ke 500 Ohm, kemudian atur DC Generator (Power supply) hingga mendapatkan Arus Listrik (I) 10mA. Berapakah Tegangannya (V) ?

Konversi terlebih dahulu unit Arus Listrik (I) yang masih satu miliAmpere menjadi satuan unit Ampere yaitu : 10mA = 0.01 Ampere. Masukan nilai Resistansi Potensiometer 500 Ohm dan nilai Arus Listrik 0.01 Ampere ke Rumus Hukum Ohm seperti dibawah ini :

$$V = I \times R$$

$$V = 0.01 \times 500$$

$V = 5 \text{ Volt}$

Maka nilainya adalah 5Volt.

3.3 Menghitung Resistansi / Hambatan (R)

Rumus yang akan kita gunakan untuk menghitung Nilai Resistansi adalah $R = V / I$

Contoh Kasus :

Jika di nilai Tegangan di Voltmeter (V) adalah 12V dan nilai Arus Listrik (I) di Amperemeter adalah 0.5A. Berapakah nilai Resistansi pada Potensiometer ?

Masukan nilai Tegangan 12V dan Arus Listrik 0.5A kedalam Rumus Ohm seperti dibawah ini :

$$R = V / I$$

$$R = 12 / 0.5$$

$$R = 24 \text{ Ohm}$$

Maka nilai Resistansinya adalah 24 Ohm

4. Hukum Kirchhoff

Hukum Kirchhoff merupakan salah satu hukum dalam ilmu Elektronika yang berfungsi untuk menganalisis arus dan tegangan dalam rangkaian. Hukum Kirchhoff pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli fisika Jerman yang bernama Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) pada tahun 1845. Hukum Kirchhoff terdiri dari 2 bagian yaitu Hukum Kirchhoff 1 dan Hukum Kirchhoff 2.

4.1 Hukum Kirchhoff 1

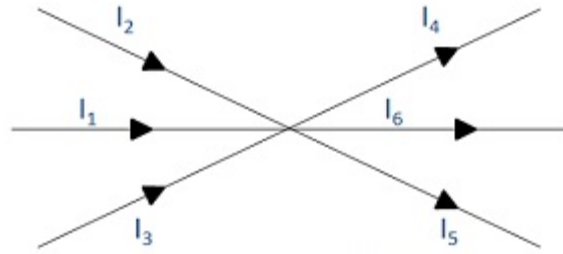
Hukum Kirchhoff 1 merupakan Hukum Kirchhoff yang berkaitan dengan dengan arah arus dalam menghadapi titik percabangan. Hukum Kirchhoff 1 ini sering disebut juga dengan Hukum Arus Kirchhoff atau Kirchhoff's Current Law (KCL).

Bunyi Hukum Kirchhoff 1 adalah sebagai berikut :

“Jumlah arus yang masuk pada suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik cabang tersebut”

Untuk lebih jelas mengenai Bunyi Hukum Kirchhoff 1, silakan lihat rumus dan rangkaian sederhana dibawah ini :

Dalam gambar arah arus I_1, I_2, I_3 bertentangan dengan arah arus I_4, I_5, I_6 . Artinya, pada titik pertemuan di A, arus $I_1, I_2,$ dan I_3 datang menuju titik pertemuan. Sedangkan arus yang lain menjauhi titik pertemuan tersebut. Arah arus yang datang diberi tanda plus (+) dan arah arus yang menjauhi diberi tanda minus (-).



$$\text{Jadi : } I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 - I_6 = 0$$

$$\text{Atau } I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 + I_6$$

Contoh Soal Hukum Kirchhoff 1

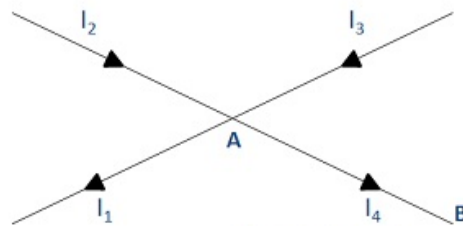
Dari rangkaian disamping, diketahui bahwa

$$I_1 = 5A$$

$$I_2 = 4A$$

$$I_3 = 3A$$

Berapakah I_4 (arus yang mengalir pada AB) ?



Penyelesaian :

$$I_2 + I_3 - I_1 - I_4 = 0$$

$$7 = 5 + I_4$$

$$I_2 + I_3 = I_1 + I_4$$

$$I_4 = 7 - 5$$

$$4 + 3 = 5 + I_4$$

$$I_4 = 2A$$

4.2 Hukum kirchhoff 2

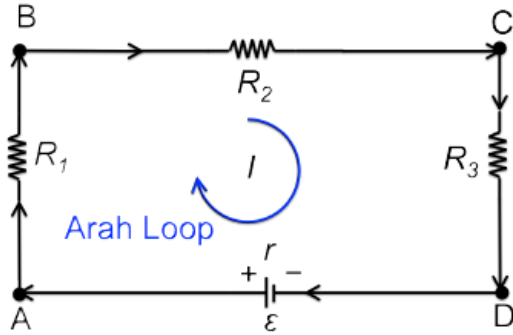
Hukum Kirchhoff 2 merupakan Hukum Kirchhoff yang digunakan untuk menganalisis tegangan (beda potensial) komponen-komponen elektronika pada suatu rangkaian tertutup. Hukum Kirchhoff 2 ini juga dikenal dengan sebutan Hukum Tegangan Kirchhoff atau Kirchhoff's Voltage Law (KVL).

Bunyi Hukum Kirchhoff 2 adalah sebagai berikut :

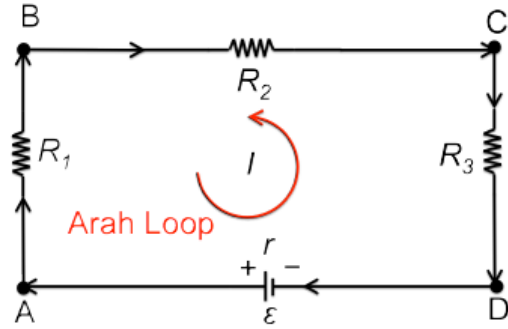
“Total Tegangan (beda potensial) pada suatu rangkaian tertutup adalah nol”

Hukum Kirchhoff II mempunyai aturan dalam penerapannya

- Kuat arus bertanda positif jika searah putaran loop dan bertanda negative jika berlawanan arah putaran loop
- Bila loop melewati sumber arus maka tanda ggl mengikuti kutub yang dilewati terlebih dulu



Arus searah loop +I
 Ggl bertemu (-) terlebih dahulu
 $\Sigma V = V_{AA}$
 $0 = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA}$
 $0 = +IR_1 + IR_2 + IR_3 + Ir - \epsilon$



Arus berlawanan arah loop -I
 Ggl bertemu (+) terlebih dahulu
 $\Sigma V = V_{AA}$
 $0 = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA}$
 $0 = -IR_1 - IR_2 - IR_3 - Ir + \epsilon$

Untuk mengetahui tegangan jepit atau beda potensial antara dua titik di dalam suatu rangkaian tertutup dengan rumus

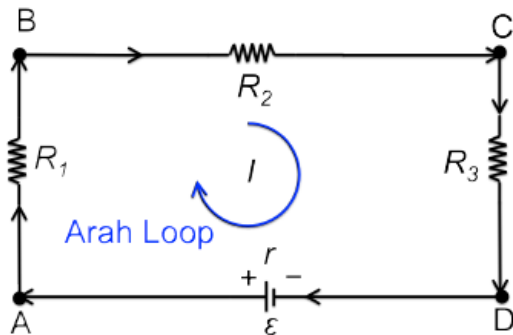
$$V_{XY} = (\Sigma \epsilon)_{XY} + (\Sigma IR)_{XY}$$

Aturan dalam penerapannya

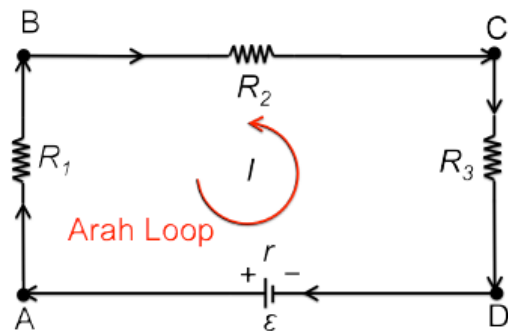
- **Kuat arus** bertanda **positif** jika **searah** $X \rightarrow Y$ dan bertanda **negatif** jika berlawanan arah $X \rightarrow Y$
- Bila melewati sumber arus **dari arah** $X \rightarrow Y$ maka **tanda ggl mengikuti kutub yang dilewati terlebih dahulu**

Contoh

Beda potensial AC atau V_{AC} bisa didapatkan dengan dua cara dan akan memberikan hasil yang sama



Cara I
 A ke C lewat B
 Arus searah ABC +I
 Ggl tidak bertemu dalam ABC
 $V_{AC} = V_{AB} + V_{BC}$



Cara II
 A ke C lewat D
 Arus berlawanan arah ADC -I
 Ggl bertemu (+) dalam ADC
 $V_{AC} = V_{AD} + V_{DC}$

$$V_{AC} = IR_1 + IR_2$$

$$V_{AC} = (-Ir + \epsilon) + (-IR_3)$$

4.3 Rangkaian Majemuk

Rangkaian Majemuk adalah suatu rangkaian listrik yang terdiri dari dua loop atau lebih.

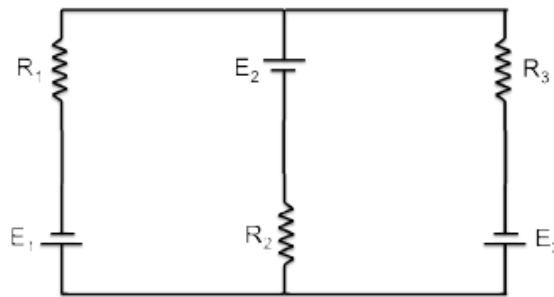
Prinsip hukum Kirchhoff I, II dan hukum Ohm tetap berlaku.

Kita boleh menentukan arah loop secara bebas pada tiap loop dan jika ditemukan arus negatif berarti arus sebenarnya berlawanan arah loop, sebaliknya jika positif berarti arah arus sebenarnya sesuai dengan arah loop.

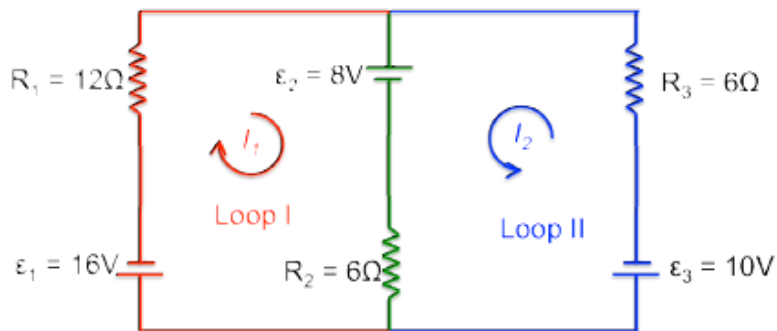
Contoh

Suatu rangkaian arus searah ditunjukkan seperti gambar di bawah ini.

Jika $E_1 = 16V$, $E_2 = 8V$ dan $E_3 = 10V$, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, maka kuat arus yang mengalir melalui R_2 adalah ...



Solusi



Loop I

ϵ_1 bertemu (+) lebih dulu

ϵ_2 bertemu (+) lebih dulu

$$\Sigma IR + \Sigma \epsilon = 0$$

$$I_1 (R_1 + R_2) + I_2 (R_2) + \epsilon_1 + \epsilon_2 = 0$$

Loop II

ϵ_2 bertemu (+) lebih dulu

ϵ_3 bertemu (+) lebih dulu

$$\Sigma IR + \Sigma \epsilon = 0$$

$$I_1 (R_2) + I_2 (R_2 + R_3) + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0$$

$$\begin{aligned}
I_1(12+6) + I_2(6) + 16 + 8 &= 0 \\
18I_1 + 6I_2 + 24 &= 0 \\
18I_1 + 6I_2 &= -24 \\
3I_1 + I_2 &= -4
\end{aligned}$$

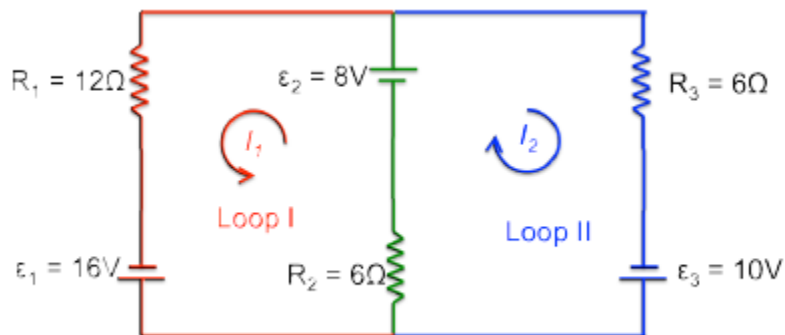
$$\begin{aligned}
I_1(6) + I_2(6+6) + 8 + 10 &= 0 \\
6I_1 + 12I_2 + 18 &= 0 \\
6I_1 + 12I_2 &= -18 \\
I_1 + 2I_2 &= -3
\end{aligned}$$

Eliminasi

$$\begin{array}{r}
3I_1 + I_2 = -4 \\
3I_1 + 6I_2 = -9 \\
\hline
-5I_2 = 5 \\
I_2 = -1
\end{array}$$

$$\begin{array}{r}
3I_1 + I_2 = -4 \\
3I_1 - 1 = -4 \\
3I_1 = -4 + 1 \\
3I_1 = -3 \\
I_1 = -1
\end{array}$$

Arus bertanda negative berarti berlawanan dengan gambar di atas besarnya masing-masing 1 Ampere
Gambar yang benar sebagai berikut.

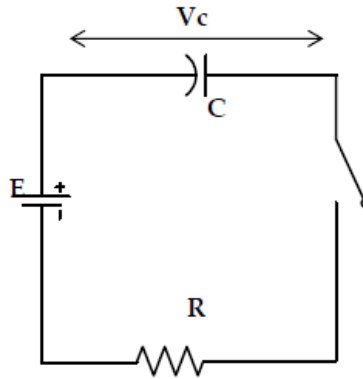


Arus yang melewati hambatan R₂ adalah I₁ + I₂ = 1 + 1 = 2

5. Rangkaian RC & Arus Transien dalam Kapasitor

5.1 Arus Transien dalam Rangkaian RC

Sampai saat ini kita belum mengetahui apa yang terjadi jika arus listrik dc dihubungkan dengan sebuah kapasitor. Jika kita buat rangkaian RC seperti dibawah, mari kita perhatikan apa yang terjadi dengan arus dalam rangkaian dan tegangan pada kapasitor :



Gambar 5.1 Rangkaian RC

Menurut Hukum Kirchoff dalam rangkaian di atas berlaku :

$$-V_c = I.R - E$$

$$-\frac{Q(t)}{C} = I.R - E$$

Jika diturunkan terhadap waktu maka :

$$-\frac{1}{C} \frac{dQ}{dt} = R \frac{dI}{dt} - 0$$

$$-\frac{1}{C} I = R \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{I} = -\frac{1}{RC} dt$$

$$\ln I(t) = -\frac{t}{RC} + B$$

$$I(t) = e^{-\frac{t}{RC} + B} = e^B e^{-\frac{t}{RC}}$$

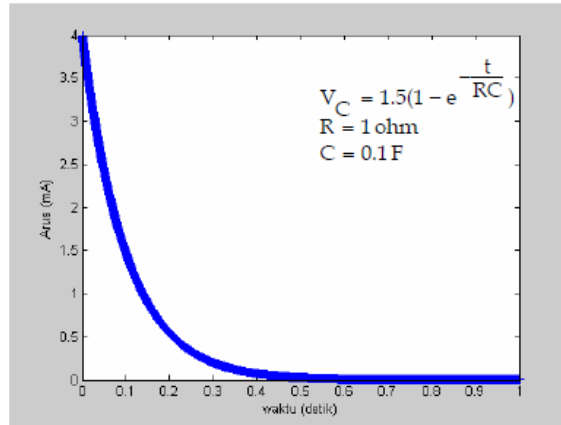
konstanta e^B ini adalah arus awal atau arus pada $t=0$, sehingga :

$$\boxed{I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}} \quad (1)$$

dengan I_0 merupakan arus maksimum yang nilainya menurut hukum Ohm adalah E/R .

Persamaan terakhir ini menggambarkan bagaimana perilaku arus listrik jika dalam rangkaian terdapat kapasitor. Semakin lama arus akan semakin kecil., proses ini disebut arus transien (sementara).

Proses penurunan kuat arus ini terlihat jika kita sketsa dalam kurva berikut ini :

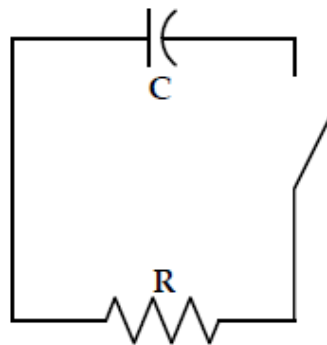


Gambar 5.2 Arus Transien dalam Rangkaian RC

Arus transien terjadi karena kapasitor membutuhkan waktu untuk memenuhi dirinya dengan muatan dan sebaliknya juga terjadi dalam proses mengosongkan dirinya dari muatan. Terdapat dua proses yang terjadi pada kapasitor dalam rangkaian RC, yaitu pengisian muatan dan pengosongan muatan.

5.2 Pengosongan Muatan Listrik dalam Kapasitor

Misalkan kapasitor pada awalnya dengan menggunakan baterai, telah terisi penuh oleh muatan kemudian baterai dilepas, sehingga diperoleh rangkaian di bawah :



Gambar 5.3 Rangkaian RC

Pada saat awal kapasitor kita anggap terisi muatan penuh maka ketika saklar kita hubungkan akan terdapat arus awal sebesar pada rangkaian sebesar :

$$I_0 = \frac{V_0}{R}$$

di mana V_0 adalah tegangan (beda potensial) awal pada kapasitor yang bisa dituliskan sebagai Q/C , sehingga :

$$I_0 = \frac{Q_0}{RC}$$

Menurut hukum Kirchoff berlaku:

Karena $V = Q/C$, maka:

$$-\frac{Q}{C} = R \frac{dQ}{dt}$$

$$\frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC} dt$$

Jika kedua ruas diintegrasikan (ingat bahwa nilai R dan C adalah konstanta) :

$$\int \frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC} \int dt$$

$$\ln Q = -\frac{t}{RC} + A$$

Karena sifat $\ln x = A \rightarrow x = e^A$, maka:

$$Q = e^{-\frac{t}{RC} + A} = e^A e^{-\frac{t}{RC}}$$

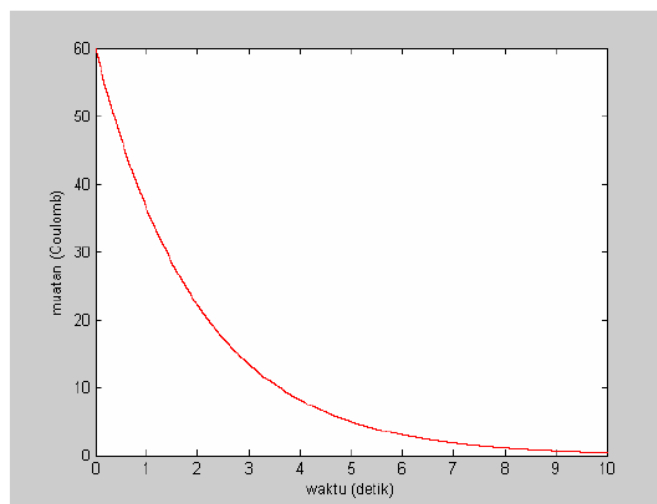
Atau kita tuliskan dalam bentuk baru dengan menuliskan e^A sebagai C:

$$Q = C e^{-\frac{t}{RC}}$$

Konstanta C adalah muatan pada $t=0$ yakni pada saat saklar mulai dihubungkan, sehingga:

$$Q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2)$$

Jika plot dalam grafik untuk hambatan $R = 1$ kilo ohm dan kapasitansi $C = 1$ mF dan muatan awal sebesar 60 Coulomb, maka akan kita peroleh hasil sebagai berikut:



Gambar 5.4 Pengosongan muatan pada kapasitor

Gambar 5.4 menunjukkan pelepasan muatan yang ada di dalam kapasitor yang berkurang setiap saat secara eksponensial (maksudnya turun menurut kurva fungsi eksponen) hingga akhirnya pada t tak hingga (sangat lama) tidak ada muatan lagi dalam kapasitor.

Jika persamaan (2) kita turunkan terhadap waktu, maka akan kita peroleh kembali perilaku arus transien seperti pada persamaan (1) di atas :

$$\frac{dQ}{dt} = Q_0 \frac{dQ}{dt} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$-\frac{dQ}{dt} = \frac{Q}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

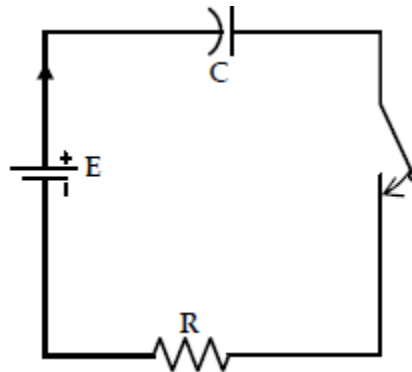
$$I = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Persamaan terakhir ini disebut dengan arus transien yang secara grafik digambarkan pada gambar 5.2 di atas.

5.3 Pengisian Muatan Listrik dalam Kapasitor

Kita juga bisa mengisi kapasitor dengan cara menghubungkan kapasitor pada sebuah sumber tegangan (baterai) dalam waktu tertentu sebagaimana gambar berikut:



Gambar 5.5 Rangkaian pengisi kapasitor

Kapasitor pada saat awal ($t = 0$) kita anggap kosong dari muatan listrik, maka arus listrik pada awalnya seperti pada gambar 5.13, maka menurut hukum Kirchoff berlaku :

$$E - IR - V_C = 0$$

Dengan V_C merupakan beda potensial pada kapasitor, karena $V = Q/C$, maka:

$$E - IR - \frac{Q}{C} = 0$$

Karena $I = \frac{dQ}{dt}$

$$E - \frac{dQ}{dt}R - \frac{Q}{C} = 0$$

$$E = \frac{dQ}{dt}R + \frac{Q}{C}$$

Jika kita kalikan dengan C pada masing-masing ruas :

$$EC = \frac{dQ}{dt}RC + Q$$

Kita susun persamaan di atas hingga kita peroleh:

$$\frac{dQ}{EC - Q} = \frac{dt}{RC}$$

Jika kita integrasi kedua ruas:

$$\int \frac{dQ}{EC - Q} = \int \frac{dt}{RC}$$

$$-\ln(EC - Q) = \frac{t}{RC} + B$$

Karena sifat $\ln x = A \rightarrow x = e^A$

$$EC - Q = e^{-B} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Jika kita sebut saja e^{-B} sebagai A maka :

$$Q = CE - A e^{-\frac{t}{RC}}$$

persamaan ini bisa kita sederhanakan dengan mengingat bahwa $t=0$, muatan Q haruslah 0, sehingga :

$$0 = CE - A \rightarrow A = CE$$

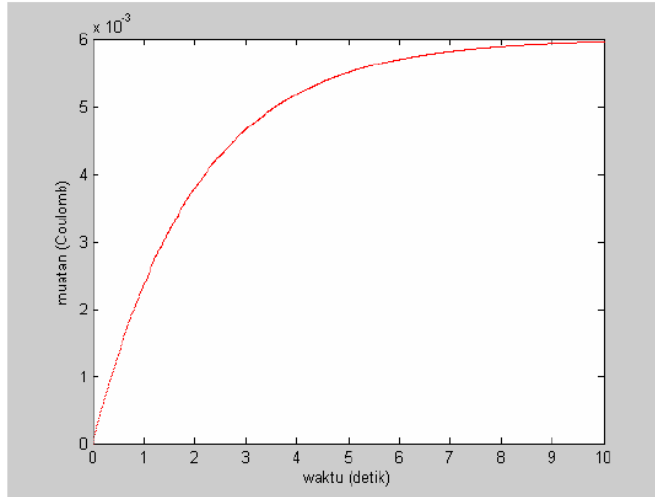
Maka:

$$Q = CE(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Nilai CE ini adalah tidak lain muatan maksimum (akhir) dari kapasitor, yang kita sebut sebagai Q_{\max} :

$$\boxed{Q = Q_{\max} (1 - e^{-\frac{t}{RC}})} \quad (3)$$

Untuk $E = 3$ volt, $R = 1 \text{ K}\Omega$ dan $C = 3\text{mF}$, dihasilkan kurva pengisian kapasitor seperti dibawah:



Gambar 5.6 Pengisian Muatan pada Kapasitor

Gambar 5.6 menunjukkan bahwa pada $t = 0$ muatan pada kapasitor adalah kosong dan kemudian terus menerus bertambah hingga menuju suatu nilai maksimum tertentu. Pada saat tersebut kapasitor akan memiliki polarisasi muatan yang berlawanan dengan baterai E .

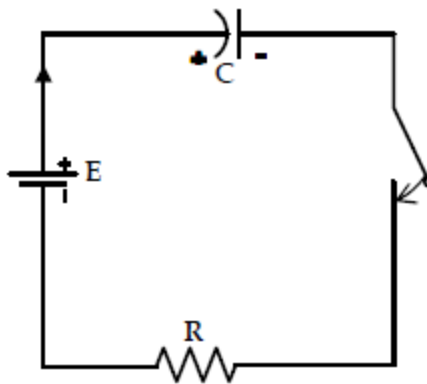
Jika kita ingin melihat perilaku arus listrik pada saat pengisian kapasitor maka dengan menurunkan persamaan (3) terhadap waktu :

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{Q_{\max}}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$I = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Dalam gambar 5.7 berikut terlihat bahwa setelah terisi muatan, kapasitor memiliki arah polarisasi (positif-negatif) yang berlawanan dengan baterai



Gambar 5.7 Polarisasi Kapasitor setelah terisi muatan

5.4 Perilaku Tegangan pada Kapasitor

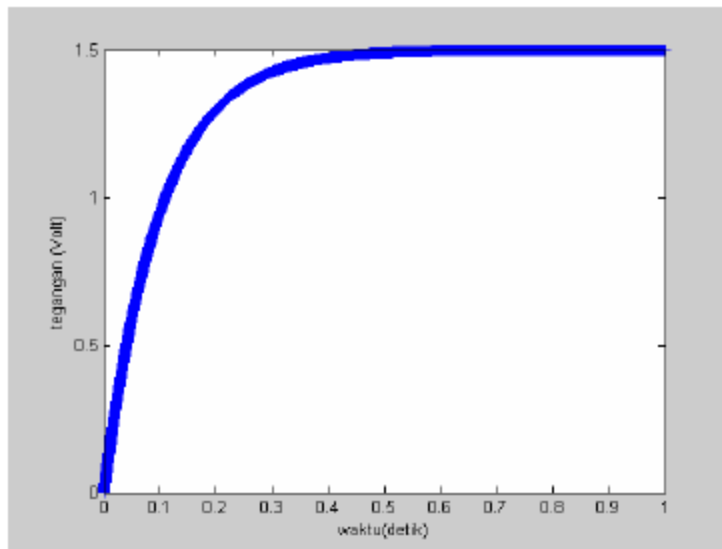
Pada saat pengisian kapasitor perilaku tegangan pada kapasitor dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_C &= -\frac{Q(t)}{C} = -\frac{1}{C} \int I(t) dt \\ &= -\frac{1}{C} \int \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} dt \\ &= -\frac{E}{RC} \int e^{-\frac{t}{RC}} dt \\ &= -E e^{-\frac{t}{RC}} + B\end{aligned}$$

Pada $t = 0$ maka $V_C = 0$ sehingga $B=E$, untuk itu persamaan lengkapnya:

$$V_C = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (4)$$

Dari penurunan di atas bisa kita lihat bahwa pada $t=0$ tegangan pada kapasitor juga nol, akan tetapi makin lama makin membesar mendekati harga maksimum E (sumber tegangan)



Gambar 5.8 Pengisian Muatan dalam Rangkaian RC

Dari pengalaman sehari-hari, ketika anda mematikan sebuah alat listrik (apapun) yang mengandung kapasitor di dalamnya, kadang arus listrik tidak langsung mati, akan tetapi seringkali harus menunggu beberapa saat, ini terjadi karena seperti yang kita bahas di atas, bahwa arus dalam kapasitor memerlukan waktu untuk mengosongkan muatan sampai benar-benar kosong (arus sama dengan nol). Hal ini harus

menjadi kehati-hatian anda agar menunggu beberapa saat setelah kontak dengan sumber tegangan diputus.

5.5 Konstanta Waktu (τ)

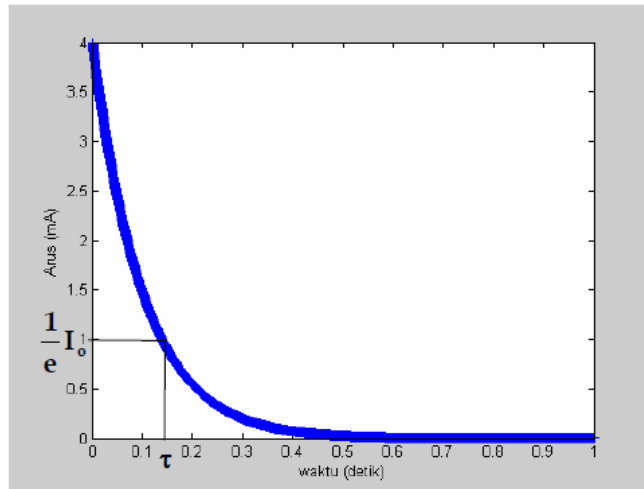
Konstanta waktu τ merupakan "indikator" waktu yang diperlukan untuk sebuah kapasitor untuk mengosongkan muatan yang ada di dalamnya sehingga berkurang sebesar $1/e$ -nya, sehingga :

$$\tau = RC \quad (5)$$

Dengan demikian persamaan (1) di atas dapat kita tuliskan menjadi :

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (6)$$

Pada saat waktu = τ , secara grafis ditunjukkan pada gambar di bawah :



Gambar 5.9 Arus pada saat $t = \tau$

Contoh :

Sebuah baterai 6 volt digunakan untuk mengisi kapasitor dalam suatu rangkaian RC, dengan $C = 4\mu\text{F}$ dan $R = 1\text{ k}\Omega$, hitunglah :

- Konstanta waktu
- Arus mula-mula
- Besarnya muatan akhir pada kapasitor

Jawab :

a. Konstanta waktu:

$$\tau = RC = (1000)(4 \times 10^{-6}) = 4 \times 10^{-3} \text{ detik}$$

b. Arus mula-mula :

$$I_0 = \frac{E}{R} = \frac{6}{1000} = 6 \text{ mA}$$

c. Besarnya muatan akhir yang terisi dalam kapasitor:

$$Q = CE = (4 \times 10^{-6})(6) = 2,4 \times 10^{-5} \text{ C}$$

Dalam contoh soal ini, nilai konstanta waktu $\tau = 4 \times 10^{-3}$ detik menunjukkan bahwa, rangkaian RC tersebut membutuhkan waktu 4×10^{-3} detik untuk mengurangi arusnya hingga $1/e$ nya yakni sekitar $I_0/2,718$ atau $0,368I_0 = 2.208 \text{ mA}$

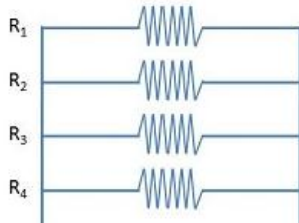
Soal

1. Berikut ini yang merupakan komponen pasif rangkaian listrik, kecuali...
 - a. Resistor
 - b. Induktor
 - c. Kapasitor
 - d. Transistor
2. Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah yang mengalir dalam satu rangkaian.
 - a. Arus
 - b. Tegangan
 - c. Daya
 - d. Frekuensi
3. Kapasitas dari sebuah kapasitor adalah perbandingan antara banyaknya muatan listrik dengan
 - a. Tegangan kapasitor
 - b. Daya kapasitor
 - c. Arus kapasitor
 - d. Kapasitansi
4. Rangkaian listrik yang disusun secara berturut atau berderet disebut rangkaian....
 - a. Seri
 - b. Paralel
 - c. Campuran
 - d. Tertutup
5. Jika muatan dan kapasitas kapasitor diketahui berturut-turut sebesar $5 \mu\text{C}$ dan $20 \mu\text{F}$, beda potensial kapasitor tersebut adalah....
 - a. 0,25 Volt
 - b. 0,20 volt
 - c. 2,5 volt
 - d. 2,0 volt
6. Resistor dengan warna Cokelat, Orange, Biru, Emas, nilainya adalah.....
 - a. $11 \text{ M}\Omega \pm 5\%$
 - b. $12 \text{ M}\Omega \pm 10\%$
 - c. $13 \text{ M}\Omega \pm 5\%$
 - d. $14 \text{ M}\Omega \pm 10\%$

7. Nilai resistor dengan warna gelang dibawah ini adalah....

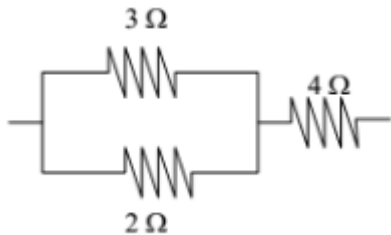


8. Berapakah hambatan total untuk resistor yang dibubungkan seperti pada gambar dibawah jika diketahui R1 8 ohm, R2 12 ohm, R3 4 ohm dan R4 20 ohm.....



- a. 1,4 ohm
- b. 1,6 ohm
- c. 2,0 ohm
- d. 2,6 ohm

9. Perhatikan rangkaian hambatan pada gambar berikut! Hambatan total dari ketiga resistor adalah...

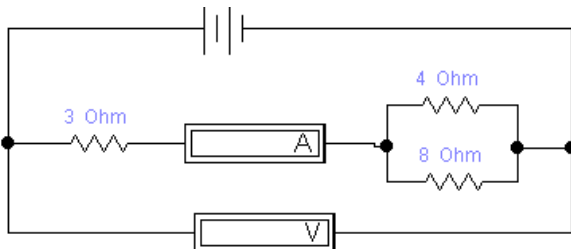


- a. 7,0 Ω
- b. 8,2 Ω
- c. 6,0 Ω
- d. 5,2 Ω

10. Sebuah lampu dihubungkan dengan listrik yang mempunyai tegangan 12 V. Ketika diukur, ternyata kuat arusnya adalah 0,4 Ampere. Besar hambatan pada lampu tersebut adalah....

- a. 30 ohm
- b. 40 ohm
- c. 50 ohm
- d. 60 ohm

11. Perhatikan gambar dibawah ini!

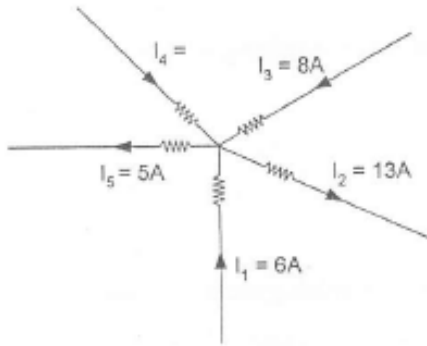


Jika amperemeter menunjukkan skala 0,6 A, maka nilai yang terukur pada voltmeter adalah

- a. 1,5 volt
- b. 3,4 volt

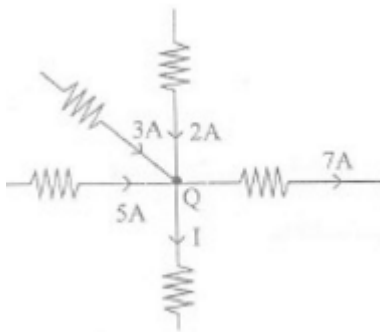
- c. 4,5 volt
- d. 6,2 volt

12. Perhatikan gambar percabangan arus listrik berikut. Besar I_4 adalah....



- a. 14 A
- b. 8 A
- c. 6 A
- d. 4 A

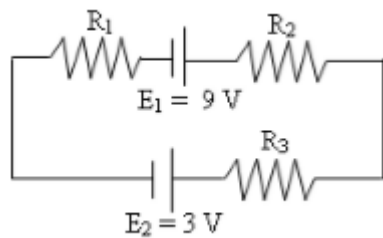
13. Perhatikan gambar titik percabangan arus listrik pada rangkaian berikut!



Kuat arus I yang mengalir adalah....

- a. 3 A
- b. 7 A
- c. 13 A
- d. 17 A

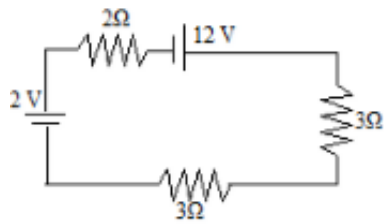
14. Perhatikan gambar rangkaian tertutup dibawah ini



Apabila $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ dan $R_3 = 6\Omega$, maka kuat arus yang mengalir pada rangkaian adalah....

- a. 1,2 A
- b. 1,0 A
- c. 0,6 A
- d. 0,5 A

15. Dari gambar rangkaian dibawah, besar kuat arus yang mengalir pada rangkaian adalah....



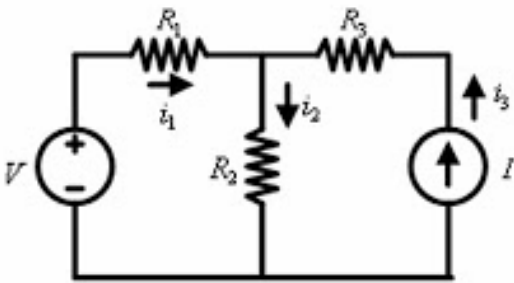
- a. 3 A
- b. 4 A
- c. 6 A
- d. 8 A

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.

Mohamad Ramdhani. 2005. Diktat Rangkaian Listrik. Bandung: STT Telkom.



Menganalisis Rangkaian Listrik Arus Searah

DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK

Rudy Rachida

Menganalisis Rangkaian Listrik Arus Searah

Keuntungan besar dalam menggunakan hukum Kirchoff dalam menganalisis rangkaian adalah kita dapat menganalisis tanpa mengurus konfigurasi sebenarnya dari rangkaian tersebut. Kerugian dari pendekatan ini adalah untuk menyelesaikan rangkaian yang kompleks dibutuhkan perhitungan rumit dan membosankan.

Alasan diatas menyebabkan para ilmuwan menciptakan teori untuk menyederhanakan proses analisis rangkaian. Berikut adalah teorema tersebut:

1. Teori Superposisi

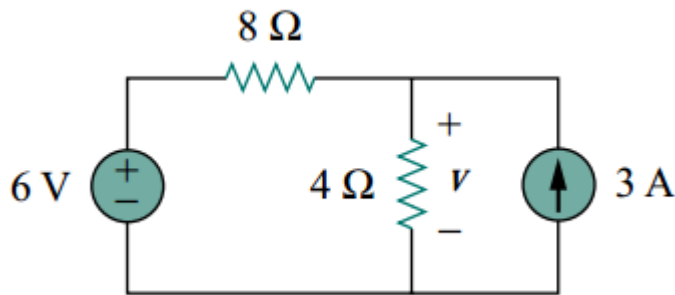
Jika sebuah rangkaian memiliki dua atau lebih sumber tegangan searah, cara untuk menghitung variabel tertentu (tegangan atau arus) adalah dengan menggunakan analisis node atau mesh. Cara lain yaitu menentukan kontribusi tiap sumber independen dan menambahkan hasil tersebut. Inilah yang disebut Superposisi.

kita harus mengingat dua hal dalam menerapkan teori ini, yaitu:

1. Diasumsikan satu sumber independen bekerja pada satu waktu sementara semua sumber independen dimatikan. Ini berarti bahwa kita mengganti setiap sumber tegangan menjadi 0 V (atau *short circuit*), dan setiap sumber arus menjadi 0 A (atau *open circuit*). Dengan cara ini kita mendapatkan rangkaian sederhana dan lebih mudah dikelola.

2. Sumber dependen dibiarkan utuh karena mereka dipengaruhi oleh variabel-variabel rangkaian.

Contoh :



Gambar 4.1 Sumber arus dan sumber tegangan

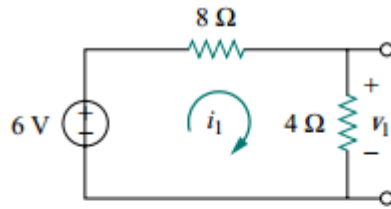
Gunakan teori superposisi untuk mencari v di dalam rangkaian pada gambar diatas.

Penyelesaian:

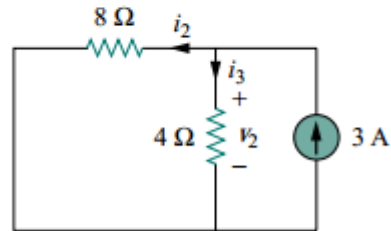
Karena ada dua sumber, dapat ditulis

$$v = v_1 + v_2$$

Dimana v_1 dan v_2 merupakan kontribusi dari sumber tegangan 6 V dan sumber arus 3 A. Untuk menghitung v_1 kita buat sumber arus menjadi nol seperti yang terlihat pada gambar 4.2(a).



(a)



(b)

Gambar 4.2 (a) menghitung v_1 , (b) menghitung v_2

Dengan mengaplikasikan KVL pada loop dalam Gambar 4.2(a) diperoleh

$$12i_1 - 6 = 0 \Rightarrow i_1 = 0.5 \text{ A}$$

Maka,

$$v_1 = 4i_1 = 2 \text{ V}$$

kita juga dapat menggunakan pembagi tegangan untuk mendapatkan v_1 dengan menuliskan

$$v_1 = \frac{4}{4 + 8}(6) = 2 \text{ V}$$

Untuk menghitung v_2 , sumber tegangan diasumsikan nol, seperti pada Gambar 4.2(b) dengan menggunakan pembagian arus

$$i_3 = \frac{8}{4 + 8}(3) = 2 \text{ A}$$

Jadi ,

$$v_2 = 4i_3 = 8 \text{ V}$$

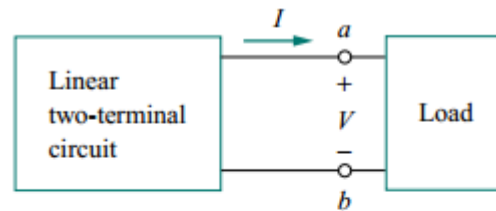
Dan diperoleh

$$v = v_1 + v_2 = 2 + 8 = 10 \text{ V}$$

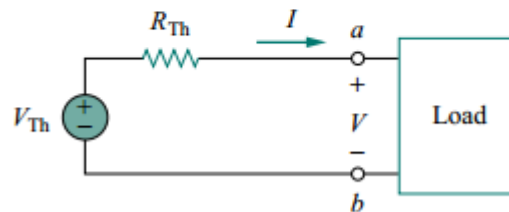
2. Teori Thevenin dan Norton

Teori Thevenin

Teori thevenin menyatakan bahwa setiap rangkaian dua terminal dapat diganti dengan rangkaian yang memiliki sumber tegangan V_{Th} yang diserikan dengan hambatan R_{Th} , dimana V_{Th} tegangan *open-circuit* pada terminal dan R_{Th} adalah input atau hambatan yang ekuivalen pada terminal ketika sumber independen dimatikan.



(a)

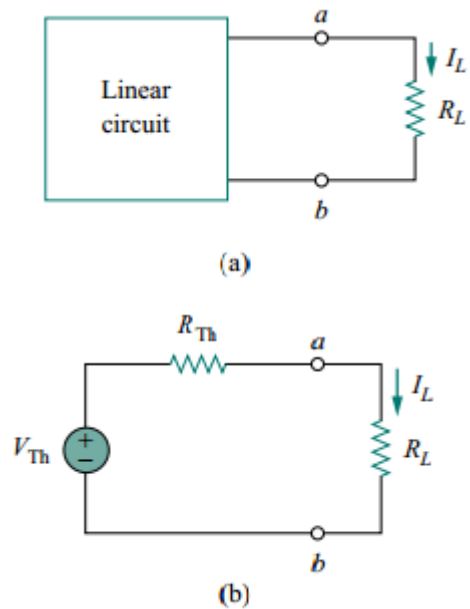


(b)

Sesuai dengan teori thevenin, rangkaian linear pada Gambar 4.3(a) dapat diganti dengan rangkaian pada Gambar 4.3(b). (*Load* pada Gambar 4.3 dapat berupa satu buah resistor ataupun rangkaian lain).

Teori thevenin merupakan teori yang sangat penting di dalam analisis rangkaian. Teori ini dapat membantu menyederhanakan rangkaian. Rangkaian yang besar dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan independen dan sebuah resistor. Teknik penggantian ini sebuah alat yang sangat baik dalam mendesain sebuah rangkaian.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa sebuah rangkaian linear dapat diganti dengan ekuivalen thevenin. Rangkaian tersebut mempunyai sifat yang sama secara eksternal dengan rangkaian yang sebenarnya. Jika terminal rangkaian linear dihubungkan oleh R_L sebagai beban, seperti pada Gambar 4.4(a). Arus I_L yang mengalir pada beban dan tegangan V_L pada beban dapat dihitung dengan mudah jika Ekuivalen thevenin dari rangkaian telah ditemukan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4(b).



Gambar 4.4 (a) Rangkaian sebenarnya, (b) Ekuivalen Thevenin

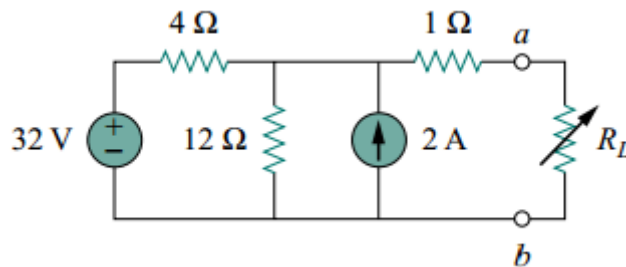
Dari Gambar 4.4(b), diperoleh

$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L}$$

$$V_L = R_L I_L = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} V_{Th}$$

Contoh :

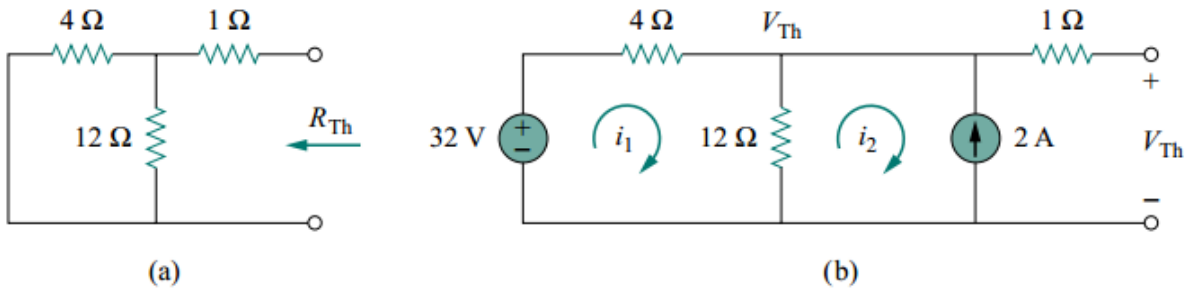
Cari rangkain thevenin pada Gambar dibawah ini. Kemudian hitung arus yang melewati $R_L = 6, 16,$ dan 36Ω .



Penyelesaian :

Kita mencari R_{Th} dengan mematikan sumber tegangan 32 V (menjadikan *short circuit*) dan sumber arus 2 A (menjadi *open circuit*). Rangkaian menjadi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5(a). Jadi,

$$R_{Th} = 4 \parallel 12 + 1 = \frac{4 \times 12}{16} + 1 = 4 \Omega$$



Gambar 4.5 (a) Mencari R_{Th} , (b) Mencari V_{Th}

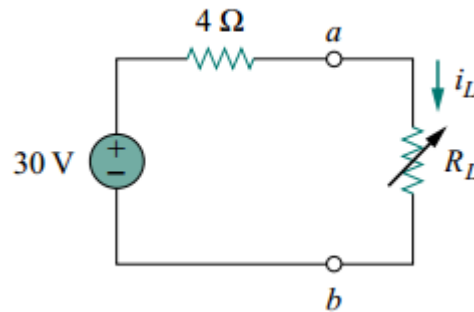
Untuk mencari V_{Th} , lihat pada Gambar 4.5(b). Aplikasikan analisis mesh pada dua loop, kita peroleh

$$-32 + 4i_1 + 12(i_1 - i_2) = 0, \quad i_2 = -2 \text{ A}$$

Dengan memasukkan i_2 diperoleh $i_1 = 0,5 \text{ A}$

$$V_{Th} = 12(i_1 - i_2) = 12(0,5 + 2) = 30 \text{ V}$$

Rangkaian ekuivalen thevenin ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rangkaian ekuivalen Thevenin

Arus yang melewati R_L adalah

$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{30}{4 + R_L}$$

$R_L = 6,$

$$I_L = \frac{30}{10} = 3 \text{ A}$$

$$R_L = 16,$$

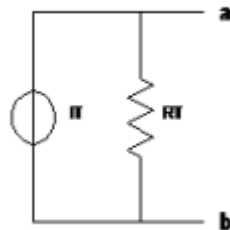
$$I_L = \frac{30}{20} = 1,5 \text{ A}$$

$$R_L = 36,$$

$$I_L = \frac{30}{40} = 0,75 \text{ A}$$

Teori Norton

Dan menurut Norton, sebuah rangkaian dengan dua terminal dapat diganti dengan sebuah sumber arus konstan I_N dan sebuah resistansi paralel R_N .

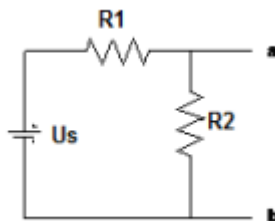


Gambar 4.4 Sirkuit Ekuivalen Norton

Di mana I_N merupakan arus hubung singkat yaitu arus ketika terminal a-b dihubungkan singkat dan R_N merupakan resistansi total dilihat dari terminal a-b ketika sumber tegangan dari rangkaian dua terminal tersebut dihubungkan singkat.

Contoh 1:

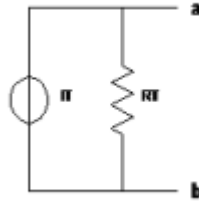
Tentukan sirkuit ekuivalen norton, dari suatu rangkaian aktif dua terminal yang memiliki dua resistor $R_1=10$ ohm, $R_2=30$ ohm, dan $U_s = 12V$, seperti gambar berikut



Penyelesaian:

Menurut Norton, sebuah rangkaian dengan dua terminal dapat diganti dengan sebuah sumber arus konstan I_T dan sebuah resistan paralel R_T . Di mana I_T merupakan arus hubung singkat yaitu arus ketika terminal a-b dihubung singkat dan R_T merupakan resistansi total dilihat dari terminal a-b ketika sumber tegangan dari rangkaian dua terminal tersebut dihubung singkat.

Rangkaian ekivalen Norton:



Dimana

$$I_T = \frac{U_s}{R_1} = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ A}$$

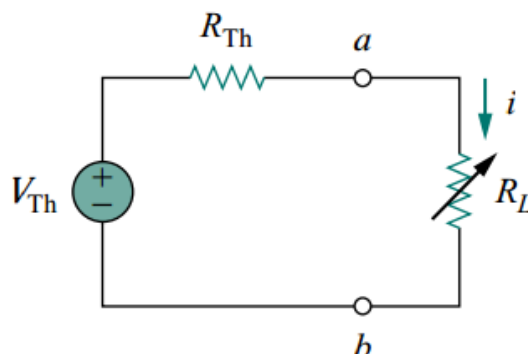
$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 30}{10 + 30} = 7,5 \Omega$$

3. Transfer daya maksimum

Dalam banyak kasus, sebuah rangkaian dirancang untuk memberikan daya pada beban. Untuk perangkat-perangkat elektronik, dengan meminimalisasi *power losses* pada proses transmisi dan distribusi sangat penting dalam efisiensi dan alasan ekonomi, ada beberapa aplikasi di dalam beberapa area seperti komunikasi yang membutuhkan daya maksimal.

Teori thevenin sangat berguna didalam mencari daya maksimum rangkaian linear yang dapat dikirimkan ke beban. Kita asumsikan bahwa kita dapat mengatur tahanan dari beban sebesar R_L . Jika keseluruhan rangkaian diganti dengan rangkaian thevenin kecuali pada beban seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, maka daya yang dikirimkan pada beban sebesar

$$p = i^2 R_L = \left(\frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L} \right)^2 R_L \quad 4.21$$



Gambar 4.7 Rangkaian yang digunakan untuk transfer daya maksimum

Daya maksimum adalah daya yang ditransfer ke beban ketika resistansi beban sama dengan resistansi Thevenin seperti yang terlihat pada beban ($R_{Th} = R_L$).

Untuk membuktikan teori transfer daya maksimum, kita diferensialkan atau turunkan p pada persamaan diatas terhadap R_L dan hasilnya diatur sama dengan nol. Kita peroleh

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dR_L} &= V_{Th}^2 \left[\frac{(R_{Th} + R_L)^2 - 2R_L(R_{Th} + R_L)}{(R_{Th} + R_L)^4} \right] \\ &= V_{Th}^2 \left[\frac{(R_{Th} + R_L - 2R_L)}{(R_{Th} + R_L)^3} \right] = 0 \end{aligned}$$

Ini berarti bahwa

$$0 = (R_{Th} + R_L - 2R_L) = (R_{Th} - R_L) \quad 4.22$$

Sehingga menghasilkan

$$R_L = R_{Th} \quad 4.23$$

Menunjukkan bahwa transfer daya maksimum mengambil alih ketika hambatan beban, R_L sama dengan hambatan thevenin, R_{Th} . Kita dapat dengan mudah mengkonfirmasi bahwa persamaan 4.23 memberikan daya maksimum dengan menunjukkan bahwa $d^2p/dR_L^2 < 0$.

Transfer daya maksimum dapat diperoleh dengan melakukan substitusi 4.23 ke persamaan 4.21

$$P_{max} = \frac{V_{Th}^2}{4R_{Th}} \quad 4.24$$

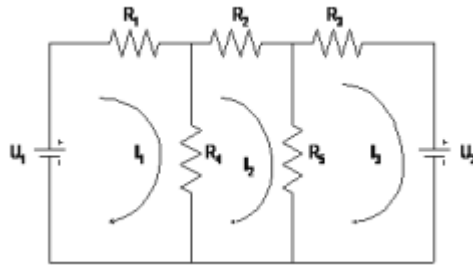
Persamaan 4.24 hanya berlaku ketika $R_L = R_{Th}$. Ketika $R_L \neq R_{Th}$, daya yang ditransfer ke beban dihitung menggunakan persamaan 4.21.

4. Teori Maxwell

Maxwell memperkenalkan suatu metoda yang disebutnya sebagai metoda arus-arus loop (current-loop) untuk menyelesaikan permasalahan jaringan listrik yang rumit. Dalam metode ini Maxwell mengembangkan aturan-aturan yang telah dikemukakan oleh Kirchoff dalam Hukum Kirchoff tegangan dan menerapkannya melalui loop-loop yang dibentuk pada rangkaian yang bersangkutan.

Dengan menerapkan arah arus loop maka arah arus pada setiap cabang resistor secara otomatis dapat mengikuti arah loop tersebut. Sehingga kita tidak perlu memperkirakan lagi secara khusus arah arus setiap cabang.

Berikut ini diberikan contoh aplikasinya.



Dari gambar diketahui suatu rangkaian listrik yang terdiri dari dua buah sumber tegangan (baterai) U_1 dan U_2 dan lima buah resistor R_1 , R_2 , R_3 , R_4 dan R_5 yang tersambung secara seri dan parallel.

Untuk menyelesaikan masalah ini, maka Maxwell membuat perkiraan arus loop sebanyak tiga buah loop dengan arah arus searah jarum jam, yaitu loop pertama dengan arus I_1 , loop kedua dengan arus I_2 dan loop ketiga dengan arus I_3

Dengan arus loop ini kita akan mudah menentukan arus pada setiap cabangnya. Misalnya : arus pada R_1 adalah I_1 , pada R_4 adalah $I_1 - I_2$, pada R_2 adalah I_2 , pada R_5 adalah $I_2 - I_3$ dan pada R_3 adalah I_3 .

Dengan menerapkan hukum tegangan dari Kirchoff kepada ketiga loop tersebut maka kita dapatkan :

Loop I

$$U_1 - I_1 \cdot R_1 - (I_1 - I_2) \cdot R_4 = 0$$

$$I_1 (R_1 + R_4) - I_2 \cdot R_4 - U_1 = 0$$

Loop II

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

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

Loop III

$$-I_3 \cdot R_3 - U_2 - (I_3 - I_2) \cdot R_5 = 0$$

$$I_2 \cdot R_5 - I_3 (R_3 + R_5) - U_2 = 0$$

Dengan menyelesaikan ketiga persamaan loop tersebut akan kita dapatkan semua arus cabang yang ada pada rangkaian tersebut.

Arus Mata Jala dan Matriks

Persamaan simultan n dari sebuah jaringan mata jala dapat dituliskan dalam bentuk matriks. Elemen-elemen matriks dapat digunakan dalam bentuk umum sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}$$

Bila kita terapkan ke contoh aplikasi metoda loop dari Maxwell di atas maka kita dapatkan sebagai berikut:

Elemen R11 (baris 1, kolom 1) adalah jumlah dari semua tahanan di mana arus mata jala I1 melewatinya yakni R1 dan R4. Dengan cara yang sama, elemen R22 (baris 2, kolom 2) dan R23 (baris 2, kolom 3) adalah jumlah dari semua tahanan di mana arus I2 dan I3 melewatinya.

Elemen R12 (baris 1, kolom 2) adalah jumlah dari semua tahanan di mana arus mata jala I1 dan I2 melewatinya. Tanda R12 adalah positif jika kedua arus dalam arah yang sama melalui masing-masing tahanan dan negatif bila mereka dalam arah yang berlawanan.

Dalam contoh di atas R4 adalah satu-satunya tahanan milik bersama bagi arus I1 dan I2 dan arah-arahnya adalah melawan arah dalam R4 sehingga tandanya adalah negatif. Dengan cara yang sama, elemen R21, R23, R13 dan R31 adalah penjumlahan dari tahanan-tahanan bersama bagi kedua arus mata jala yang ditunjukkan oleh angka subskrip-nya.

Matrik arus tidak memerlukan penjelasan, karena elemen-elemen berada dalam sebuah kolom tunggal dengan angka subskrip 1, 2 dan 3. untuk memperlihatkan arus mata jala yang bersangkutan.

Elemen U1 dalam matriks tegangan adalah penjumlahan dari semua sumber tegangan yang menggerakkan arus mata jala I1. Di dalam menghitung penjumlahan, sebuah tegangan dihitung positif bila I1 lewat dari terminal negatif ke terminal positif dari sumber, jika tidak maka dihitung negatif. Dengan kata lain, sebuah tegangan adalah positif jika sumber menggerakkan arus dalam arah yang sama dengan arus mata jala.

Dalam contoh di atas, mata jala 1 memiliki satu sumber tegangan U1 menggerakkan arus dalam arah I1, mata jala 2 tidak memiliki sumber dan mata jala 3 memiliki sumber U2 menggerakkan arus berlawanan dengan arah I3 sehingga membuat U3 menjadi negatif. Untuk lebih jelasnya perhatikan hasil berikut ini:

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_4 & -R_4 & 0 \\ -R_4 & R_2 + R_4 + R_5 & -R_5 \\ 0 & -R_5 & R_5 + R_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ 0 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Persamaan matriks yang didapat dari metode arus mata jala dapat diselesaikan dengan berbagai cara. Salah satu yang banyak disukai adalah metode determinan dari Cramer, sebagai berikut: Arus I_1 yang tidak diketahui diperoleh sebagai perbandingan antara dua determinan. Determinan penyebut memiliki elemen-elemen dari matriks tahanan Ini bisa ditunjukkan sebagai determinan dari koefisien-koefisien dan diberi simbol ΔR .

Determinan pembilang memiliki elemen yang sama seperti ΔR kecuali dalam kolom pertama di mana elemen matriks tegangan menggantikan elemen determinan koefisien. Jadi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} U_1 & R_{12} & R_{13} \\ U_2 & R_{22} & R_{23} \\ U_3 & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix}} = \frac{1}{\Delta R} \begin{vmatrix} U_1 & R_{12} & R_{13} \\ U_2 & R_{22} & R_{23} \\ U_3 & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix}$$

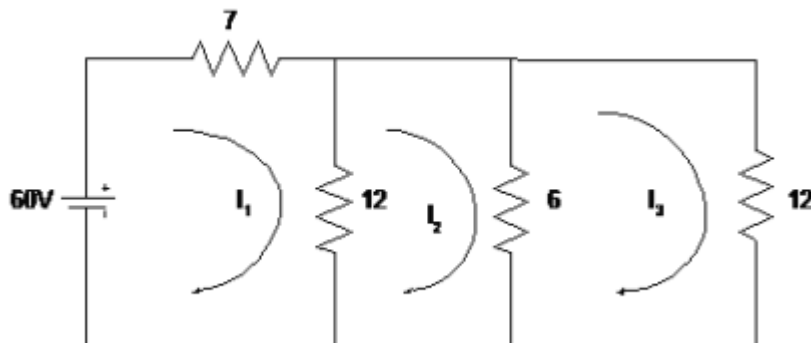
Dengan cara yang sama kita dapatkan harga arus mata jala lainnya, yaitu:

$$I_2 = \frac{1}{\Delta R} \begin{vmatrix} R_{11} & U_1 & R_{13} \\ R_{21} & U_2 & R_{23} \\ R_{31} & U_3 & R_{33} \end{vmatrix}$$

$$I_3 = \frac{1}{\Delta R} \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & U_1 \\ R_{21} & R_{22} & U_2 \\ R_{31} & R_{32} & U_3 \end{vmatrix}$$

Contoh Soal :

Tentukan parameter arus mata jala pada rangkaian berikut ini :



Penyelesaian :

Penerapan hukum tegangan Kirchoff pada masing-masing mata jala menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$60 = 7I_1 + 12(I_1 - I_2)$$

$$0 = 12(I_2 - I_1) + 6(I_2 - I_3)$$

$$0 = 6(I_3 - I_2) + 12I_3$$

Persamaan Matriks-nya didapat sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 19 & -12 & 0 \\ -12 & 18 & -6 \\ 0 & -6 & 18 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 60 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

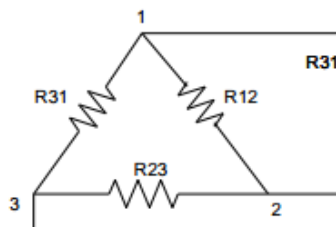
Sesuai aturan Cramer kita dapatkan harga I_1 yaitu :

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 60 & -12 & 0 \\ 0 & 18 & -6 \\ 0 & -6 & 18 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 19 & -12 & 0 \\ -12 & 18 & -6 \\ 0 & -6 & 18 \end{vmatrix}} = \frac{17280}{2880} = 6A$$

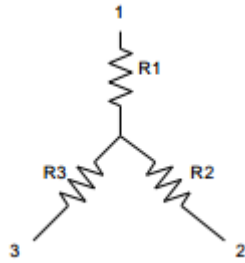
5. Transformasi Star-Delta

Penerapan hukum Kirchoff pada penyelesaian jaringan-jaringan yang mempunyai banyak cabang-cabang paralel, akan menjumpai banyak persamaan yang harus diselesaikan sekaligus sehingga seringkali membuat sulit penyelesaiannya. Penerapan teori Transformasi segitiga bintang atau sebaliknya dapat mengatasi masalah tersebut di atas. Jaringan yang kompleks seperti itu dapat disederhanakan dengan mengganti cabang-cabang atau rangkaian yang tersambung segitiga dengan rangkaian yang tersambung dalam bintang yang ekuivalen dengan rangkaian segitiganya atau sebaliknya.

Misalnya diketahui tiga buah resistor R_{12} , R_{23} dan R_{31} tersambung dalam segitiga seperti gambar berikut ini :



Rangkaian segitiga seperti di atas dapat diganti dengan rangkaian bintang dengan R_1 , R_2 dan R_3 di mana kedua rangkaian tersebut ekuivalen.



Kedua macam sambungan tersebut di atas dikatakan ekuivalen secara listrik, jika resistor yang diukur antara setiap pasang terminal mempunyai harga yang sama bagi kedua macam sambungan tersebut. Perhatikan sambungan segitiga, antara terminal 1 dan 2 terdapat dua jalur paralel, yaitu antara R12 paralel dengan jumlah (R23 + R31). Sehingga tahanan antara terminal 1 dan 2 adalah :

$$= \frac{R12 \times (R23 + R31)}{R12 + (R23 + R31)}$$

Perhatikan sambungan bintang, antara terminal 1 dan 2 terdapat terdapat dua jalur dalam seri yaitu R1 dan R2 atau tahanan totalnya menjadi:

$$= R1 + R2$$

Tahanan antara terminal 1 dan 2 baik dalam segitiga maupun dalam bintang harus sama, sehingga :

$$R1 + R2 = \frac{R12 \times (R23 + R31)}{R12 + R23 + R31} \dots\dots\dots(1)$$

Begitu pula untuk terminal 2 dan 3 serta terminal 3 dan 1, didapatkan harga-harga .

$$R2 + R3 = \frac{R23 \times (R31 + R12)}{R12 + R23 + R31} \dots\dots\dots(2)$$

$$R3 + R1 = \frac{R31 \times (R12 + R23)}{R12 + R23 + R31} \dots\dots\dots(3)$$

Untuk menyelesaikan persamaan tersebut, dilakukan sebagai berikut :

Persamaan (1) dikurangi dengan persamaan (2) dan hasilnya ditambah dengan persamaan (3), maka akan didapatkan harga-harga elemen dalam bintang, yaitu : R1,R2 dan R3 sebagai berikut :

Nilai R1 :

$$R1 = \frac{R31 \times R12}{R12 + R23 + R31}$$

Nilai R2 :

$$R2 = \frac{R12 \times R23}{R12 + R23 + R31}$$

Nilai R3 :

$$R3 = \frac{R31 \times R23}{R12 + R23 + R31}$$

Dari ketiga persamaan di atas, nampaklah bahwa setiap pembilang (numerator) adalah hasil kali dari kedua sisi segitga yang bertemu pada titik dalam bintang, sehinga dapat didefinisikan sebagai berikut :

Tahanan masing-masing lengan bintang sama dengan hasil kali tahanan-tahanan dari dua buah sisi segitiga yang bertemu pada ujung-ujungnya, dibagi dengan jumlah dari ketiga buah tahanan-tahanan dalam delta.

Transformasi dari rangkaian bintang ke segitiga lebih mudah dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan (1), (2) dan (3) di atas sebagai berikut: Kita kalikan persamaan (1) dan (2). Persamaan (2) dan (3) dan persamaan (3) dan (1).

$$R1.R2 = \left\{ \frac{R31.R12}{R12 + R23 + R31} \right\} \left\{ \frac{R12.R23}{R12 + R23 + R31} \right\}$$

$$R1.R2 = \left\{ \frac{(R12)^2.R13.R23}{R12 + R23 + R31} \right\}$$

$$R2.R3 = \left\{ \frac{R12.R23}{R12 + R23 + R31} \right\} \left\{ \frac{R31.R23}{R12 + R23 + R31} \right\}$$

$$R2.R2 = \left\{ \frac{R12.R13.(R23)^2}{R12 + R23 + R31} \right\}$$

$$R1.R3 = \left\{ \frac{R31.R12}{R12 + R23 + R31} \right\} \left\{ \frac{R31.R23}{R12 + R23 + R31} \right\}$$

$$R1.R3 = \left\{ \frac{R12.(R13)^2.R23}{R12 + R23 + R31} \right\}$$

Hasil ketiga perkalian tersebut saling ditambahkan kemudian disederhanakan. Setelah itu masing-masing dibagi dengan persamaan (4), (5) dan (6). Hasil akhirnya didapatkan sebagai berikut :

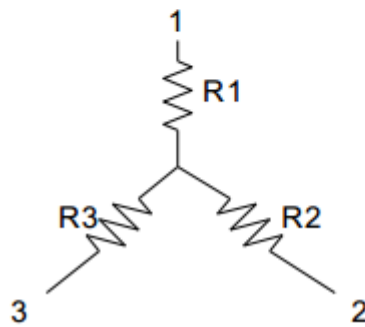
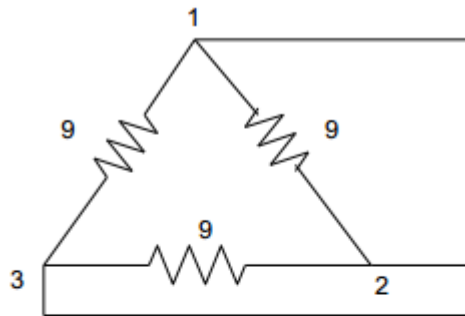
$$R12 = \frac{R1R2 + R2R3 + R3R1}{R3}$$

$$R23 = \frac{R1R2 + R2R3 + R3R1}{R1}$$

$$R31 = \frac{R1R2 + R2R3 + R3R1}{R2}$$

Diperoleh bahwa tahanan segitiga ekuivalen antara dua terminal adalah jumlah dari hasil kali dua tahanan-tahanan dalam bintang pada terminal tersebut dibagi dengan tahanan bintang ketiga.

Contoh : Tentukan tahanan ekuivalen dalam bintang dari rangkaian segitiga berikut ini :



Penyelesaian :

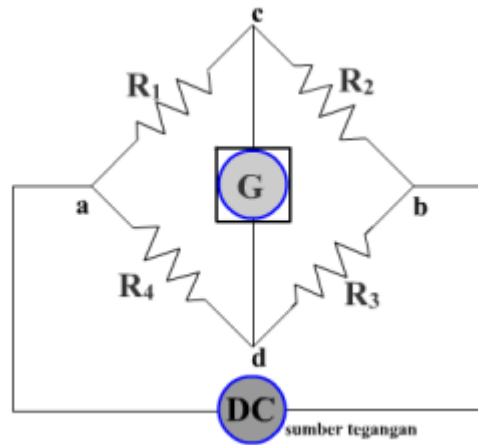
$$R1 = \frac{9 \times 9}{9 + 9 + 9} = \frac{81}{27} = 3$$

$$R2 = \frac{9 \times 9}{9 + 9 + 9} = \frac{81}{27} = 3$$

$$R3 = \frac{9 \times 9}{9 + 9 + 9} = \frac{81}{27} = 3$$

6. Rangkaian Jembatan

Jembatan wheatstone adalah susunan komponen komponen elektronika yang berupa resistor dan catu daya seperti tampak pada gambar berikut ;



Gambar 4.8 Jembatan Wheatstone

Jika $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$ maka $V_{cd} = 0$

Hasil kali antara resistor-resistor berhadapan yang satu akan sama dengan hasil kali resistor-resistor berhadapan lainnya jika beda potensial antara c dan d bernilai nol. Persamaan $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$ dapat diturunkan dengan menerapkan Hukum Kirchoff dalam rangkaian tersebut

Rangkaian jembatan digunakan untuk mengukur nilai suatu hambatan dengan cara mengusahakan arus yang mengalir pada galvanometer = nol (karena potensial di ujung-ujung galvanometer sama besar).

Jadi berlaku rumus perkalian silang hambatan : $R_1 R_3 = R_2 R_x$

Contoh :

Pada Gambar 4.8 jika $R_1 = 500 \Omega$ dan $R_3 = 200 \Omega$. Jembatan akan seimbang jika R_2 diatur sebesar 125Ω . Hitunglah nilai R_x .

Penyelesaian :

Menggunakan persamaan yang telah dijelaskan sebelumnya

$$\begin{aligned} R_x &= \frac{R_3}{R_1} R_2 \\ &= \frac{200}{500} 125 \\ &= 50 \Omega \end{aligned}$$

DAFTAR PUSTAKA

Alexander C. K., Sadiku M., 2007, Fundamentals of Electric Circuits, 3rd Edition, McGraw – Hill International Edition.



ENERGI & DAYA LISTRIK

DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK
Rudy Rachida

1. Energi Listrik

Kita sudah mengetahui bahwa listrik adalah salah satu bentuk energi yang sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hal itu disebabkan karena energi listrik memiliki keunggulan yaitu dapat diubah menjadi bentuk-bentuk energi yang lain seperti energi panas, energi cahaya, energi gerak, energi bunyi dan energi kimia.

Kipas angin adalah contoh alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Lampu bohlam mengubah energi listrik menjadi energi cahaya, setrika listrik mengubah energi listrik menjadi energi panas, penyepuhan (melapisi permukaan logam dengan jenis logam yang lain) adalah contoh perubahan energi listrik menjadi energi kimia.

Pada topik sebelumnya telah diketahui bahwa arus listrik akan mengalir dalam suatu penghantar, jika pada ujung-ujung penghantar tersebut diberikan selisih potensial. Arus listrik mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah, karena ada perpindahan muatan listrik (elektron) dari potensial rendah ke potensial yang lebih tinggi.

Besar usaha atau energi yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik tersebut, ditentukan oleh jumlah muatan dan selisih potensial ujung-ujung penghantar tersebut. Artinya, semakin besar selisih potensial dan jumlah muatan yang dipindahkan, maka usaha atau energi yang diperlukan akan semakin besar. Dalam bentuk persamaan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$W = q V$$

Dengan:

q = muatan listrik, satuannya coulomb (C)

V = beda potensial, satuannya volt (V)

W = usaha atau energi, satuannya Joule (J)

Karena pengertian kuat arus adalah $I=q/t$ maka persamaan diatas dapat juga dituliskan dalam bentuk :

$$W = V I t$$

Karena menurut Hukum Ohm ($V=IR$), maka bentuk persamaan dapat juga dinyatakan sebagai berikut:

$$W = I^2 R t \text{ atau } W = \frac{V^2}{R} t$$

Dengan:

I = kuat arus listrik, satuannya Ampere (A)

R = hambatan listrik, satuannya ohm (Ω)

V = beda potensial, satuannya volt (V)

T = waktu, satuannya detik (s)

W = energi listrik, satuannya Joule (J)

2. Daya listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Electrical Power adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut.

Contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas). Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi. Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini :

$$P = W/t$$

Dimana :

P = Daya Listrik

W = Energi dengan satuan Joule (J)

t = waktu dengan satuan detik (s)

Satuan turunan Watt yang sering dijumpai diantaranya adalah seperti dibawah ini :

$$1 \text{ miliWatt} = 0,001 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ kiloWatt} = 1.000 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ MegaWatt} = 1.000.000 \text{ Watt}$$

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Atau

$$P = I^2 R$$

$$P = V^2 / R$$

Dimana :

P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm (Ω)

Konsumsi Energi Listrik

Contoh 1

Sebuah Televisi LCD memerlukan Tegangan 220V dan Arus Listrik sebesar 1,2A untuk mengaktifkannya. Berapakah Daya Listrik yang dikonsumsinya ?

Penyelesaiannya

Diketahui :

$$V = 220V$$

$$I = 1,2A$$

$$P = ?$$

Jawaban :

$$P = V \times I$$

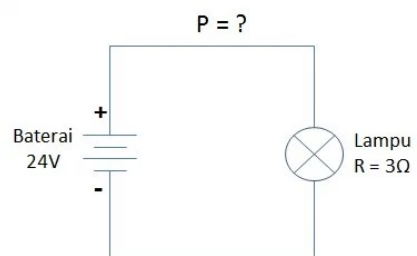
$$P = 220V \times 1,2A$$

$$P = 264 \text{ Watt}$$

Jadi Televisi LCD tersebut akan mengkonsumsi daya listrik sebesar 264 Watt.

Contoh 2

Seperti yang terlihat pada rangkaian dibawah ini hitunglah Daya Listrik yang dikonsumsi oleh Lampu Pijar tersebut. Yang diketahui dalam rangkain dibawah ini hanya Tegangan dan Hambatan.



Penyelesaiannya

Diketahui :

$$V = 24V$$

$$R = 3\Omega$$

$$P = ?$$

Jawaban :

$$P = V^2/R$$

$$P = 242 / 3$$

$$P = 576 / 3$$

$$P = 192W$$

Jadi daya listrik yang dikonsumsi adalah 192W.

Soal

1. Di antara energi di bawah ini, yang paling mudah diubah menjadi energi bentuk lain adalah...
 - a. Energi Cahaya
 - b. Energi Bunyi
 - c. Energi Kalor
 - d. Energi Listrik
2. Besar energi listrik yang timbul selain sebanding dengan tegangan dan kuat arus juga sebanding dengan...
 - a. Potensial listrik
 - b. Waktu
 - c. Muatan listrik
 - d. Kapasitas listrik
3. Beda potensial sebuah penghantar V , kuat arus listrik I , mengalir selama t detik di dalam penghantar tersebut. Maka besar energi yang dihasilkan sebesar...
 - a. $W = \frac{V^2}{R} I$
 - b. $W = \frac{Vt}{I}$
 - c. $W = V I t$
 - d. $W = \frac{VI}{t}$
4. Alat-alat berikut ini yang tidak mengubah energi listrik menjadi kalor adalah...
 - a. Setrika listrik
 - b. Magic jar
 - c. Kipas angin
 - d. Solder listrik
5. Berikut ini yang menunjukkan hubungan antara daya listrik dengan energi listrik adalah...
 - a. $P = \frac{W}{t}$
 - b. $P = W t$
 - c. $W = \frac{P}{t}$
 - d. $W = \frac{t}{P}$
6. Jika untuk memindahkan muatan 6 C dari titik A ke titik B diperlukan energi sebesar 12 J, maka besar selisih potensial antara titik A dan B adalah...
 - a. 72 V
 - b. 16 V
 - c. 2 V
 - d. 0,5 V

7. Setrika listrik dengan spesifikasi 300 Watt, 220 V, jika dipasang pada tegangan tersebut akan mengalirkan arus listrik sebesar....
- 0,53 A
 - 0,73 A
 - 1,36 A
 - 1,85 A
8. Setrika listrik dipasang pada tegangan 110 Volt dan dipakai selama 10 menit. Apabila kuat arus yang mengalir 0,3 A, maka energi listrik yang diubah menjadi energi kalor sebesar....
- 19800 Joule**
 - 20000 Joule
 - 21000 Joule
 - 21200 Joule
9. Sebuah teko listrik dihubungkan ke sumber tegangan 20 volt. Bila elemen pemanas mempunyai hambatan 5 ohm. Energi listrik yang diubah menjadi energi kalor selama 1 menit sebesar....
- 3600 Joule
 - 4800 joule**
 - 5000 Joule
 - 5200 Joule
10. Sebuah setrika listrik 200 W, 125 V dipasang pada tegangan yang tepat selama 1 menit. Energi listrik yang digunakan sebesar....
- 200 J
 - 12.000 J**
 - 25.000 J
 - 1.500.000 J
11. Sebuah setrika listrik dipasang pada tegangan 220 volt dan kuat arus 2 ampere. Energi yang diperlukan selama 5 menit adalah....
- 123 kJ
 - 132 kJ**
 - 213 kJ
 - 312 kJ
12. Sebuah sekering dipasang pada tegangan 250 V menyebabkan arus mengalir 2 A. Daya sekering tersebut sebesar
- 2 W
 - 125 W
 - 250 W
 - 500 W**
13. Pada sebuah penghantar mengalir arus sebesar 0,75 A pada tegangan 110 volt. Besar daya penghantar tersebut adalah ... watt.

- a. 19,5
- b. 44,5
- c. **82,5**
- d. 155,5

14. Lampu dipasang pada tegangan 220 V mengalir arus listrik 500 mA. Besar daya pada lampu adalah....

- a. 200 watt
- b. **110 watt**
- c. 120 watt
- d. 220 watt

15. Pada alat listrik yang hambatannya 600 ohm mengalir arus listrik 250 mA. Daya alat tersebut sebesar....

- a. 20,5 watt
- b. 25,7 watt
- c. **37,5 watt**
- d. 40,4 watt

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.



ALAT UKUR LISTRIK

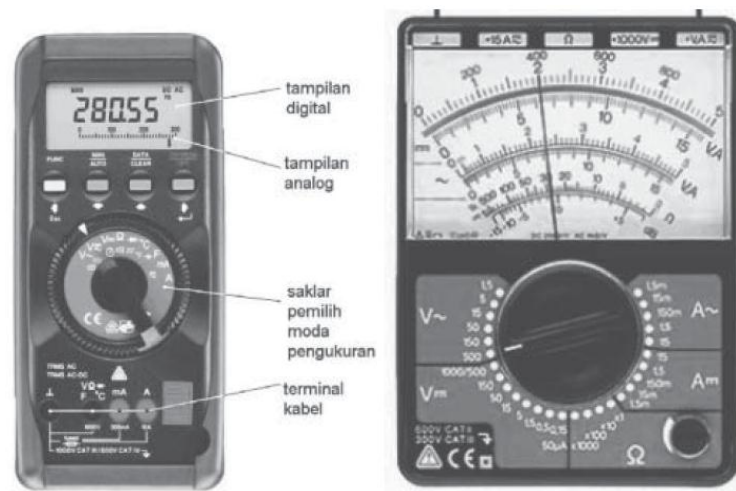
DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK

Rudy Rachida

1.1 Alat Ukur Listrik

Untuk mengetahui besaran listrik DC maupun AC seperti tegangan, arus, resistansi, daya, faktor kerja, dan frekuensi kita menggunakan alat ukur listrik. Awalnya dipakai alat-alat ukur analog dengan penunjukan menggunakan jarum dan membaca dari skala. Kini banyak dipakai alat ukur listrik digital yang praktis dan hasilnya tinggal membaca pada layar display.

Bahkan dalam satu alat ukur listrik dapat digunakan untuk mengukur beberapa besaran, misalnya tegangan AC dan DC, arus listrik DC dan AC, resistansi kita menyebutnya Multimeter. Untuk kebutuhan praktis tetap dipakai alat ukur tunggal, misalnya untuk mengukur tegangan saja, atau daya listrik saja. Sampai saat ini alat ukur analog masih tetap digunakan karena handal, ekonomis, dan praktis. Namun alat ukur digital makin luas dipakai, karena harganya makin terjangkau, praktis dalam pemakaian, dan penunjukannya makin akurat dan presisi



Gambar 1. Alat Ukur Digital dan Analog

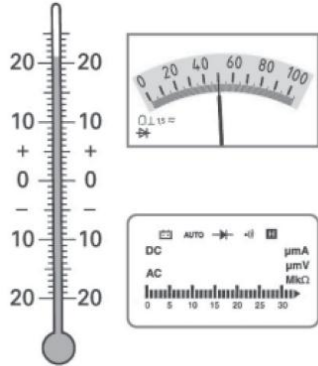
Ada beberapa istilah dan definisi pengukuran listrik yang harus dipahami, diantaranya alat ukur, akurasi, presisi, kepekaan, resolusi, dan kesalahan.

- Alat ukur, adalah perangkat untuk menentukan nilai atau besaran dari kuantitas atau variabel.
- Akurasi, kedekatan alat ukur membaca pada nilai yang sebenarnya dari variabel yang diukur.
- Presisi, hasil pengukuran yang dihasilkan dari proses pengukuran, atau derajat untuk membedakan satu pengukuran dengan lainnya.
- Kepekaan, ratio dari sinyal output atau tanggapan alat ukur perubahan input atau variabel yang diukur.
- Resolusi, perubahan terkecil dari nilai pengukuran yang mampu ditanggapi oleh alat ukur.
- Kesalahan, angka penyimpangan dari nilai sebenarnya variabel yang diukur.

1.2 Sistem Pengukuran

Ada dua sistem pengukuran yaitu sistem analog dan sistem digital. Sistem analog berhubungan dengan informasi dan data analog. Sinyal analog berbentuk fungsi kontinyu, misalnya penunjukan temperatur dalam ditunjukkan oleh skala, penunjuk jarum pada skala meter, atau penunjukan skala elektronik (Gambar 2.a).

Sistem digital berhubungan dengan informasi dan data digital. Penunjukan angka digital berupa angka diskret dan pulsa diskontinyu berhubungan dengan waktu. Penunjukan display dari tegangan atau arus dari meter digital berupa angka tanpa harus membaca dari skala meter. Sakelar pemindah frekuensi pada pesawat HT juga merupakan angka digital dalam bentuk digital (Gambar 2.b).



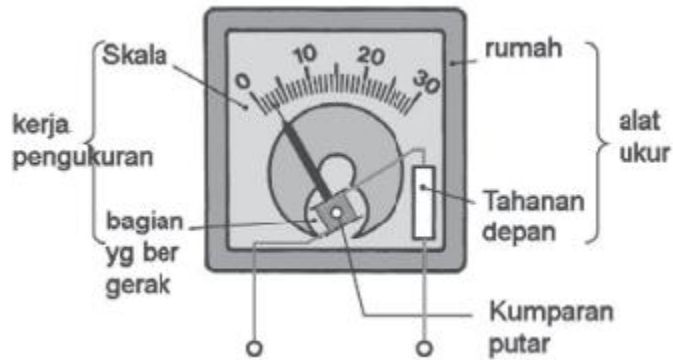
Gambar 2a. Penunjukan Analog



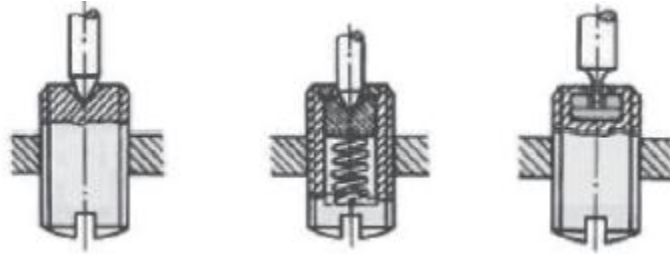
Gambar 2b. Penunjukan Analog

1.3 Alat Ukur Listrik Analog

Alat ukur listrik analog merupakan alat ukur generasi awal dan sampai saat ini masih digunakan. Bagiannya banyak komponen listrik dan mekanik yang saling berhubungan. Bagian listrik yang penting adalah, magnet permanen, tahanan meter, dan kumparan putar. Bagian mekanik meliputi jarum penunjuk, skala dan sekrup pengatur jarum penunjuk (Gambar 3a).

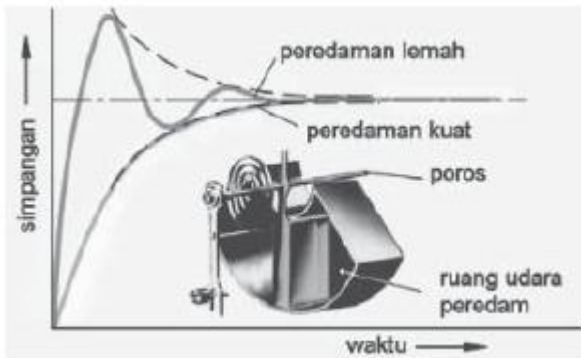


Gambar 3a. Komponen Alat Ukur Analog



Gambar 3b. Dudukan Poros Jarum Penunjuk

Mekanik pengatur jarum penunjuk merupakan dudukan poros kumparan putar yang diatur kekencangannya (Gambar 3b). Jika terlalu kencang jarum akan terhambat, jika terlalu kendur jarum akan mudah goncang. Pengaturan jarum penunjuk sekaligus untuk memposisikan jarum pada skala nol meter. Alat ukur analog memiliki komponen putar yang akan bereaksi begitu mendapat sinyal listrik. Cara bereaksi jarum penunjuk ada yang menyimpang dulu baru menunjukkan angka pengukuran. Atau jarum penunjuk bergerak ke angka penunjukan perlahan-lahan tanpa ada penyimpangan. Untuk itu digunakan peredam mekanik berupa pegas yang terpasang pada poros jarum atau bilah sebagai penahan gerakan jarum berupa bilah dalam ruang udara (Gambar 4). Pada meter dengan kelas industri baik dari jenis kumparan putar maupun jenis besi putar seperti meter yang dipasang pada panel meter banyak dipakai peredam jenis pegas.



Gambar 4. Pola Penyimpangan Jarum Meter Analog



Gambar 5. Jenis Skala Meter Analog

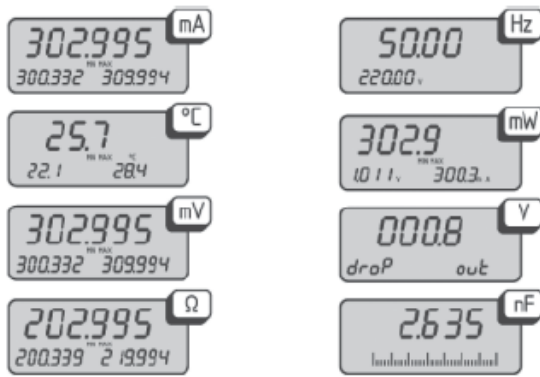
Bentuk skala memanjang saat ini jarang ditemukan. Bentuk skala melingkar dan skala kuadran banyak dipakai untuk alat ukur voltmeter dan ampermeter pada panel meter (Gambar 5).

1.4 Multimeter Analog

Multimeter salah satu meter analog yang banyak dipakai untuk pekerjaan kelistrikan dan bidang elektronika. Multimeter memiliki tiga fungsi pengukuran, yaitu;

1. Voltmeter untuk tegangan AC dengan batas ukur 0-500 V, pengukuran tegangan DC dengan batas ukur 0-0,5 V dan 0-500 V.
2. Ampermeter untuk arus listrik DC dengan batas ukur 0-50 μ A dan 0-15 A, pengukuran arus listrik AC 0-15 A.
3. Ohmmeter dengan batas ukur dari 1 Ω -1M Ω .

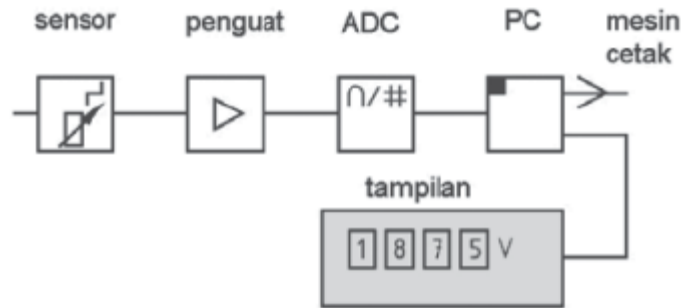
1.5 Alat Ukur Digital



Gambar 6. Tampilan Penunjukan Alat Ukur Digital

Alat ukur digital saat sekarang banyak dipakai dengan berbagai kelebihannya, murah, mudah dioperasikan, dan praktis. Multimeter digital mampu menampilkan beberapa pengukuran untuk arus miliamper, temperatur °C, tegangan milivolt, resistansi ohm, frekuensi Hz, daya listrik mW sampai kapasitansi nF (Gambar 6).

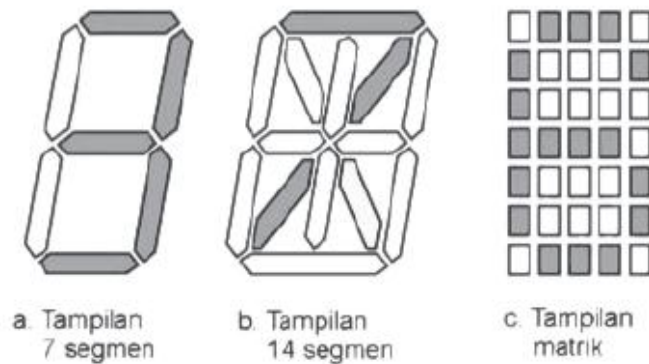
Pada dasarnya data /informasi yang akan diukur bersifat analog. Blok diagram alat ukur digital terdiri komponen sensor, penguat sinyal analog, analog to digital converter, mikroprosesor, alat cetak, dan display digital (Gambar 7). Sensor mengubah besaran listrik dan non elektrik menjadi tegangan, karena tegangan masih dalam orde mV perlu diperkuat oleh penguat input.



Gambar 7 Prinsip kerja alat ukur digital

Sinyal input analog yang sudah diperkuat, dari sinyal analog diubah menjadi sinyal digital dengan (ADC) analog to digital akan diolah oleh perangkat PC atau mikroprosesor dengan program tertentu dan hasil pengolahan disimpan dalam sistem memori digital. Informasi digital ditampilkan dalam display atau dihubungkan dicetak dengan mesin cetak.

Display digital akan menampilkan angka diskrit dari 0 sampai angka 9 ada tiga jenis, yaitu 7-segmen, 14-segmen dan dot matrik 5 x 7 (Gambar 8). Sinyal digital terdiri atas 0 dan 1, ketika sinyal 0 tidak bertegangan atau OFF, ketika sinyal 1 bertegangan atau ON



Gambar 8. Tiga Jenis Display Digital



Gambar 9. Multimeter Digital AC dan DC

Sebuah multimeter digital, terdiri dari tiga jenis alat ukur sekaligus, yaitu mengukur tegangan, arus, dan tahanan. Mampu untuk mengukur besaran listrik DC maupun AC (Gambar 9).

Saklar pemilih mode digunakan untuk pemilihan jenis pengukuran, mencakup tegangan AC/DC, pengukuran arus AC/DC, pengukuran tahanan, pengukuran diode, dan pengukurankapasitor. Terminal kabel untuk tegangan dengan arus berbeda. Terminal untuk pengukuran arus kecil 300 mA dengan arus sampai 10 A dibedakan.

2.1 Alat Ukur Analog Kumparan Putar

Konstruksi alat ukur kumparan putar terdiri dari permanen magnet, kumparan putar dengan inti besi bulat, jarum penunjuk terikat dengan poros dan inti besi putar, skala linear, dan pegas spiral rambut, serta pengatur posisi nol (Gambar 10). Torsi yang dihasilkan dari interaksi elektromagnetik sesuai persamaan:

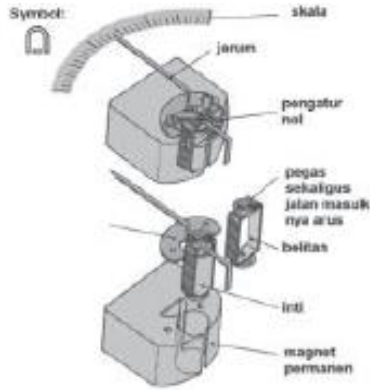
$$T = B \times A \times I \times N$$

Dengan:

T = Torsi (Nm)

B = kerapatan fluk magnet (Wb/m^2)

A = luas efektif koil (m^2)
 I = arus ke kumparan putar (A)
 N = jumlah belitan

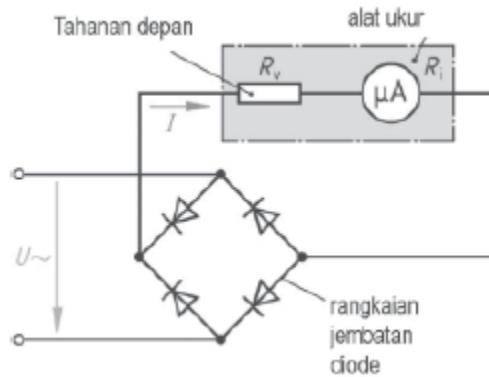


Gambar 10. Prinsip Alat Ukur Kumparan Putar

Dari persamaan di atas, komponen B , A dan N adalah konstan, sehingga torsi berbanding lurus dengan arus mengalir ke kumparan putar. Data alat ukur kumparan putar dengan dimensi 31/2 in, arus 1mA, simpangan skala penuh 100 derajat memiliki $A : 1,72 \text{ cm}^2$, $B : 2.000 \text{ G}(0,2 \text{ Wb/m}^2)$, $N : 84$ lilit, $T : 2,92 \times 10^{-6} \text{ Nm}$ R kumparan putar: 88Ω , disipasi daya: $88 \mu\text{W}$.

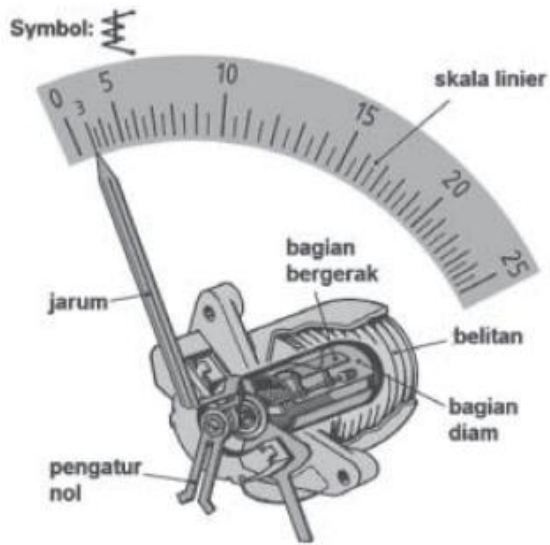
Untuk pengukuran listrik AC alat ukur kumparan putar ditambahkan komponen tambahan, yaitu diode bridge sebagai penyearah AC ke DC (Gambar 11).

Tahanan seri RV untuk mendrop tegangan sehingga batas ukur dan skala pukuran sesuai. Sehingga tahanan total $R_T = R_V + R$. Multimeter menggunakan kumparan putar sebagai penggerak jarum penunjuknya.



Gambar 11. Meter Kumparan Putar dengan Diode Penyearah

2.2 Alat Ukur Besi Putar



Gambar 12. Prinsip Alat Ukur Besi Putar

Alat ukur besi putar memiliki anatomi yang berbeda dengan kumparan putar. Sebuah belitan kawat dengan rongga tabung untuk menghasilkan medan elektromagnetik (Gambar 12).

Di dalam rongga tabung dipasang sirip besi yang dihubungkan dengan poros dan jarum penunjuk skala meter. Jika arus melalui belitan kawat, timbul elektromagnetik dan sirip besi akan bergerak mengikuti hukum tarik-menarik medan magnet.

Besarnya simpangan jarum dengan kuadrat arus yang melewati belitan skala meter bukan linear tetapi jaraknya angka non-linear. Alat ukur besi putar sederhana bentuknya dancukup handal.

2.3 Pengukuran Tegangan DC

Pengukur tegangan voltmeter memiliki tahanan meter R_m (Gambar 13). Tahanan dalam meter juga menunjukkan kepekaan meter, disebut I_{fsd} (*full scale deflection*) arus yang diperlukan untuk menggerakkan jarum meter pada skala penuh. Untuk menaikkan batas ukur voltmeter harus dipasang tahanan seri sebesar R_v .

Persamaan tahanan seri meter R_v :

$$R_v = \frac{U_v}{I_m} = \frac{U - U_m}{I_m}$$

$$R_v = \{n - 1\} \cdot R_m$$

R_v = Tahan seri meter

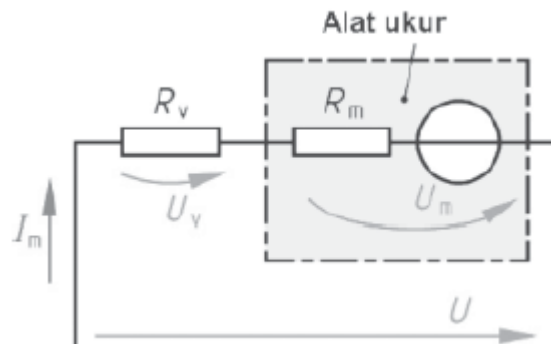
R_m = Tahanan dalam meter

U = Tegangan

U_m = Tegangan meter

I_m = Arus meter

n = Faktor perkalian



Gambar 13. Tahanan seri R_v pada voltmeter

Contoh:

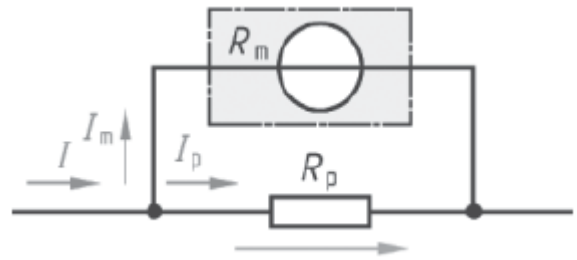
Pengukur tegangan voltmeter memiliki arus meter 0,6 mA dan tegangan meter 0,3 V. Voltmeter akan digunakan untuk mengukur tegangan 1,5 V. Hitung besarnya tahanan seri meter R_v .

Jawaban:

$$R_v = \frac{U_v}{I_m} = \frac{U - U_m}{I_m}$$
$$= \frac{1,5 \text{ V} - 0,3 \text{ V}}{0,6 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

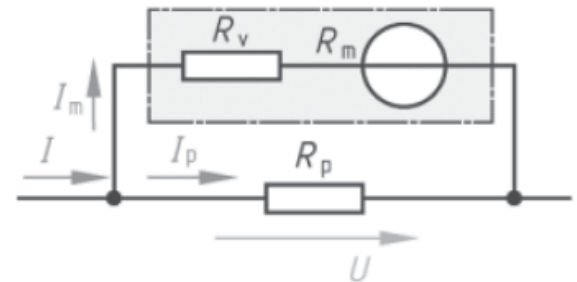
2.4 Pengukuran Arus DC

Pengukur arus listrik amperemeter memiliki keterbatasan untuk dapat mengukur arus, tahanan dalam meter R_m membatasi kemampuan batas ukur. Menaikkan batas ukur dilakukan dengan memasang tahanan paralel R_p dengan amperemeter (Gambar 14). Tahanan R_p akan dialiri arus sebesar I_p , arus yang melalui meter R_m sebesar I_m .



Gambar 14. Tahanan Paralel Amperemeter

Untuk menaikkan tahanan dalam meter, di depan tahanan meter R_m ditambahkan tahanan seri R_v . Sehingga tahanan dalam meter yang baru ($R_m + R_v$) (Gambar 15). Tahanan paralel R_p tetap dialiri arus I_p , sedangkan arus yang melewati ($R_m + R_v$) sebesar I_m . Persamaan tahanan paralel R_p :



Gambar 15. Tahanan depan dan Paralel Amperemeter

$$R_p = \frac{U}{I_p}; R_p = \frac{U}{I - I_m}$$

$$R_p = R_m = \frac{I_m}{I - I_m}$$

R_p = Tahanan paralel

U = Tegangan

I = Arus yang diukur

I_m = Arus melewati meter

I_p = Arus melewati tahanan paralel

R_m = Tahanan dalam meter

Contoh:

Ampermeter dengan tahanan dalam $R_m = 100 \Omega$, arus yang diizinkan melewati meter $I_m = 0,6 \text{ mA}$. Ampermeter akan mengukur arus $I = 6 \text{ mA}$. Hitung tahanan paralel R_p .

Jawaban:

$$U = I_m \cdot R_m = 0,6 \text{ mA} \cdot 100 \Omega = 60 \text{ mV}$$

$$R_p = \frac{U}{I - I_m} = \frac{0,6 \text{ mV}}{6 \text{ mA} - 0,6 \text{ A}} = 11,1 \Omega$$

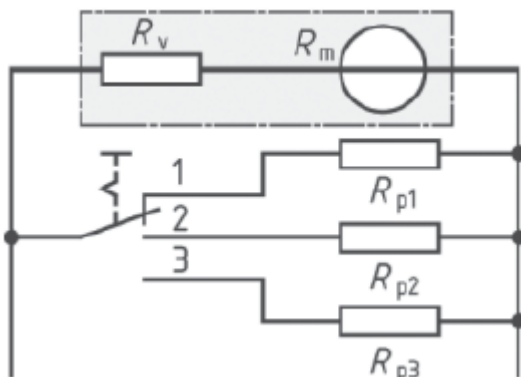
Atau dengan cara yang lain, didapatkan harga R_p yang sama:

$$\frac{R_p}{R_m} = \frac{I_m}{I - I_m} = \frac{I_m}{I - I_m} \Rightarrow R_p = R_m \cdot \frac{I_m}{I - I_m}$$

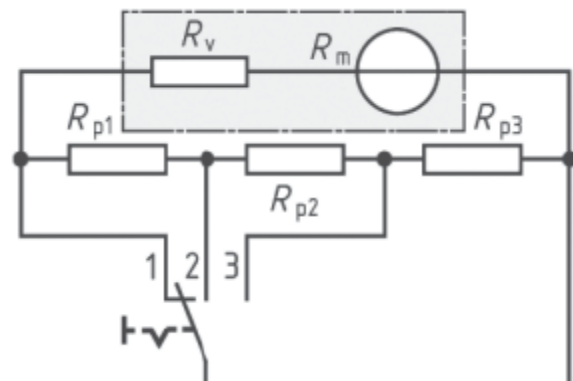
$$R_p = 100 \Omega \cdot \frac{0,6 \text{ mA}}{6 \text{ mA} - 0,6 \text{ A}} = 11,1 \Omega$$

Secara praktis untuk mendapatkan batas ukur yang lebar dibuat menjadi tiga tingkatan (Gambar 16). Batas ukur skala pertama, sakelar pada posisi 1 dipakai tahanan paralel R_{p1} . Batas ukur dengan skala 2 posisi sakelar 2 dipakai tahanan paralel R_{p2} . Batas ukur ketiga, posisi sakelar 3 dipakai tahanan paralel R_{p3} .

Dengan metode berbeda dengan tujuan memperluas batas ukur, dipakai tiga tahanan paralel R_{p1} , R_{p2} , dan R_{p3} yang ketiganya disambung seri (Gambar 17). Sakelar posisi 1, tahanan ($R_{p1} + R_{p2} + R_{p3}$) paralel dengan rangkaian ($R_v + R_m$). Sakelar posisi 2, tahanan ($R_{p2} + R_{p3}$) paralel dengan rangkaian ($R_{p1} + R_v + R_m$). Saat sakelar posisi 3, tahanan R_{p3} paralel dengan rangkaian ($R_{p1} + R_{p2} + R_v + R_m$).



Gambar 16. Batas ukur ampermeter



Gambar 17. Penambahan batas ukur meter

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.



PENGUKURAN DAYA LISTRIK

DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK

Rudy Rachida

1. Pengukuran daya listrik

1.1 Pengukuran daya listrik 1 fasa

Pengukuran daya pada sistem arus balik dibedakan menjadi tiga jenis daya, yaitu:

- Daya semu (S) yang diukur dalam satuan VA atau kVA
- Daya Aktif (P) yang diukur dalam satuan watt atau kW
- Daya Reaktif (Q) yang diukur dalam satuan VAR atau kVAR

Hubungan antara ketiga daya tersebut dapat dijelaskan dengan mudah melalui segitiga daya, sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Segitiga Daya

Sesuai dengan Hukum Pitagoras, maka hubungan ketiga daya tersebut secara matematis dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\cos \alpha = \text{Daya Aktif} / \text{Daya Semu}$$

$$\sin \alpha = \text{Daya Reaktif} / \text{Daya Semu}$$

Dari dua persamaan di atas dapat kita ubah menjadi :

$$\text{Daya Aktif} = \text{Daya semu} \times \cos \alpha$$

$$\text{Daya Semu} = \text{Daya Aktif} / \cos \alpha$$

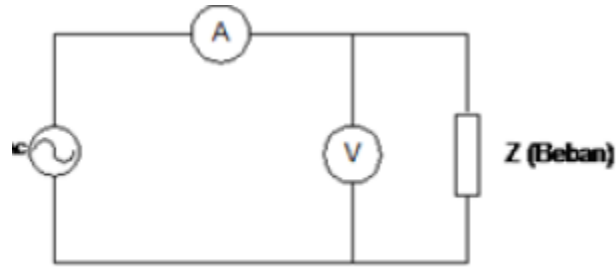
$$\text{Daya Reaktif} = \text{Daya Semu} \times \sin \alpha$$

Jadi, jika dua parameter diketahui maka parameter lainnya dapat ditentukan. Bila daya semu diketahui dan besar beda fasa antara daya aktif dan daya semu diketahui maka nilai daya aktifnya dapat ditentukan. Sebagai contoh, diketahui daya semu $S = 50 \text{ kVA}$, dan sudut beda fasanya 60° busur, maka daya aktif:

$$P = 50 \text{ kVA} \times \cos 60^\circ = 25 \text{ KW}$$

Contoh lain, diketahui daya semu $S = 50 \text{ kVA}$, dan Daya Aktif $P = 25 \text{ kW}$, maka daya reaktif kVAR

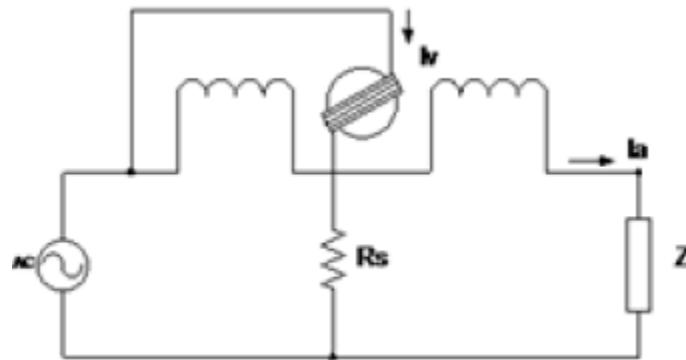
Pengukuran daya semu (Q) dapat dengan mudah dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang ada pada suatu rangkaian arus bolak-balik seperti diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Pengukuran Daya Semu (S) Langsung

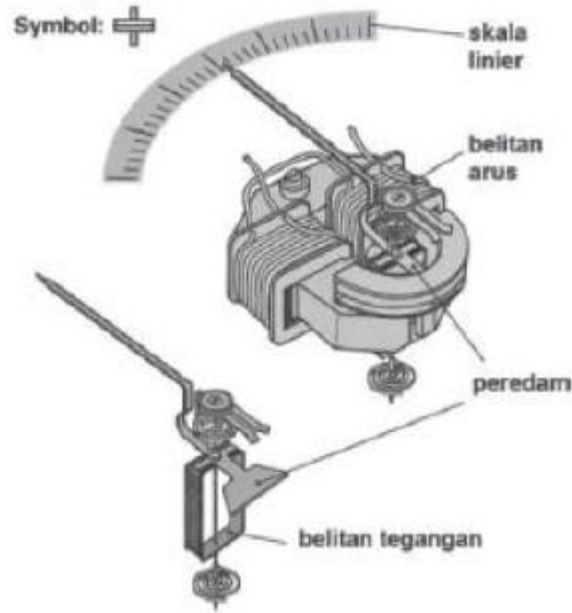
1.2 Desain Wattmeter

Wattmeter adalah instrumen untuk mengukur daya aktif. Tersedia dalam dua bentuk yaitu analog dan digital. Daya aktif merupakan perkalian antara daya semu (S) yaitu perkalian tegangan (V) dan arus (I) dan factor daya ($\cos \alpha$). Oleh karena itu wattmeter mempunyai dua kumparan, yaitu kumparan putar untuk mendeteksi nilai tegangan dan kumparan statis untuk mendeteksi nilai arus yang diukur. Konstruksi Wattmeter seperti tersebut lazim disebut sebagai wattmeter tipe elektrodinamis atau elektrodinamometer. Prinsip Bergeraknya jarum berdasarkan prinsip berputarnya motor listrik. Gambar 3 memperlihatkan skematik diagram watt meter elektrodinamis.



Gambar 3. Diagram Skematik Wattmeter Elektrodinamis

Wattmeter elektrodinamis ini termasuk alat ukur presisi dan dapat digunakan pada jaringan arus searah dan arus bolak-balik.

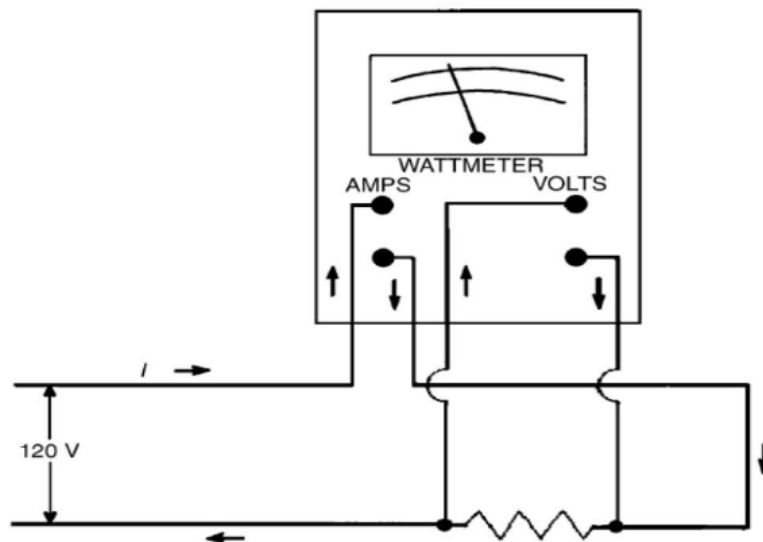


Gambar 4. Konstruksi Elektrodinamis

Alat ukur elektrodinamis memiliki dua jenis belitan kawat, yaitu belitan kawat arus yang dipasang, dan belitan kawat tegangan sebagai kumparan putar terhubung dengan poros dan jarum penunjuk. Interaksi medan magnet belitan arus dan belitan tegangan menghasilkan sudut penyimpangan jarum penunjuk sebanding dengan daya yang dipakai beban:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

Pemakaian alat ukur elektrodinamik sebagai pengukur daya listrik atau wattmeter. Untuk keperluan pengukuran daya listrik maka penyambungan wattmeter dilakukan sebagai berikut:



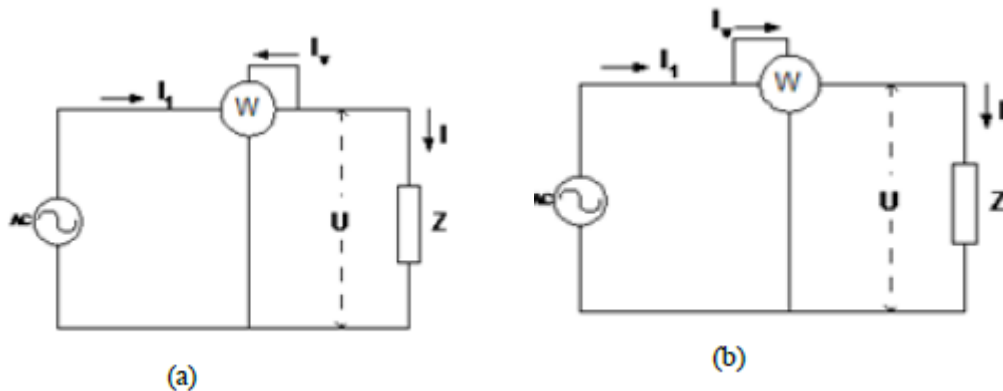
Gambar 5. Rangkaian Pengukuran Daya Aktif dengan Wattmeter



Gambar 6. Wattmeter Standar

Mengenal Kesalahan Ukur pada Pengukuran Daya dengan Wattmeter

Wattmeter elektrodinamis memiliki sepasang kumparan, yaitu kumparan arus dan kumparan tegangan. Cara penyambungan kedua kumparan tersebut akan menentukan nilai kesalahan ukur yang akan diperoleh. Untuk jelasnya perhatikan cara penyambungan wattmeter yang diperlihatkan pada gambar 7a dan 7.b.



Gambar 7. Penyambungan Wattmeter elektrodinamis

Pada Gambar 7a, kumparan arus mendeteksi arus beban $I + I_v$, dan kumparan tegangannya mendeteksi tegangan beban U . Akibatnya daya yang diukur wattmeter merupakan daya beban ditambah daya disipasi kumparan tegangan. Oleh karena itu cara ini sesuai untuk pengukuran arus besar.

Pada gambar 7.b, kumparan arus beban I , dan kumparan tegangannya mendeteksi tegangan beban $U + U_a$. Akibatnya daya yang diukur wattmeter merupakan daya beban ditambah daya disipasi kumparan arus. Oleh karena itu cara ini sesuai untuk pengukuran arus kecil.

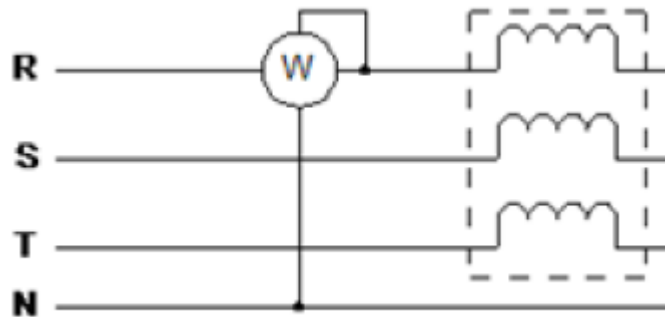
1.3 Pengukuran Daya Sistem Tiga Fasa

Sejauh ini kita baru membahas sistem pengukuran arus, tegangan dan daya pada sistem satu fasa. Berikut ini akan dibahas pengukuran daya pada sistem jala-jala tiga fasa. Pada sistem distribusi daya tiga fasa maka dikenal sistem tiga fasa dengan beban seimbang dan sistem distribusi daya dengan beban tak seimbang. Jenis beban ini akan menentukan cara melakukan pengukuran daya pada sistem tiga fasa.

1.3.1 Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Satu Wattmeter

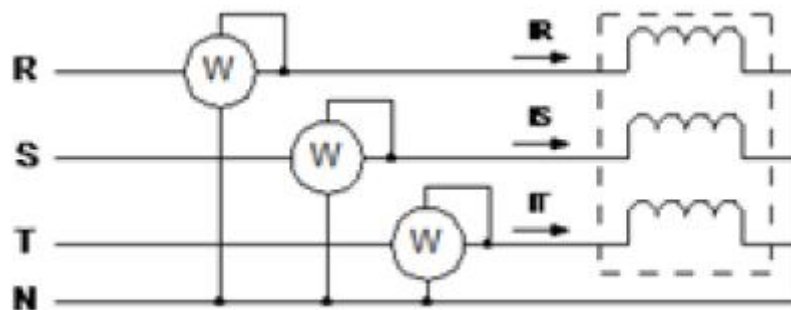
Pengukuran daya tiga fasa dengan satu wattmeter hanya dapat diterapkan bila beban tiga fasa dalam keadaan seimbang (simetris). Beban tiga fasa dikatakan seimbang bila arus yang mengalir pada setiap fasanya sama, dengan demikian daya yang dipikul oleh setiap fasanya sama. Sehingga daya totalnya adalah tiga kali daya masing-masing fasa.

Misalkan wattmeter pada gambar 8 menunjukkan nilai 1500 watt (1,5 kW) maka daya tiga fasanya adalah $3 \times 1,5 \text{ kW} = 4,5 \text{ kW}$.



Gambar 8. Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Satu Wattmeter

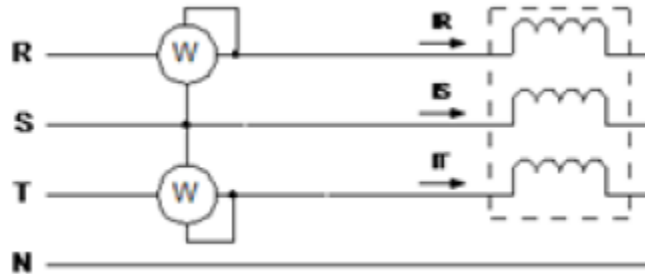
1.3.2 Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Tiga Wattmeter



Gambar 9. Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Tiga Wattmeter

Pengukuran daya tiga fasa dengan tiga wattmeter hanya diterapkan bila beban tiga fasa dalam keadaan tak seimbang (asimetris). Beban tiga fasa dikatakan tak seimbang bila arus yang mengalir pada setiap fasanya tidak sama, dengan demikian daya yang dipikul oleh setiap fasanya juga tidak sama. Sehingga daya totalnya adalah penjumlahan daya masing-masing fasa.

Misalkan wattmeter pertama pada gambar 9 menunjukkan nilai 1500 watt (1,5 kW), wattmeter kedua menunjukkan nilai 2 kW dan wattmeter ketiga menunjukkan nilai 1,2 kW, maka daya tiga fasanya adalah 3,7 kW.



Gambar 10. Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Dua Wattmeter

Pengukuran daya tiga fasa dengan dua wattmeter hanya diterapkan bila beban tiga fasa dalam keadaan tak seimbang (asimetris). Tetapi karena alasan ekonomis maka pengukuran daya tiga fasa tak simetris dapat dilakukan dengan menggunakan dua wattmeter. Pada cara dua wattmeter ini saluran netral tidak digunakan. Selanjutnya nilai daya aktif tiga fasanya didapat dengan menjumlahkan penunjukkan kedua wattmeter tersebut.

Kelebihan lain cara pengukuran daya tiga fasa dengan dua wattmeter adalah, dengan penunjukkan kedua wattmeter tersebut dapat digunakan juga untuk menentukan daya semu dan daya reaktif serta sudut geseran fasanya sekaligus, yaitu sebagai berikut:

Misalkan wattmeter pertama pada gambar 10 menunjukkan nilai 2,5 kW, wattmeter kedua menunjukkan nilai 2 kW, maka

daya aktif tiga fasa

$$P = 2,8 \text{ kW} + 1,7 \text{ kW} = 4,5 \text{ kW.}$$

daya reaktif tiga fasa

$$Q = \sqrt{3} \times (W_1 - W_2) = 1,9 \text{ kVAR}$$

Daya semu tiga fasa

$$S = P + jQ = 4,5 + j 1,9 = 4,9 \text{ kVA}$$

$$\text{Sudut } \omega = \text{arc tg. } (P / S) = \text{arc. tg. } (4,5 / 4,9) = 47,30.$$

2. Pengukuran Konsumsi Energi Listrik

Instrumen untuk mengukur energi listrik lazim disebut sebagai energimeter. Instrumen tersebut juga dikenal dengan sebutan watt-hour meter (Wh-meter). Energimeter merupakan perangkat integrasi. Ada beberapa tipe energimeter. Dilihat dari sumber tegangannya dibedakan

energimeter satu fasa dan energimeter tiga fasa. Pengukuran energi listrik menjadi sangat penting dalam dunia bisnis ketenagalistrikan. Energimeter merupakan domestik yang paling banyak dipakai untuk mengukur konsumsi energi listrik pada suatu instalasi listrik domestik maupun komersial. Energi listrik diukur dalam satuan kilo watt-jam (kWh) dengan energimeter. Oleh karena itu energimeter juga lazim disebut sebagai kWh-meter.

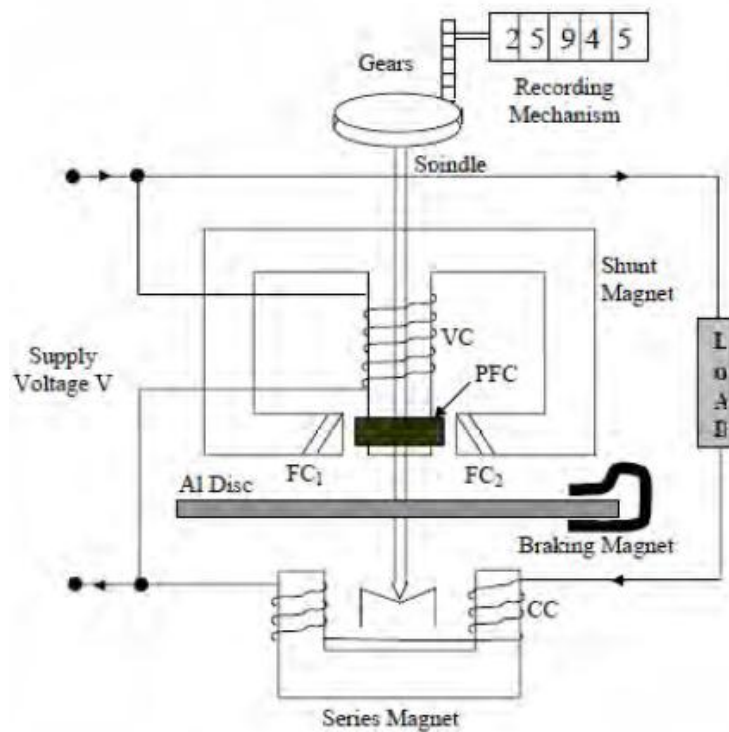
2.1 Pengukuran Konsumsi Energi Listrik Satu Fasa

Konstruksi sebuah energimeter untuk mengukur konsumsi energi pada instalasi listrik sistem satu fasa terdiri dari:

- Driving system
- Moving system
- Braking system, dan
- Registering system

2.1.1 Driving System

Driving system pada energimeter terdiri dari dua elektromagnetik dari baja silikon berlaminasi, shunt magnet dan series magnet seperti diperlihatkan dalam Gambar 11. Elektromagnetik M1 disebut series magnet dan elektromagnetik M2 disebut sebagai shunt magnet. Series magnet M1 mempunyai koil magnet yang terdiri dari beberapa lilitan kawat penghantar berdiameter lebih besar. Koil ini disebut sebagai koil arus atau current coil (CC) dan koil ini terhubung seri dalam rangkaian. Arus beban (load) mengalir melalui koil ini. Shunt magnet M2 mempunyai koil magnet yang terdiri dari banyak lilitan kawat penghantar berdiameter kecil. Koil ini disebut sebagai koil tegangan atau voltage coil (VC) dan koil tegangan ini terhubung paralel dengan sumber tegangan (supply voltage).



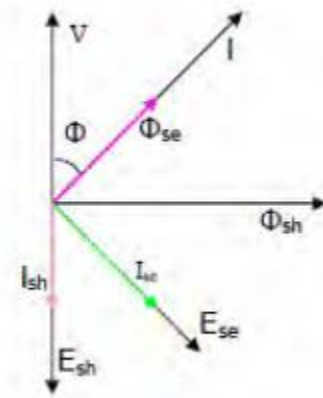
Gambar 11 Konstruksi Energimeter Satu Fasa

Jadi kWh-meter juga mempunyai 4 terminal dan cara penyambungannya sama seperti watt meter. Tetapi hanya berbeda di dalam konstanta ukurnya.

Pada bagian bawah inti shunt magnet dipasang kawat penghantar yang terhubung singkat (cooper band) yang disebut sebagai power factor compensator (PFC). Dengan mengatur posisi PFC maka fluksi shunt magnet dapat dibuat tertinggal terhadap tegangan sumber sebesar 90° . Kemudian pada shunt magnet dilengkapi juga dengan cooper shading yang terpasang di kedua kaki luar sunt magnet (FC1 dan FC2) yang berfungsi sebagai frictional compensation.

2.1.2 Moving System

Moving system adalah sistem mekanisasi pada energimeter yang terdiri dari piringan atau cakram tipis terbuat dari alumunium terpasang pada spindle dan diletakkan pada celah udara antara series magnet dan shunt magnet, sehingga akan diinduksikan eddy current pada piringan alumunium tersebut. Karena medan magnet yang dibangkitkan pada series magnet dan pada shunt magnet berbeda fasa 90 derajat, maka akan dibangkitkan medan putar seperti halnya yang terjadi motor kutub bayangan (shaded pole) sehingga piringan berputar.



Gambar 12 Phasor Diagram Energimeter

Keterangan:

V = Tegangan sumber

I = arus beban tertinggal terhadap tegangan sumber

Cos ω = faktor kerja beban (tertinggal)

I_{sh} = Arus yang diakibatkan oleh ϕ_{sh} dalam piringan

I_{se} = arus yang diakibatkan oleh ϕ_{se} dalam piringan

2.1.3 Braking System

Braking system terdiri dari magnet permanen yang disebut sebagai rem magnet. Magnet permanen tersebut diletakkan di ujung piringan. Jika piringan berputar dalam medan magnet permanen akan diinduksikan eddy current. Eddy current yang bangkit akan bereaksi dengan fluksi dan menghasilkan torsi yang melawan gerakan piringan. Torsi pengereman ini proporsional dengan kecepatan putar piringan.

2.1.4 Registering System

Spindle pada piringan terhubung pada mekanisasi pencacah mekanik. Mekanisasi pencacah (counter) mencatat nomor yang proporsional dengan jumlah putaran piringan. Pencacah dikalibrasi untuk menampilkan jumlah konsumsi energi listrik dalam satuan kilowatt-hour (kWh).

Jumlah putaran piringan akan tercatat pada piranti pencacah mekanik. Kemudian jumlah putaran yang tercatat pada piranti pencacah mekanik dikalibrasi sebagai jumlah konsumsi energi yang telah terpakai. Konstanta ukur dalam kWh-meter adalah jumlah putaran piringan meter untuk menentukan nilai kWh-nya yang diberi simbol C. (Misalnya C = 1250 r/kWh).

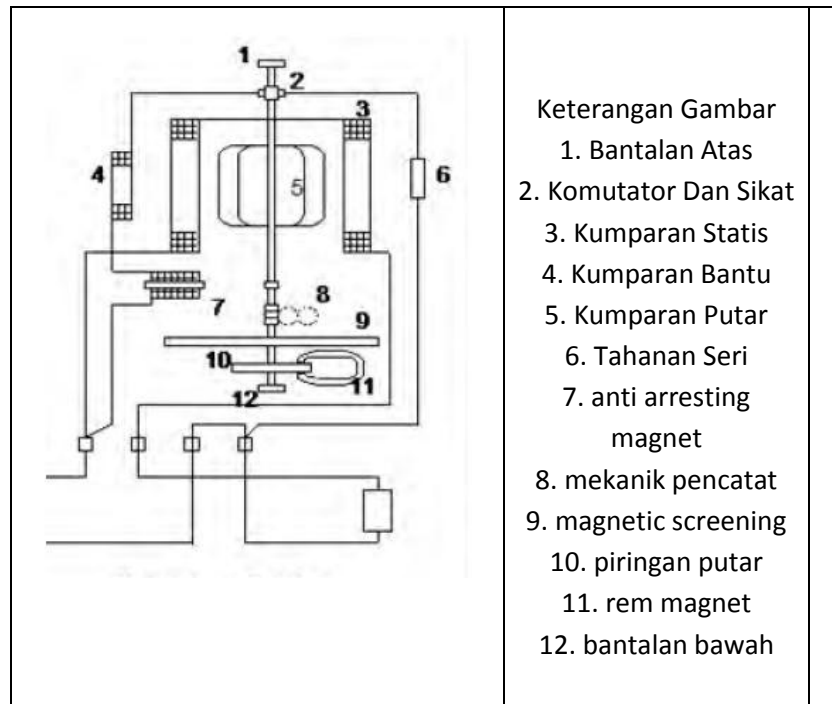
Contoh:

Sebuah kWh-meter yang terpasang pada instalasi listrik satu fasa untuk mencatat konsumsi energi yang telah terpakai selama enam menunjukkan piringan meter telah berputar sebanyak 1800 putaran. Jika konstanta energimeter tersebut 1250 rph/kWh, tentukan nilai energi listrik yang sudah terpakai selama enam jam.

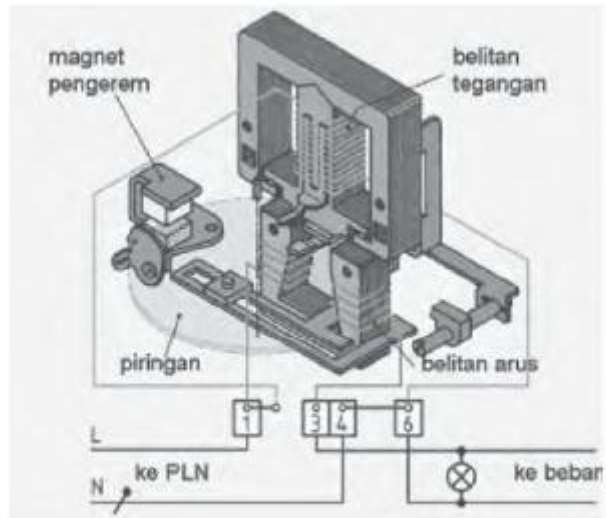
Penyelesaian:

Jadi jumlah konsumsi energi selama enam jam adalah:

$$W = \frac{1800rph}{1200 \frac{rph}{kWh}} = 1,5 kWh$$



Gambar 13 Energimeter Tipe Elektrodinamis Satu Fasa



Gambar 14. Tipikal KWH meter 1 fasa

Lembar Kerja 1: Kondisi Operasi Pengukuran konsumsi energi Listrik Satu Fasa

Melalui lembar kerja 1 ini kalian harus melakukan pengamatan untuk mengkaji rangkaian pengukuran konsumsi energi listrik satu fasa dengan energimeter yang telah disiapkan oleh guru. Secara berkelompok, kalian mengumpulkan data melalui kegiatan mengamati penunjukkan energimeter dari eksperimen yang telah disiapkan oleh guru. Eksperimen terdiri dari papan eksperimen meliputi sebuah energimeter satu fasa, lampu pijar 60 watt/220V dan kabel jumper. Diskusikan dengan teman sekelompok hasil pengamatan kalian dan presentasikan di kelas.

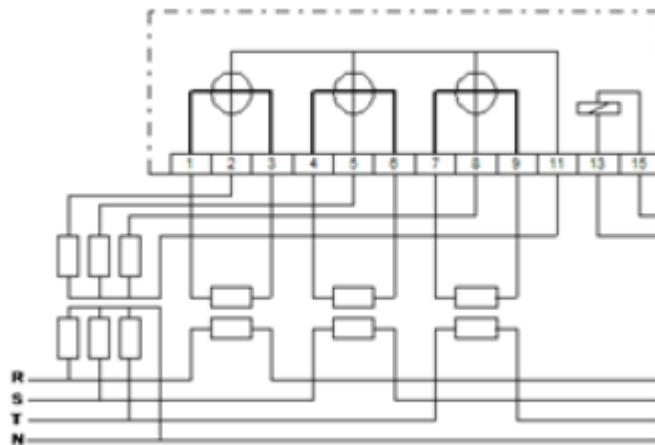
2.2 Sistem Pengukuran Energi Listrik Tiga Fasa

Pada gambar 15 diperlihatkan konstruksi kWh-meter tiga fasa dan pengawatannya. kWh-meter tiga fasa mempunyai sepuluh terminal. Torsi yang mengerjakan piringan putarnya merupakan penjumlahan torsi masing-masing fasa. Selanjutnya piringan putarnya menggerakkan mekanik pencatat, dan dikalibrasikan untuk menunjukkan energi total yang digunakan oleh jaringan sistem tiga fasa.

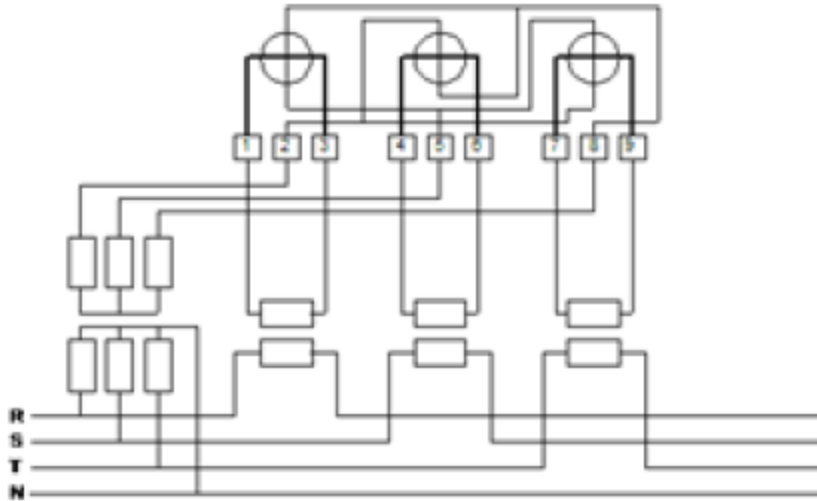
Untuk keperluan penentuan konsumsi energi yang telah digunakan pemakai, maka dibedakan kWh-meter tarif Tunggal dan kWh-meter tarif Ganda. kWh-meter tarif Ganda digunakan untuk mengukur energi (kAh) selama waktu Beban Puncak (WBP) dan selama waktu di-Luar Beban Puncak (LWBP). kWh-meter tarif Ganda mempunyai dua skala pembacaan yaitu untuk WBP dan LWBP. Untuk mengatur waktu beban ini digunakan sebuah time switch (rele waktu)

Untuk pengukuran konsumsi energi (kWh) pada sistem tiga fasa, dapat ditempuh dengan dua cara yaitu:

- menggunakan kWh-meter tiga fasa sistem 3 kawat
- menggunakan kWh-meter tiga fasa sistem 4 kawat



Gambar 15. Pengawatan kWh-meter Tiga Fasa, 4 kawat



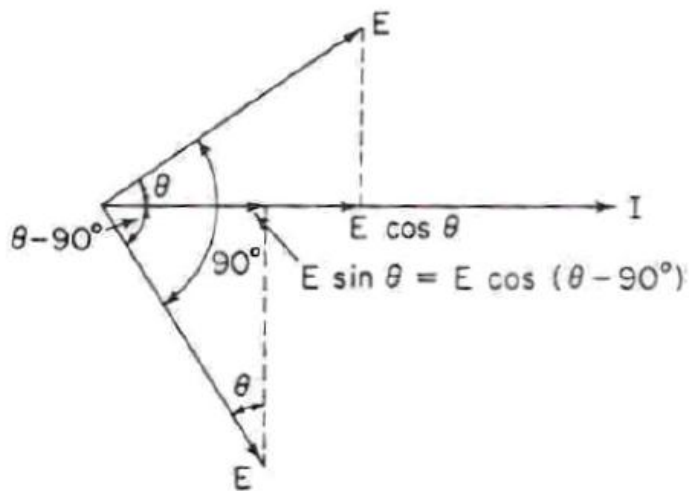
Gambar 16 Pengawatan kWh-meter Tiga fasa

2.3 VAR Meter (Pengukuran Daya Reaktif)

Var meter adalah sebuah alat yang merupakan gabungan antara wattmeter dan transformator pergeseran fasa, digunakan untuk pengukuran daya reaktif yang timbul pada sebuah rangkaian arus bolak balik.

Daya reaktif yang disuplai ke sebuah rangkaian arus bolak balik dinyatakan dalam satuan VAR (Volt-Amper-Reaktif).

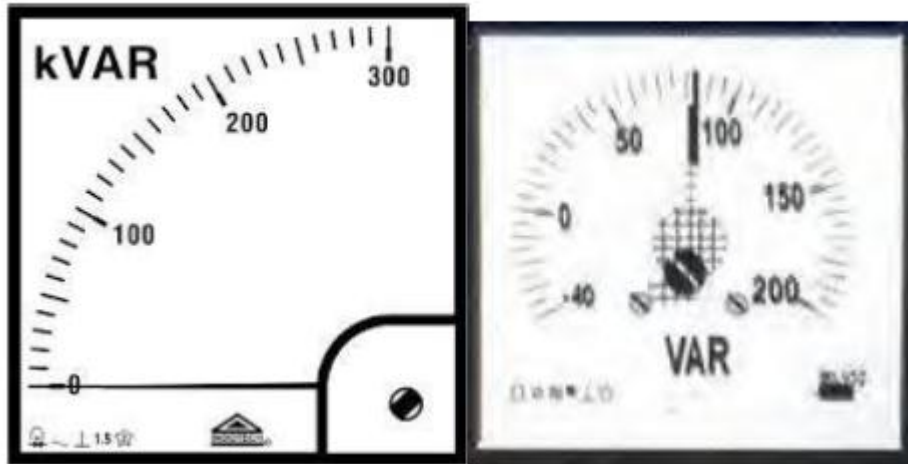
Untuk menjelaskan perbedaan antara daya nyata dan daya reaktif, perhatikan gambar 4, dimana ditunjukkan dua fasor tegangan E dan arus I dengan beda sudut fasa sebesar θ .



Besar daya nyata adalah perkalian komponen-komponen sefasa antara tegangan dan arus, yaitu : $(E I \cos \theta)$, sedangkan daya reaktif adalah perkalian komponen-komponen reaktif, yaitu : $E I \sin \theta$ atau $E I \cos (\theta - 90)$.

Jika tegangan bergeser sebesar 90 dari nilai sebenarnya, komponen tegangan sefasa yang tergeser akan menjadi $E \cos (\theta - 90)$, sehingga perkalian komponen-komponen yang sefasa, yaitu : $E I \cos (\theta - 90)$, merupakan daya reaktif.

VAR meter digunakan untuk mengukur daya reaktif. VAR meter juga mempunyai empat terminal. Untuk pengukuran daya reaktif maka penyambungan meternya sama seperti wattmeter. Konstanta ukurnya diskalakan dalam satuan VAR atau KVAR. Di pasaran VAR meter tersedia dalam 2 type, yaitu untuk pengukuran dalam sistem fasa tunggal (mempunyai 4 terminal) dan untuk pengukuran sistem tiga fasa (mempunyai 10 terminal). Untuk pengukuran daya semu dapat dilakukan secara tidak langsung yaitu dengan saling mengalikan hasil pengukuran tegangan dan arus



Gambar 17 Tipikal VAR-meter dan kVAR-meter

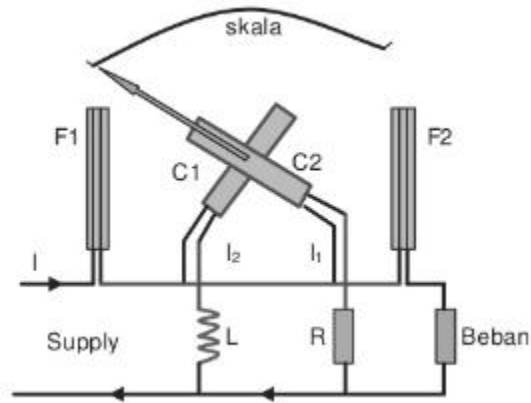
2.4 Faktor Daya

Faktor daya adalah cosinus sudut fasa antara tegangan dan arus, dan pengukuran faktor daya biasanya menyangkut penentuan sudut fasa ini. Pada dasarnya instrument ini bekerja berdasarkan prinsip elektrodinometer, dimana elemen yang berputar terdiri dari dua kumparan yang dipasang pada poros yang sama tetapi tegak lurus satu sama lain. Kumparan putar berputar di dalam meda magnetik yang dihasilkan oleh kumparan medan yang membawa arus jala-jala. Ini ditunjukkan dalam kerja alat ukur faktor daya

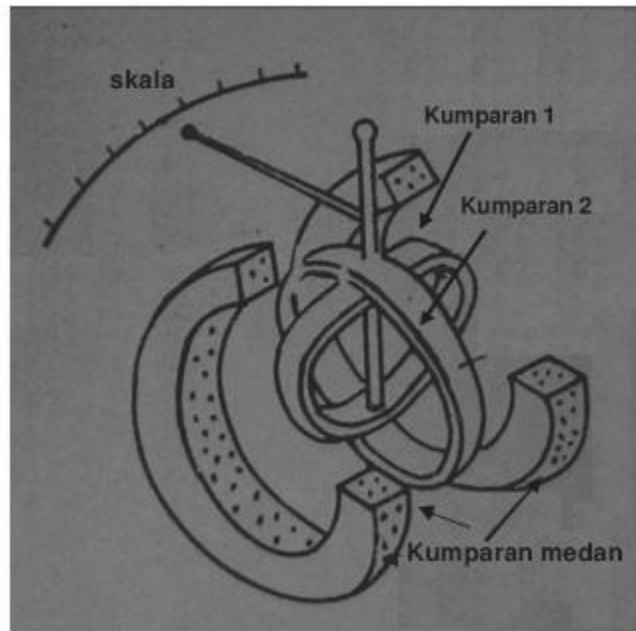
2.4.1 Cos Phi Meter

Power factor meter atau lazim disebut sebagai cosphi meter adalah instrumen untuk mengukur factor daya seperti terlihat pada gambar xx dan xx. Instrumen ini mempunyai sebuah coil diam, yang terdiri

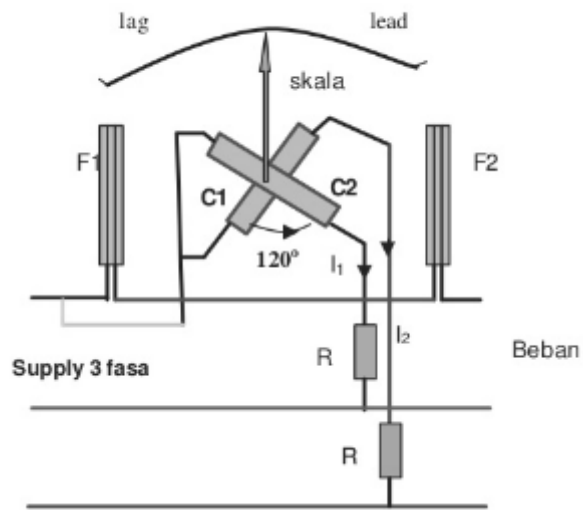
dari F1 dan F2. Dengan dihubungkan seri dengan line supply maka akan dialiri arus. Jelaslah bahwa medan yang merata akan dihasilkan oleh F1 dan F2, yang sebanding dengan arus line. Pada medan ini diletakkan moving coil C1 dan C2 yang dipasang pada tangkai atau spindle yang sama. Kedua moving coil ini adalah coil tegangan C1 yang mempunyai tahanan seri R, sedangkan coil C2 mempunyai induktansi L. Harga R dan L seperti hanya lilitan C1 dan C2, diatur sedemikian hingga ampere-turn pada C1 dan C2 sama besar. Arus I_1 sefasa dengan supply V, sedangkan I_2 lagging (tertinggal) 90° (atau mendekati 90°) dibelakang V.



Gambar 18. Rangkaian Alat Ukur Faktor Daya Satu Fasa



Gambar 19. Konstruksi Alat Ukur Faktir Daya



Gambar 20. Rangkaian Alat Ukur Faktor Daya Tiga Fasa

2.4.2 Prosedur Pengoperasian Cos Phi Meter

Pengukuran Faktor Daya Satu Fasa

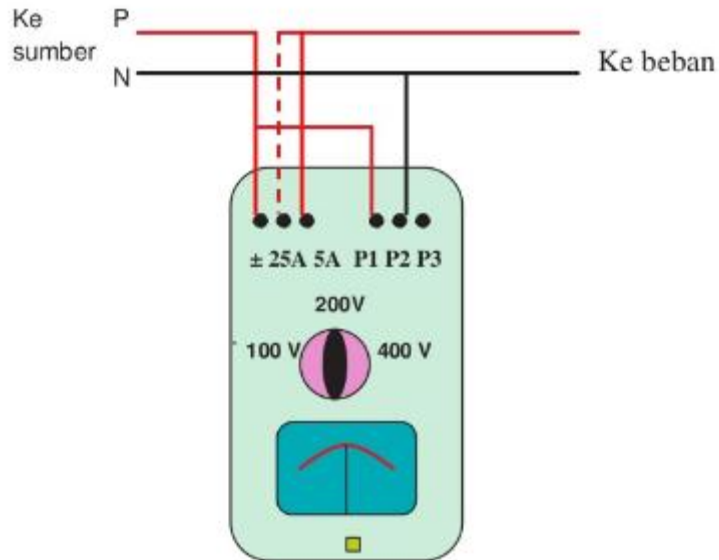
Hubungkan kumparan arus secara seri terhadap beban. Dengan cara menghubungkan terminal kumparan arus (\pm) ke sumber tegangan, sedangkan ujung kumparan arus yang lain dihubungkan ke beban.

Hubungkan kumparan tegangan secara paralel dengan beban. Dengan cara menghubungkan terminal kumparan tegangan (\pm) ke (P1), sedangkan ujung terminal tegangan yang lain (P2) dihubungkan ke ujung beban yang lainnya.

Pilih selektor tegangan sesuai dengan tegangan sumber yang akan diukur faktor dayanya

Jika jarum penunjuk bergerak kearah kiri, berarti sifat bebannya kapasitif, maka faktor dayanya mendahului (lead).

Jika jarum penunjuk bergerak kearah kanan, berarti sifat bebannya induktif, maka faktor dayanya ketinggalan (lag)



Gambar 21. Pengukuran Faktor Daya Satu Fasa

Pengukuran Faktor Daya Tiga Fasa

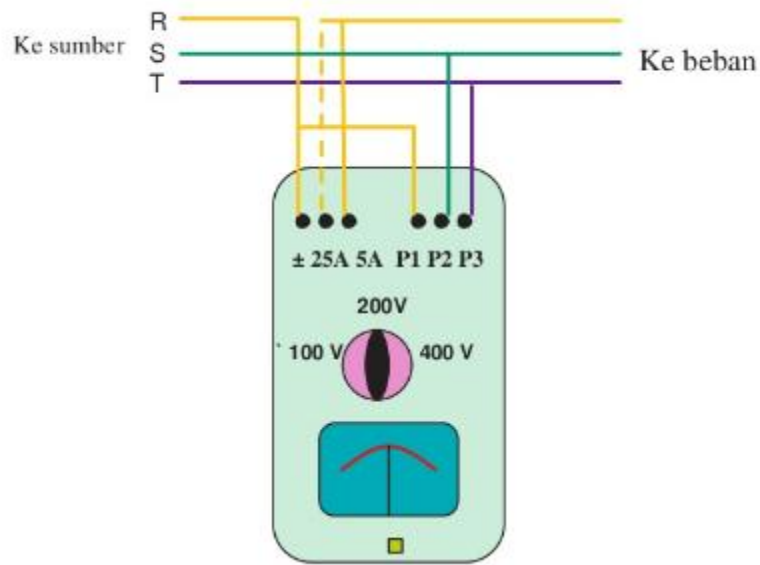
Hubungkan kumparan arus secara seri terhadap beban. Dengan cara menghubungkan terminal kumparan arus (\pm) ke sumber tegangan, sedangkan ujung kumparan arus yang lain dihubungkan ke beban.

Hubungkan kumparan tegangan secara parallel dengan beban. Dengan cara menghubungkan terminal kumparan tegangan (\pm) ke P1 dan R, ujung terminal tegangan yang lain dihubungkan ke ujung beban yang lainnya, sedangkan (P2 dan S) serta (P3 dan T) dihubungkan ke sumber maupun ke beban.

Pilih selektor tegangan sesuai dengan tegangan sumber yang akan diukur faktor dayanya

Jika jarum penunjuk bergerak ke arah kiri, berarti sifat bebannya kapasitif, maka faktor dayanya mendahului (lead)

Jika jarum penunjuk bergerak ke arah kanan, berarti sifat bebannya induktif, maka faktor dayanya ketinggalan (lag)



Gambar 22. Pengukuran Faktor Daya Tiga Fasa

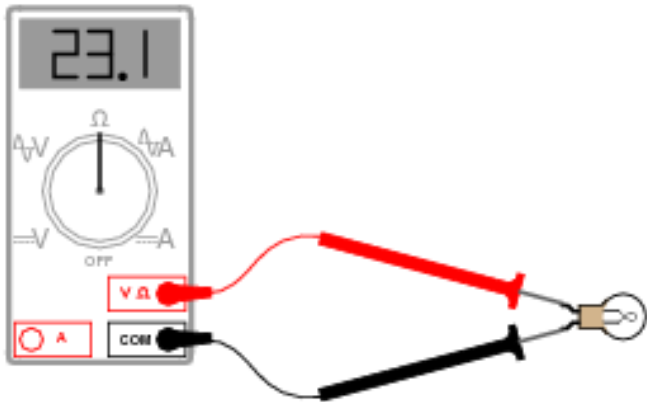
Lembar Kerja 2: Kondisi Operasi Pengukuran Daya Reaktif dan Faktor Daya

Melalui lembar kerja 2 ini kalian harus melakukan pengamatan untuk mengkaji rangkaian pengukuran daya reaktif dan faktor daya listrik satu fasa dengan cosphimeter yang telah disiapkan oleh guru. Dalam hal ini, guru mendemonstrasikan praktikum pengukuran daya reaktif dan faktor daya listrik sistem satu fasa. Secara berkelompok, kalian harus mengumpulkan data melalui kegiatan mengamati penunjukkan energimeter dari eksperimen yang telah disiapkan oleh guru. Eksperimen tersebut terdiri dari papan eksperimen meliputi sebuah cosphimeter satu fasa, ampermeter, voltmeter, wattmeter, tiga buah lampu TL 40 watt/220V dan kabel jumper. Diskusikan dengan teman sekelompok hasil pengamatan kalian dan presentasikan di kelas.

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.



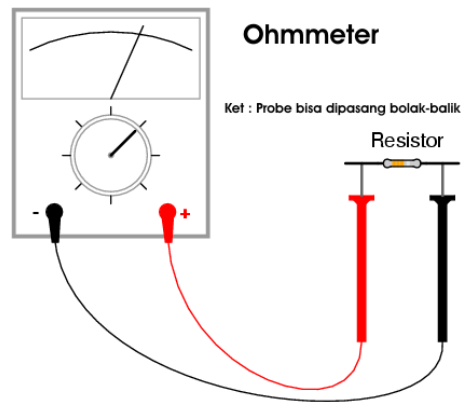
DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK

Rudy Rachida

PENGUKURAN TAHANAN LISTRIK

1. Pengukuran Tahanan dengan Ohmmeter

Pengukuran tahanan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) langsung, dan (2) Tak Langsung. Pengukuran tahanan secara langsung dilakukan dengan menggunakan ohmmeter. Pada hakekatnya ohmmeter digunakan untuk memeriksa nilai resistan listrik. Tetapi karena karakteristiknya yang khusus, maka ohmmeter dapat digunakan juga untuk memeriksa adanya elemen yang putus dalam suatu rangkaian listrik atau adanya hubungan elemen rangkaian dengan tanah (ground).



Gambar 1. Pengukuran tahanan resistor

Pengukuran tidak langsung, menggunakan alat meter tahanan khusus dengan prinsip kerja seperti jembatanWheatstone.

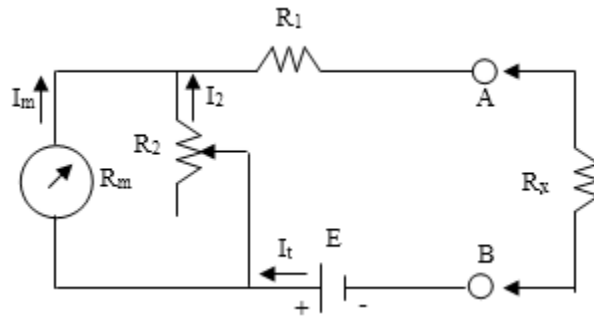
Ohmmeter dikelompokkan dalam dua jenis, yaitu :

1. Ohmmeter tipe seri
2. Ohmmeter tipe shunt

1.1 Ohm meter tipe seri

Gambar di bawah menunjukkan rangkaian ohmmeter tipe seri satu rangkuman. Ohmmeter tipe seri, terdiri dari sebuah gerakan d'Arsonval yang dihubungkan seri dengan sebuah tahanan dan baterai ke sepasang terminal dan dihubungkan dengan tahanan yang tidak diketahui. Arus yang melalui alat ukur sebanding dengan tahanan yang tidak diketahui, dengan persyaratan kalibrasi diperhitungkan.

Gambar dibawah ini menunjukkan rangkaian ohmmeter tipe seri satu rangkuman.



Gambar 2. Rangkaian Ohmmeter tipe seri

Dimana :

R_1 = tahanan pembatas arus.

R_2 = tahanan pengatur nol.

E = Baterai dalam alat ukur

R_m = tahanan dalam d'Arsonval

R_x = tahanan yang tidak diketahui.

Jika $R_x = 0$, terminal A dan B dihubungkan singkat dan arus paling besar mengalir dalam rangkaian. Pada kondisi ini tahanan shunt R_2 diatur sampai jarum penunjuk menunjukkan skala penuh (arus I_{dp}) dan posisi ini ditandai dengan "0" ohm.

Jika $R_x = \infty$, terminal A dan B hubungan terbuka, dan arus didalam rangkaian menjadi nol, sehingga jarum menunjukkan arus nol dan posisi ini ditandai dengan ∞ pada skala.

Tanda skala diantara 0 dan ∞ dapat ditentukan dengan menghubungkan beberapa tahanan R_x yang berbeda, yang nilainya sudah diketahui. Perencanaan R_x untuk defleksi setengah skala ohmmeter tipe seri. Pada posisi ini, tahanan antara terminal A dan B didefinisikan R_h sebagai tahanan pada posisi tahanan setengah skala.

Jika arus skala penuh I_{dp} , tahanan R_m , tegangan baterai, dan nilai tahanan R_h yang diinginkan diketahui, maka nilai R_1 dan R_2 dapat diketahui.

Jika R_h menyatakan arus $\frac{1}{2} I_{dp}$, maka tahanan yang tidak diketahui harus sama dengan dengan tahanan dalam total ohmmeter, yaitu :

$$R_h = R_1 + \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m} \dots \dots \dots (1)$$

Tahanan total ke baterai adalah $2 R_h$, dan arus baterai yang dibutuhkan untuk memberikan defleksi setengah skala :

$$I_h = \frac{E}{2 R_h} \dots \dots \dots (2)$$

Untuk menghasilkan skala penuh (I_t) :

$$I_t = 2I_h = \frac{E}{R_h} \dots \dots \dots (3)$$

Arus shunt melalui tahanan R_2 adalah :

$$I_2 = I_t - I_{dp} \dots \dots \dots (4)$$

Tegangan shunt (E_{sh}) sama dengan tahanan gerakan (E_m), jadi :

$$E_{sh} = E_m \text{ atau } I_2 R_2 = I_{dp} R_m$$

$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_2} \dots \dots \dots (5)$$

Substitusi persamaan 4 kedalam persamaan 5

$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_t - I_{dp}} = \frac{I_{dp} R_m R_h}{E - I_{dp} R_m} \dots \dots \dots (6)$$

Selesaikan persamaan 1 untuk harga R_1 , menghasilkan

$$R_h = R_1 + \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m} \text{ atau } R_1 = R_h - \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m} \dots \dots \dots (7)$$

Substitusikan persamaan 6 kedalam persamaan 7, diperoleh:

$$R_1 = R_h - \frac{I_{dp} R_m R_h}{E} \dots \dots \dots (8)$$

Contoh soal :

Sebuah ohmmeter pada gambar 9 menggunakan gerak dasar 50Ω , membutuhkan arus skala penuh 1 mA , tegangan baterai 3 V , tanda skala yang diinginkan untuk defleksi setengah skala 2000Ω .

Tentukan:

a. nilai R_1 dan R_2

b. nilai R_2 terbesar untuk mengkompensir penurunan tegangan sebesar 10% dalam baterai.

Penyelesaian :

a. Arus total baterai pada defleksi skala penuh (I_t) :

$$I_t = \frac{E}{R_h} = \frac{3 \text{ V}}{2000 \Omega} = 1,5 \text{ mA}$$

Arus melalui tahanan pengatur nol R_2 :

$$I_2 = I_t - I_{dp} = 1,5 \text{ mA} - 1 \text{ mA} = 0,5 \text{ mA}$$

Jadi, nilai tahanan R_2 adalah :

$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_2} = \frac{1 \text{ mA} \times 50 \Omega}{0,5 \text{ mA}} = 100 \Omega$$

Tahanan paralel gerakan dan tahanan shunt (R_p):

$$R_p = \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m} = \frac{100 \times 50}{100 + 50} = 33,3 \Omega$$

Nilai tahanan pembatas arus R_1 :

$$R_1 = R_h - R_p = 2000 - 33,3 = 1966,7 \Omega$$

Pada penurunan 10% tegangan baterai :

$$E = 3 \text{ V} - (0,1 \times 3 \text{ V}) = 3 - 0,3 = 2,7 \text{ V}$$

Arus total baterai menjadi :

$$I_t = \frac{E}{R_h} = \frac{2,7 \text{ V}}{2000 \Omega} = 1,35 \text{ mA}$$

Arus shunt I_2 :

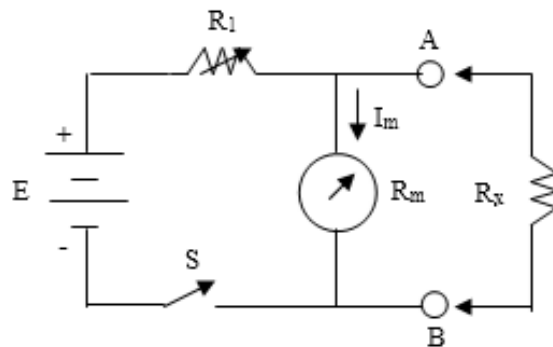
$$I_2 = I_t - I_m = 1,35A - 1 \text{ mA} = 0,35 \text{ mA}$$

Maka besar tahanan pengatur nol R_2

$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_2} = \frac{1 \text{ mA} \times 50 \Omega}{0,35 \text{ mA}} = 143 \Omega$$

1.2 Ohmmeter Tipe Shunt

Ohmmeter tipe shunt sesuai untuk pengukuran tahanan-tahanan yang sangat rendah dan tidak lazim digunakan. Pada gambar dibawah ditunjukkan rangkaian sebuah ohmmeter tipe shunt.



Gambar 3. Rangkaian Ohmmeter Tipe Shunt

Dimana :

E = tegangan baterai / sumber

R_1 = tahanan pembatas arus

R_m = tahanan dalam gerakan

Jika tahanan $R_x = 0$ terminal A dan B dihubung singkat, maka arus melalui gerak d'Arsonval adalah nol, dan jika $R_x = \infty$ terminal A dan B hubungan terbuka, maka arus hanya mengalir ke gerak d'Arsonval.

Analisis ohmmeter tipe shunt sama seperti ohmmeter tipe seri

Jika $R_x = \infty$, maka arus skala penuh I_{dp} :

$$I_{dp} = \frac{E}{R_1 + R_m} \dots \dots \dots (9)$$

$I_{dp} R_1 + I_{dp} R_m = E$ atau $I_{dp} R_1 = E - I_{dp} R_m$

$$R_1 = \frac{E - I_{dp} R_m}{I_{dp}} \text{ atau } R_1 = \frac{E}{I_{dp}} R_m \dots \dots \dots (10)$$

Untuk setiap nilai R_x yang dihubungkan ke terminal, arus melalui alat ukur berkurang sebesar :

$$I_m = \left[\frac{E}{R_1 + \left\{ \frac{R_m R_x}{R_m + R_x} \right\}} \right] \times \frac{R_x}{(R_m + R_x)}$$

$$I_m = \frac{E R_x}{R_1 R_m + R_x (R_1 + R_m)} \dots \dots \dots (11)$$

Arus melalui alat ukur I_m pada setiap harga R_x dibandingkan terhadap arus skala penuh I_{dp} :

$$S = \frac{I_m}{I_{dp}} = \frac{R_x (R_1 + R_m)}{R_1 (R_m + R_x) + R_m R_x} \dots \dots \dots (12)$$

Perdefinisi :

$$R_p = \frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m} \dots \dots \dots (13)$$

Substitusikan persamaan 13 ke dalam persamaan 12, diperoleh :

$$S = \frac{R_x}{R_x + R_p} \dots \dots \dots (14)$$

Jika persamaan 14 digunakan, alat ukur dapat dikalibrasi dengan menentukan S yang dinyatakan dalam R_x dan R_p .

Pada pembacaan setengah skala ($I_m = 0,5 I_{dp}$), persamaan (11) menjadi :

$$0,5 I_{dp} = \frac{E R_h}{R_1 R_m + R_h (R_1 + R_m)} \dots \dots \dots (15)$$

Dimana R_h adalah tahanan luar yang mengakibatkan defleksi setengah skala.

Untuk menentukan nilai skala relatif pada nilai R_1 yang diketahui pembacaan setengah skala, dapat diperoleh dengan membagi persamaan (9) dengan persamaan (15), diperoleh :

$$R_h = \frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m} \dots \dots \dots (16)$$

Untuk menunjukkan bahwa ohmmeter tipe shunt sangat sesuai untuk pengukuran tahanan yang sangat rendah diberikan pada contoh berikut.

Contoh : rangkaian yang ditunjukkan pada gambar dibawah menggunakan gerakan d'Arsonval 10 mA dengan tahanan dalam 5Ω dan tegangan baterai 3 V. Diinginkan untuk mengubah rangkaian dengan menambahkan sebuah tahanan paralel R_{sh} dengan gerakan, sehingga instrumen menunjukkan $0,5 \Omega$ pada setengah skala.

Tentukan : a. nilai tahanan shunt R_{sh}

b. nilai tahanan batas R_1

Penyelesaian :

a. Untuk defleksi setengah skala :

$$I_m = 0,5 I_{dp} = 5 \text{ mA}$$

Tegangan pada gerakan adalah :

$$E_m = 5 \text{ mA} \times 5 \Omega = 25 \text{ mV}$$

Karena tegangan ini juga muncul pada R_x , maka arus melalui R_x :

$$I_x = \frac{25 \text{ mA}}{0,5 \Omega} = 50 \text{ mA}$$

Arus melalui gerakan I_m ditambah arus melalui tahanan shunt I_{sh} harus sama dengan melalui tahanan yang tidak diketahui I_x , jadi :

$$I_{sh} = I_x - I_m = 50 \text{ mA} - 5 \text{ mA} = 45 \text{ mA}$$

Tahanan shunt :

$$R_{sh} = \frac{E_m}{I_{sh}} = \frac{25 \text{ mV}}{45 \text{ mA}} = \frac{5}{9} \Omega$$

b. Arus total baterai adalah ;

$$I_t = I_m + I_{sh} + I_x = 5 \text{ mA} + 45 \text{ mA} + 50 \text{ mA} = 100 \text{ mA}$$

Jadi penurunan tegangan pada tahanan batas R_1 adalah :

3000 mV – 25 mV = 2.975 mV, maka :

$$R1 = \frac{2975 \text{ mV}}{100 \text{ mA}} = 29,75 \Omega$$

2. Jembatan Wheatstone

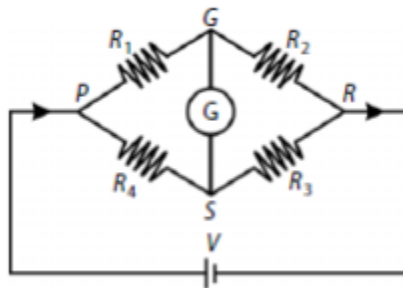
Jembatan wheatstone merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengukur hambatan yang belum diketahui. Jembatan Wheatstone juga bisa digunakan untuk mengkoreksi kesalahan yang dapat terjadi dalam pengukuran hambatan menggunakan hukum Ohm. Adapun susunan rangkaian jembatan Wheatstone ditunjukkan seperti gambar berikut ini.

$$I1.R1 = I3 .R3 \text{ atau } I2.R1 = I4.R3$$

$$\text{Dan } I2 .R2 = I4.R4$$

Didapat :

$$\frac{R2}{R1} = \frac{R3}{R4}$$

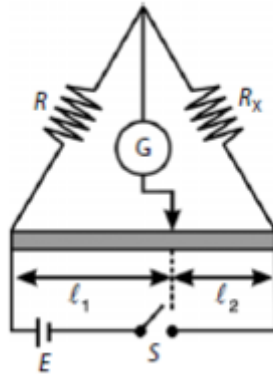


Gambar 4. Rangkaian Jembatan wheatstone

Pada saat jarum galvanometer menunjukkan angka nol, ini menunjukkan pada galvanometer tidak ada arus yang mengalir. Akibatnya pada keadaan ini tegangan di R1 sama dengan tegangan di R4 dan tegangan di R2 sama dengan di R3 sehingga jika $G = 0$, akan berlaku:

$$R1 \times R3 = R2 \times R4$$

Persamaan $R1 \times R3 = R2 \times R4$ dikenal dengan prinsip jembatan Wheatstone. Bentuk sederhana dari jembatan wheatstone ditunjukkan seperti gambar berikut ini.



Ketika saklar S dihubungkan, arus listrik akan mengalir melalui susunan rangkaian, sedangkan jarum Galvanometer menyimpang ke kiri atau ke kanan. Jembatan dalam keadaan seimbang akan diperoleh dengan menggeser-geser kontak sepanjang kawat l. Pada keadaan setimbang, jarum Galvanometer akan menunjukkan angka nol, sehingga diperoleh persamaan:

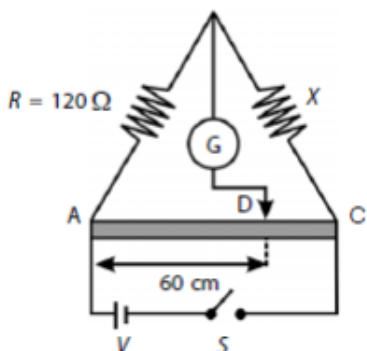
$$R x l_1 = R l_2$$

$$R_x = R l_2 / l_1$$

R_x adalah hambatan yang akan diukur besarnya, sedangkan R merupakan hambatan yang sudah diketahui besarnya. Panjang kawat l_1 dan l_2 dapat terbaca melalui skala panjang pada kawat tersebut. Kenapa untuk mencari jembatan dalam keadaan seimbang harus menggeser-geser kontak sepanjang kawat l ?

Untuk menjawab pertanyaan tersebut Anda kembali lagi ke konsep hambatan jenis suatu penghantar. Masih ingatkah anda dengan konsep tersebut? Kalau lupa ya silahkan anda baca-baca kembali konsep tersebut. Rumus $R x l_1 = R l_2$ erat kaitannya dengan rumus $R_1 x R_3 = R_2 x R_4$ dan rumus $R = \rho l / A$ (konsep hambatan jenis suatu penghantar).

Contoh Soal Tentang Jembatan Wheatstone



Perhatikan gambar di atas! Panjang kawat AC 80 cm dengan $R = 120 \Omega$. Jarum galvanmeter menunjukkan angka nol pada saat kontak dengan D yang panjangnya 60 cm dari A. Tentukan besarnya R_x ?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$R = 120 \Omega$$

$$l_1 = 60 \text{ cm}$$

$$l_2 = 80 \text{ cm} - 60 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Ditanyakan: $R_x = ?$

Jawab:

$$R_x l_1 = R l_2$$

$$R_x = R l_2 / l_1$$

$$R_x = 120 \Omega \cdot 20 \text{ cm} / 60 \text{ cm}$$

$$R_x = 40 \Omega$$

Jadi besarnya hambatan R_x adalah 40Ω .

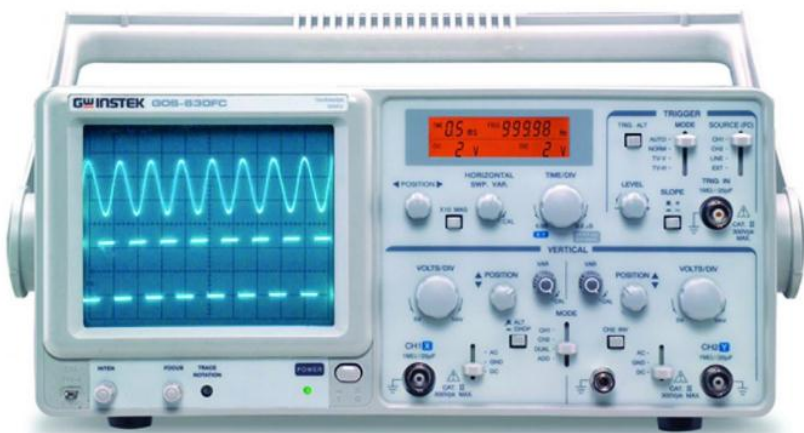
Lembar Kerja: Kondisi Operasi Pengukuran Resistan Listrik

Melalui lembar kerja ini kalian harus melakukan pengamatan untuk mengkaji rangkaian pengukuran resistan listrik dengan ohmmeter dan Jembatan Wheat Stone yang telah disiapkan oleh guru. Dalam hal ini, guru mendemonstrasikan praktikum pengukuran resistan listrik dengan menggunakan dua alat ukur tersebut. Secara berkelompok, kalian harus mengumpulkan data melalui kegiatan mengamati penunjukkan energimeter dari eksperimen yang telah disiapkan. Eksperimen tersebut terdiri dari papan eksperimen meliputi sebuah ohmmeter, jembatan wheat stone, resistor, dan kabel jumper. Diskusikan dengan teman sekelompok hasil pengamatan kalian dan presentasikan di kelas.

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.



DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK
Rudy Rachida

OSILOSKOP

OSILOSKOP

1.1 Pengertian Osiloskop

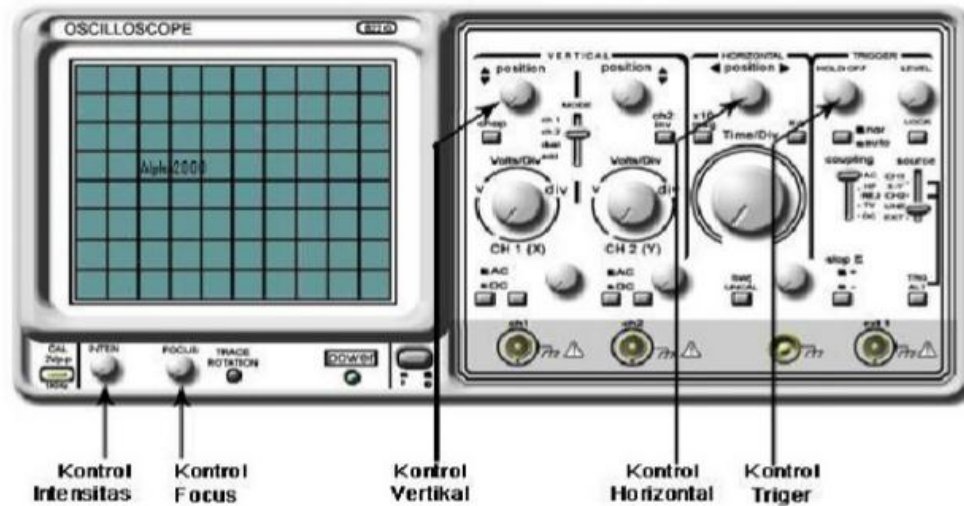
Osiloskop adalah sebuah peralatan uji yang digunakan untuk melihat suatu gambar sinyal listrik. Secara sederhana osiloskop dapat menunjukkan bentuk dari suatu sinyal listrik dan sinyal listrik ini dinamakan dengan bentuk gelombang sinyal. Osiloskop memiliki sebuah layar serupa dengan sebuah layar televisi dan hanya jauh lebih kecil. Osiloskop tersebut menampilkan suatu garis yang terang yang menunjukkan perubahan- perubahan tegangan untuk periode waktu garis yang terletak pada layar. Contoh-contoh tipe tampilan ini terlihat pada setiap televisi rumah sakit yang digunakan untuk menunjukkan aktivitas denyut jantung. Layar osiloskop memiliki suatu garis-garis kisi horizontal dan vertical yang diberi spasi 1 cm dan garis kisi-kisi ini membantu kita untuk melakukan pembacaan tegangan dan waktu. Garis-garis tersebut dinamakan garis-garis graticule.

Nama lengkap dari osiloskop adalah Osiloskop Sinar Katoda (Cathode Ray Oscilloscope) dan singkatan umumnya adalah CRO. Istilah sinar katoda muncul dari nama lengkap layar yang disebut Cathode Ray Tube atau CRT. Jadi CRT adalah bagian dari CRO. Tabung gambar televisi juga dinamakan CRT.

1.2 Fungsi Osiloskop

Secara umum osiloskop berfungsi untuk menganalisa tingkah laku besaran yang berubah-ubah terhadap waktu yang ditampilkan pada layar, untuk melihat bentuk sinyal yang sedang diamati. Dengan Osiloskop maka kita dapat mengetahui berapa frekuensi, periode dan tegangan dari sinyal. Dengan sedikit penyetelan kita juga bisa mengetahui beda fasa antarsinyal masukan dan sinyal keluaran. Ada beberapa kegunaan osiloskop lainnya, yaitu:

- Mengukur besar tegangan listrik dan hubungannya terhadap waktu
- Mengukur frekuensi sinyal yang berosilasi
- Mengecek jalannya suatu sinyal pada sebuah rangkaian listrik
- Membedakan arus AC dengan arus DC
- Mengecek noise pada sebuah rangkaian listrik dan hubungannya terhadap waktu



Gambar 1.1. Bagian-bagian Osiloskop

Bagian	Keterangan
Volt atau div	Untuk mengeluarkan tegangan AC, mengatur berapa nilai tegangan yang diwakiloleh satu div di layar
CH1 (Input X)	Untuk memasukkan sinyal atau gelombang yang diukur atau pembacaan posisi horizontal, Terminal masukan pada saat pengukuran pada CH 1 juga digunakan untuk kalibrasi. Jika signal yang diukur menggunakan CH 1, maka posisi switch pada CH 1 dan berkas yang nampak pada layar hanya ada satu.
AC-DC	Untuk memilih besaran yang diukur Mengatur fungsi kapasitor kopleng di terminal masukan osiloskop. Jika tombol pada posisi AC maka pada terminal masukan diberi kapasitor kopleng sehingga hanya melewati komponen AC dari sinyal masukan. Namun jika tombol diletakkan pada posisi DC maka sinyal akan terukur dengan komponen DC diikut sertakan. Posisi AC = Untuk megukur AC, objek ukur DC tidak bisa diukur melalui posisi ini, karena signal DC akan terblokir oleh kapasitor. Posisi DC = Untuk mengukur tegangan DC dan masukan-masukan yang lain.
Ground	Digunakan untuk melihat letak posisi ground di layer, ground Osiloskop yang dihubungkan dengan ground yang diukur.
Posisi Y	Untuk mengatur posisi garis atau tampilan dilayar atas bawah. Untuk menyeimbangkan DC vertical guna pemakaian channel 1 atau (Y). Penyetelan dilakukan sampai posisi gambar diam pada saat variabel diputar.
Variabel	Untuk kalibrasi osiloskop.
Selektor pilih	Untuk memilih Chanel yang diperlukan untuk pengukuran.
Layar	Menampilkan bentuk gelombang

Inten	Mengatur cerah atau tidaknya sinar pada layar Osiloskop. Diputar ke kiri untuk memperlemah sinar dan diputar ke kanan untuk memperterang.
Rotatin	Mengatur posisi garis pada layar, Mengatur kemiringan garis sumbu Y=0 di layar
Fokus	Menajamkan garis pada layer untuk mendapatkan gambar yang lebih jelas, digunakan untuk mengatur fokus
Position X	Mengatur posisi garis atau tampilan kiri dan kanan. untuk mengatur posisi normalsumbu X (ketika sinyal masukannya nol) Untuk menyetel kekiri dan kekanan berkas gambar (posisi arah horizontal) Switch pelipat sweep dengan menarik knop, bentuk gelombang dilipatkan 5 kali lipat ke arah kiri dan ke arah kanan usahakan cahaya seruncing mungkin.
Sweep time/div	Digunakan untuk mengatur waktu periode (T) dan Frekwensi (f), mengatur berapana nilai waktu yang diwakili oleh satu div di layar Sakelar putar untuk memilih besarnya tegangan per cm (volt/div) pada layar CRT, ada 11 tingkat besaran tegangan yang tersedia dari 0,01 v/div s.d 20V/div Yaitu untuk memilih skala besaran waktu dari suatu priode atau pun square trap Cm (div) sekitar 19 tingkat besaran yang tersedia terdiri dari 0,5 s/d 0,5second. pengoperasian X-Y didapatkan dengan memutar penuh ke arah jarum jam. Perpindahan Chop-ALT-TVV-TVH. secara otomatis dari sini. Pembacaan kalibrasi sweep time/div juga dari sini dengan cara variabel diputar penuh se arah jarum jam.
Mode	Untuk memilih mode yang ada
Variabel	Untuk kalibrasi waktu periode dan frekwensi. Untuk mengontrol sensitifitas arah vertical pada CH 1 (Y) pada putaran maksimal ke arah jarum jam (CAL) gunanya untuk mengkalibrasi mengecek apakah Tegangan 1 volt tepat 1 cm pada skala layar CRT. Digunakan untuk menyetel sweeptime pada posisi putaran maksimum arah jarum jam. (CAL) tiap tingkat dari 19 posisi dalam keadaan terkalibrasi .
Level	Menghentikan gerak tampilan layar.
Exi Trigger	Untuk trigger dari luar.
Power	Untuk menghidupkan Osiloskop.
Cal 0,5 Vp-p	Kalibrasi awal sebelum Osiloskop digunakan.
CH2 (input Y)	Untuk memasukkan sinyal atau gelombang yang diukur atau pembacaan Vertikal. Jika signal yang diukur menggunakan CH 2, maka posisi switch pada CH 2 dan berkas yang nampak pada layar hanya satu

Prinsip kerja osiloskop yaitu menggunakan layar katoda. Dalam osiloskop terdapat tabung panjang yang disebut tabung sinar katoda atau Cathode Ray Tube (CRT).

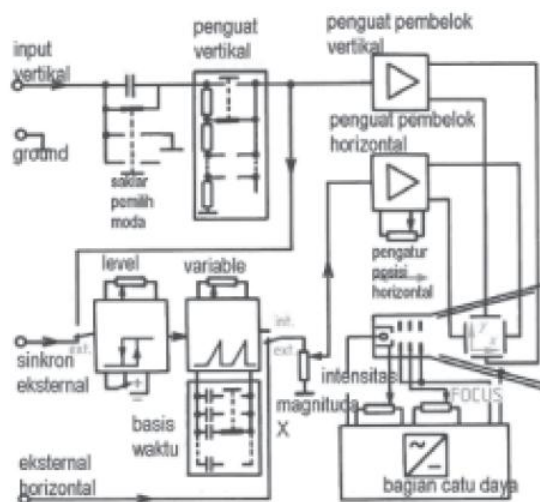
Secara prinsip kerjanya ada dua tipe osiloskop, yakni tipe analog (ART - analog real time oscilloscope) dan tipe digital (DSO-digital storage oscilloscope), masing-masing memiliki kelebihan dan keterbatasan. Para insinyur, teknisi maupun praktisi yang bekerja dilaboratorium perlu mencermati karakter masing-masing agar dapat memilih dengan tepat osiloskop mana yang sebaiknya digunakan dalam kasus-kasus tertentu yang berkaitan dengan rangkaian elektronik yang sedang diperiksa atau diuji kinerjanya.

1.3 Osiloskop Analog

Osiloskop analog menggunakan tegangan yang diukur untuk menggerakkan berkas elektron dalam tabung sesuai bentuk gambar yang diukur. Pada layar osiloskop langsung ditampilkan bentuk gelombang tersebut. Osiloskop tipe waktu nyata analog (ART) menggambar bentuk-bentuk gelombang listrik dengan melalui gerakan pancaran elektron (electron beam) dalam sebuah tabung sinar katoda (CRT -cathode ray tube) dari kiri ke kanan.

Osiloskop analog pada prinsipnya memiliki keunggulan seperti harganya relatif lebih murah dibanding osiloskop digital, sifatnya yang realtime dan pengaturannya yang mudah dilakukan karena tidak ada tundaan antara gelombang yang sedang dilihat dengan peragaan di layar, serta mampu meragakan bentuk yang lebih baik seperti yang diharapkan untuk melihat gelombang-gelombang yang kompleks, misalnya sinyal video di TV dan sinyal RF yang dimodulasi amplitudo. Keterbatasannya adalah tidak dapat menangkap bagian gelombang sebelum terjadinya event picu serta adanya kedipan (flicker) pada layar untuk gelombang yang frekuensinya rendah (sekitar 10-20 Hz). Keterbatasan osiloskop analog tersebut dapat diatasi oleh osiloskop digital.

Blok diagram dasar osiloskop yang terdiri dari pemancar elektron (Electron Beam), pembelok vertical (Penguat-Y), pembelok horizontal (penguat-X), generator basis waktu (Sweep Generator), catu daya, dan tabung hampa (CRT)

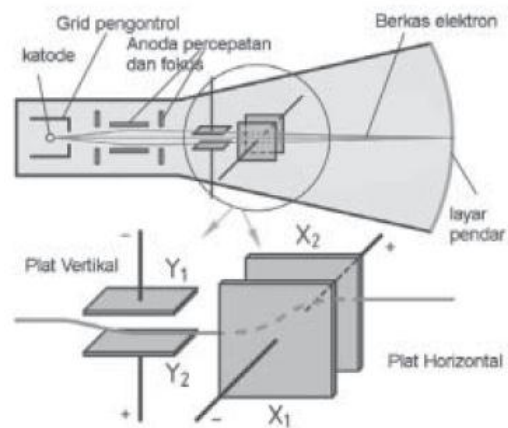


Gambar 1.2. Blok diagram osiloskop analog

Pemancar Elektron

Pemancar elektron merupakan bagian terpenting sebuah osiloskop. Katode di dalam CRT (Cathode Ray Tube) akan mengemisikan elektron-elektron ke layar CRT melalui elektrode-elektrode pemfokus intensitas pancaran elektron ditentukan oleh banyaknya elektron yang diemisikan oleh katode.

Bahan yang memantulkan cahaya pada layar CRT dapat diperoleh dari sulfid, oksid atau silikat dari kadmium, yang diaktifkan melalui bahan tambahan dari perak, emas atau tembaga. Pada umumnya dipilih warna hijau untuk tampilan cahaya pada layar CRT, karena mata manusia pada umumnya peka terhadap warna ini.



Gambar 1.3. Pancaran elektron ke layar pendar CRT

Penguat Vertikal

Penguat vertikal dapat memberikan tegangan hingga 100 V. Penguat ini harus dapat menguatkan tegangan DC maupun AC dengan penguatan yang sama. Pengukuran sinyal dapat diatur melalui tombol POS (position).

Input Y

Bagian Input-Y (Vert. Input) terhubung dengan tombol pembagi tegangan, untuk membagi tegangan yang akan diukur, dengan perbandingan 10 : 1 atau 100 : 1. Tombol ini harus dibantu dengan sinyal kotak untuk kompensasi.

Penguat Horizontal

Penguat ini memiliki dua input, satu dari sweep generator, menghasilkan trace (sapuan) horizontal lewat CRT dan input yang lain menguatkan sinyal eksternal dan ditampilkan pada CRT hanya pada sumbu horizontal. Skala pada sumbu Horizontal CRT Osiloskop, digunakan untuk mengukur waktu (periode) dari sinyal yang diukur, misalnya 2 ms/ divisi.

Generator-Waktu

Generator waktu menghasilkan sinyal gigi gergaji, yang frekuensinya dapat diatur, dengancara mengatur periodenya melalui tombol TIMEBASE. CRT akan menampilkan sinyal yang diukur (sinyal input) hanya jika periode sinyal tersebut persis sama dengan periode sinyal gigi gergaji iniatu merupakan kelipatan periodenya.

Triggering dan bias waktu

Sinyal gigi gergaji akan mulai muncul jika ada sinyal trigger. Pada saat sinyal input melewati level trigger, maka sinyal gigi gergaji mulai muncul.

Catu Daya

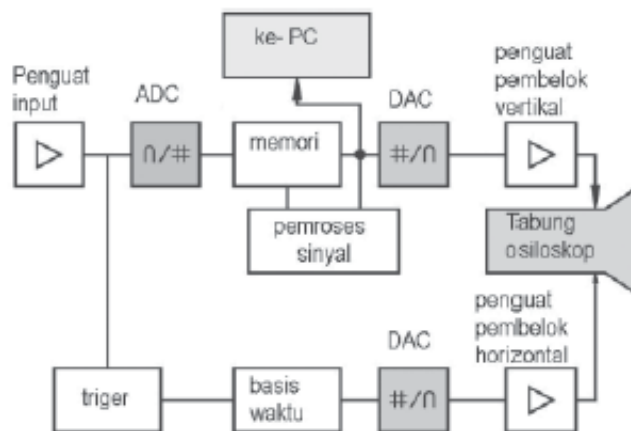
Kinerja catu daya ini sangat mempengaruhi kinerja bagian lainnya di dalam osiloskop. Catu daya yang tidak terregulasi dengan baik akan menyebabkan kesalahan pengukuran dan tampilan yang tidak baik pada CRT (fokus, kecerahan/brightness, sensitifitas, dan sebagainya).



Gambar 1.4. Triggering memunculkan sinyal gigi gergaji

1.4 Osiloskop Digital

Pada osiloskop digital, semua data yang akan ditampilkan disimpan di dalam RAM. Sinyal analog akan disampling lalu dikuantisasi oleh ADC, diberi nilai (biner) sesuai dengan besarnya amplitudo tersampling. Nilai ini dapat ditampilkan kembali secara langsung pada layar CRT atau monitor PC melalui kabel penghubung RS-232. Perbedaan antara osiloskop analog dan digital hanya pada pemroses sinyal ADC. Pengarah pancaran elektron pada osiloskop ini sama dengan pengarah pancaran elektron pada osiloskop analog. Osiloskop digital ada yang dilengkapi dengan perangkat lunak matematik untuk analisis sinyal atau printer.



Gambar 1.5. Blok Diagram Osiloskop Digital

Blok diagram osiloskop digital semua sinyal analog akan digitalisasi. Osiloskop digital, misalnya storage oscilloscope terdiri dari:

- ADC (Analog-to-Digital Converter)
- DAC (Digital-to-Analog Converter)
- Penyimpanan Elektronik

2. Pengukuran dengan Osiloskop

Berikut ini diberikan ilustrasi pengukuran dengan menggunakan osiloskop meliputi:

1. Pengukuran tegangan DC,
2. Mengukur tegangan AC, periode, dan frekuensi,
3. Mengukur arus listrik AC,
4. Pengukuran beda fasa tegangan dengan arus listrik AC, dan
5. Pengukuran sudut penyalan thyristor.

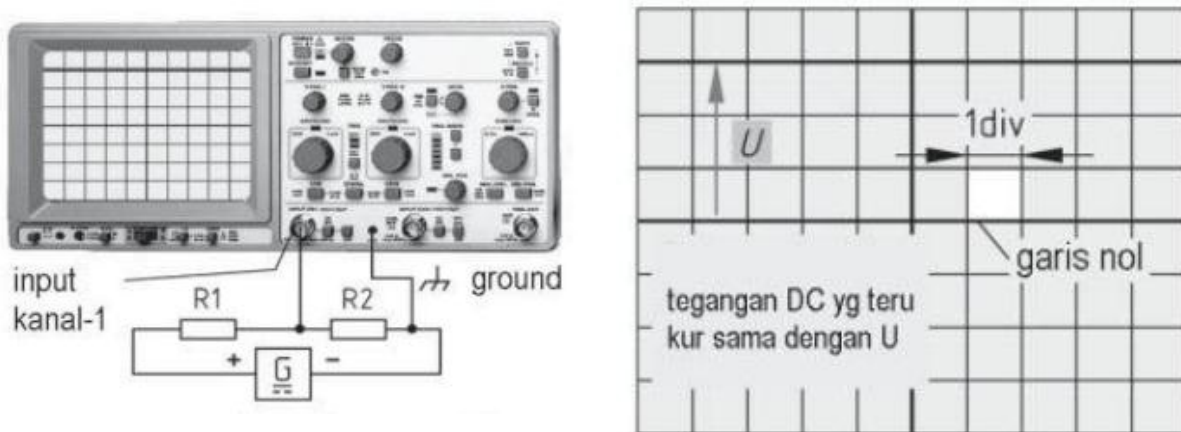
2.1 Mengukur Tegangan DC

Tahanan R1 dan R2 berfungsi sebagai pembagi tegangan. Ground osiloskop dihubungkan ke negative catu daya DC. Probe kanal-1 dihubungkan ujung sambungan R1 dengan R2. Tegangan searah diukur pada mode DC.

Misalnya:

$$VDC = 5V/div. 3div = 15 V$$

Bentuk tegangan DC merupakan garis tebal lurus pada layar CRT. Tegangan terukur diukur dari garis nol ke garis horizontal DC.



Gambar 2.1 Cara Pengukuran Tegangan DC

2.2. Mengukur Tegangan AC, periode T, dan frekuensi F

Trafo digunakan untuk mengisolasi antara listrik yang diukur dengan listrik pada osiloskop. Jika menggunakan listrik PLN maka frekuensinya 50 Hz.

Misalnya:

$$V_p = 2V/div \cdot 3 div = 6 V$$

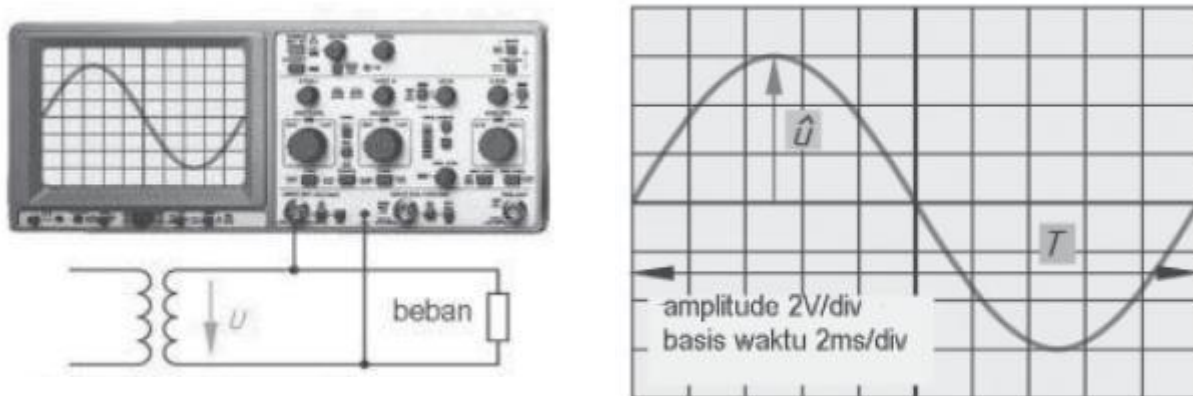
$$V_{rms} = 6 / 2$$

$$V = 4,2 V$$

$$T = 2ms/div \cdot 10 div = 20 ms$$

$$f = 1/T = 1/20ms = 50 Hz$$

Tegangan AC berbentuk sinusoida dengan tinggi U dan lebar periodenya T. Besarnya tegangan 6 V dan periodenya 20 milidetik dan frekuensinya 50 Hz.



Gambar 2.2 Mengukur tegangan AC dengan osiloskop

2.3 Mengukur Arus Listrik AC

Pada dasarnya osiloskop hanya mengukur tegangan. untuk mengukur arus dilakukan secara tidak langsung dengan $R = 1\Omega$ untuk mengukur drop tegangan.

Misalnya:

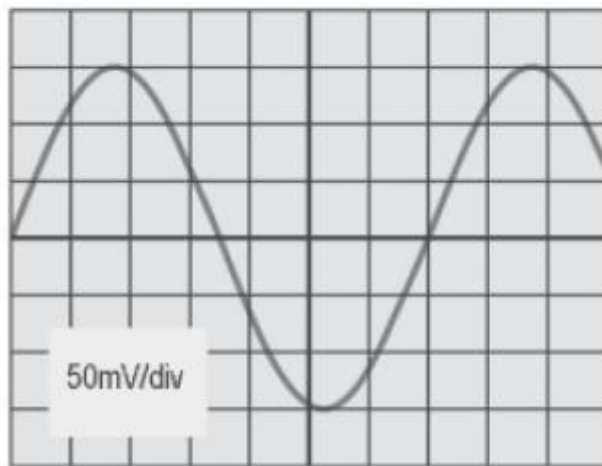
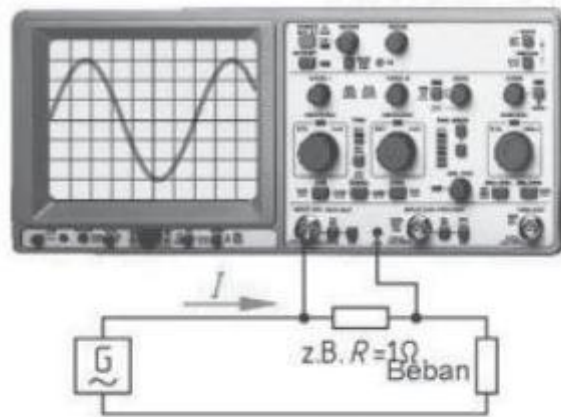
$$V_p = 50 mV/div \cdot 3div = 150 mV = 0,15 V$$

$$V_{rms} = 0,15 / 2$$

$$V = 0,1 V$$

$$I = V_{rms}/R = 0,1V / 1\Omega = 0,1 A$$

Bentuk sinyal arus yang melalui resistor R adalah sinusoida menyerupai tegangan. Pada beban resistor sinyal tegangan dan sinyal arus akan sefasa.



tampilan pengukuran tegangan 50mV/div

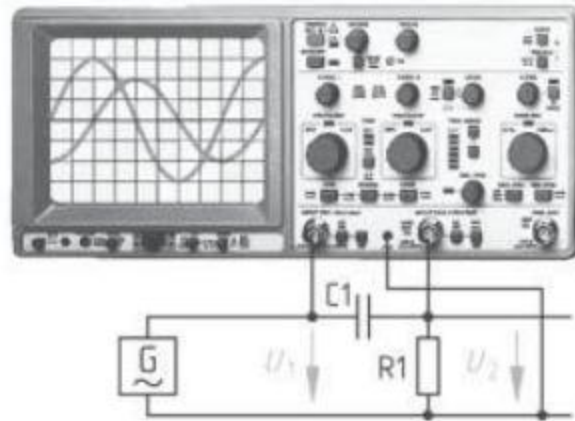
Gambar 2.3 Mengukur Arus AC dengan Osiloskop

2.4 Mengukur Beda Fasa Tegangan dengan Arus Listrik AC.

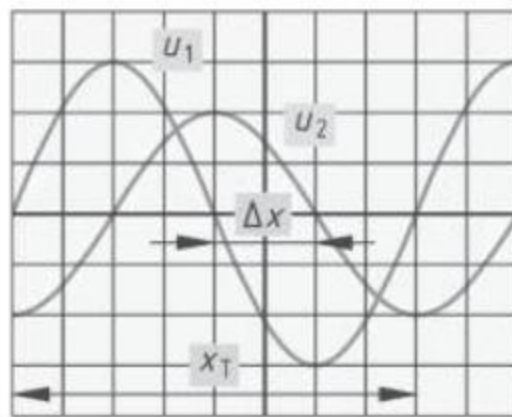
Beda fasa dapat diukur dengan rangkaian C1 dan R1. Tegangan U1 menampakkan tegangan catu dari generator AC. Tegangan U2 dibagi dengan nilai resistor R1 representasi dari arus listrik AC. Pergeseran fasa U1 dengan U2 sebesar Δx .

$$\text{Misalnya: } \varphi = \Delta x \cdot 360^\circ / XT = 2 \text{ div} \cdot 360^\circ / 8 \text{ div} = 90^\circ$$

Tampilan sinyal sinusoida tegangan U1 (tegangan catu daya) dan tegangan U2 (jika dibagi dengan R1, representasi dari arus AC). Pergeseran fasa antara tegangan dan arus sebesar $\varphi = 90^\circ$



Pengukuran pergeseran fasa R dengan kapasitor C1



pengukuran pergeseran fasa U1-U2

Gambar 2.4 Mengukur beda fasa dengan Osiloskop

2.5 Metode Lissajous

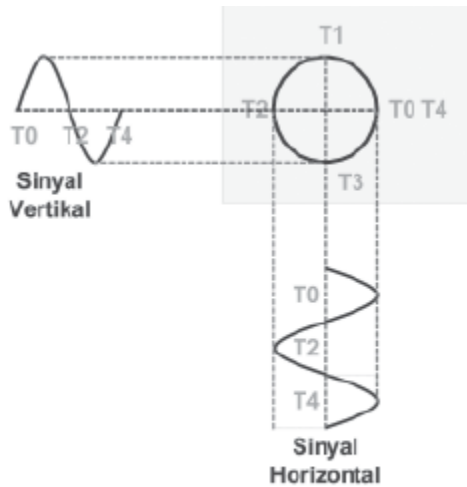
Dua sinyal dapat diukur beda fasanya dengan memanfaatkan input vertical (kanal Y) dan horizontal (kanal-X). Dengan menggunakan osiloskop.

a. Beda fasa 0° atau 360° .

Dua sinyal yang berbeda, dalam hal ini sinyal input dan sinyal output jika dipadukan akan menghasilkan konfigurasi bentuk yang sama sekali berbeda. Sinyal input dimasukkan ke kanal Y (vertikal) dan sinyal output dimasukkan ke kanal X (horizontal) berbeda 0° , dipadukan akan menghasilkan sinyal paduan berupa garis lurus yang membentuk sudut 45° (Gambar 2.5).

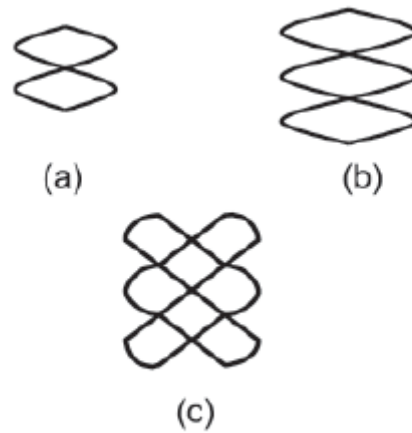
b. Beda fasa 90° atau 270° .

Sinyal vertikal berupa sinyal sinusoida. Sinyal horizontal yang berbeda fasa 90° atau 270° dimasukkan. Hasil paduan yang tampil pada layar CRT adalah garis bulat (Gambar 8.45).



Gambar 8.44 Sinyal input berbeda fasa 90° dengan output

Gambar 2.5 Sinyal Input berbeda fasa 90° dengan output



Gambar 8.45 Lissajous untuk menentukan frekuensi

Gambar 2.6 Lissajous untuk Menentukan Frekuensi

Pengukuran X-Y juga dapat digunakan untuk mengukur frekuensi yang tidak diketahui.

Misalnya sinyal referensi dimasukkan ke input horizontal dan sinyal lainnya ke input vertikal.

f_v = frekuensi yang tidak diketahui

f_R = frekuensi referensi

N_v = jumlah luf frekuensi yang tidak diketahui

N_R = jumlah luf frekuensi referensi

Contoh Gambar 2.6 (c). Misalnya frekuensi referensi = 3 kHz, maka $f_v = 3 \cdot (2/3)$ kHz = 2 kHz

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.



Menggunakan Peralatan Ukur Listrik

DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK

Rudy Rachida

1. Terminologi dalam Pengukuran Listrik

Pengukuran adalah proses untuk mendapatkan informasi besaran fisis tertentu, seperti tegangan (V), arus listrik (I), hambatan (R), konduktivitas (ρ), dan lainnya. Data yang diperoleh dapat berupa nilai dalam bentuk angka (kuantitatif) maupun berupa pernyataan yang merupakan sebuah pernyataan atau generalisasi (kualitatif). Informasi yang diperoleh dalam suatu pengukuran disebut data. Sesuai dengan sifat pengukuran maka data dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu : (1) data kuantitatif, dan (2) data kualitatif.

Dalam sistem transmisi tenaga listrik dikenal istilah-istilah sebagai berikut:

- a. Tegangan Tinggi
- b. Tegangan Ekstra Tinggi
- c. Tegangan Ultra Tinggi

Pernyataan tentang tegangan tersebut disebut sebagai data kualitatif. Bila informasi yang diperoleh dalam pengukuran berupa nilai/angka maka data itu disebut data kuantitatif, misalnya sebuah pengukuran tegangan diperoleh ($220 \pm 5\%$) volt.

Data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data, dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Data empiris

Data empiris diperoleh langsung saat dilakukan pengukuran (apa yang terbaca pada alat ukur). Data empiris sering disebut juga data mentah karena belum diproses lebih lanjut. Nilai tegangan yang terbaca pada voltmeter merupakan data empiris

- b. Data terproses

Data Terproses diperoleh setelah dilakukan pengolahan tertentu, misalnya melalui sebuah perhitungan. Sebagai contoh jika diukur tegangan V dan arus I maka hambatan $R = V/I$ setelah dihitung hasilnya disebut data terproses. Data tipe ini biasanya diperoleh dari proses reduksi data.

Berkaitan dengan data di atas maka setelah data terkumpul dari hasil suatu pengukuran selanjutnya dilakukan proses perhitungan-perhitungan matematik atau dilakukan penyusunan ulang data-data. Proses/prosedur ini disebut reduksi data atau pengolahan data.

Alat ukur listrik merupakan peralatan yang diperlukan oleh manusia. Karena besaran listrik seperti : tegangan, arus, daya, frekuensi dan sebagainya tidak dapat secara langsung ditanggapi oleh panca indera. Untuk mengukur besaran listrik tersebut diperlukan alat pengubah. Atau besaran ditransformasikan kedalam besaran mekanis yang berupa gerak dengan menggunakan alat ukur. Perlu disadari bahwa untuk dapat menggunakan berbagai macam alat ukur listrik perlu pemahaman dan pengetahuan yang memadai tentang konsep – konsep teoritisnya.

Dalam mempelajari pengukuran dikenal beberapa istilah, antara lain:

- Instrumen : alat ukur untuk menentukan nilai atau besaran suatu kuantitas atau variabel.
- Presisi : kesesuaian diantara beberapa data pengukuran yang sama yang dilakukan secara berulang. Tinggi rendahnya tingkat ketelitian hasil suatu pengukuran dapat dilihat dari harga deviasi hasil pengukuran.

- Akurasi : kesamaan atau kedekatan suatu hasil pengukuran dengan angka atau data yang sebenarnya.
- Sensitivitas : perbandingan antara sinyal keluaran atau respon instrumen terhadap perubahan masukan atau variabel yang diukur.
- Resolusi : : perubahan terkecil dalam nilai yang diukur yang mana instrumen akan memberi respon atau tanggapan.
- Kesalahan : penyimpangan variabel yang diukur dari harga (nilai) yang sebenarnya.

Alat ukur listrik dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Alat ukur standar

Alat ukur standar lazim disebut sebagai alat ukur absolut. Alat ukur standar merupakan alat ukur yang menunjukkan besaran dari komponen listrik yang diukur dengan batas-batas padakonstanta dan penyimpangan pada alat itu sendiri. Ini menunjukkan bahwa alat tersebut tidak perlu dikalibrasi atau dibandingkan dengan alat ukur lainnya lebih dahulu. Contoh : Galvanometer

2. Alat ukur sekunder

Alat ukur sekunder merupakan alat ukur yang menunjukkan harga besaran listrik yang diukur dan dapat ditentukan hanya dari simpangan alat ukur tersebut. Sebelumnya alat ukur sudah dikalibrasi dengan membandingkan pada alat ukur standar/absolut.

Contoh : Voltmeter

Akurasi dan presisi

Akurasi menyatakan tingkat kesesuaian hasil pengukuran terhadap harga atau nilai yang sebenarnya; sedang presisi menyatakan tingkat kesamaan di dalam sekelompok pengukuran atau sejumlah instrumen. Misalkan kita bandingkan dua buah voltmeter dengan model dan dari pabrikan sama. Mestinya kedua voltmeter tersebut dapat dibaca dengan akurasi yang sama, tetapi dapat pula terjadi presisi kedua voltmeter tersebut dapat berbeda sama sekali. Hal ini dapat terjadi karena adanya kesalahan sistem dalam salah satu voltmeter tersebut, misalkan berubahnya tahanan seri di dalam salah satu voltmeter tersebut. Untuk menentukan voltmeter mana yang menghasilkan kesalahan ukur, diperlukan perbandingan terhadap voltmeter standar (kalibrasi).

Akurasi terdiri dari dua karakteristik, yaitu (1) kesesuaian, dan (2) jumlah angka yang berarti dari suatu hasil pengukuran. Kesesuaian adalah suatu persyaratan yang perlu tetapi belum cukup untuk memperoleh ketepatan, misalkan sebuah tahanan 1,484572 mega-ohm diukur dengan ohmmeter secara konsisten dan berulang memberikan hasil pengukuran sebesar 1,5 mega-ohm. Yang menjadi pertanyaan adalah: apakah hasil pengukuran tersebut telah membaca harga yang sebenarnya? Tentu saja belum, karena kita masih perlu membicarakan angka-angka yang berarti dari hasil pengukuran. Angka-angka yang berarti tersebut memberikan informasi yang aktual mengenai kebesaran dan ketepatan pengukuran. Makin banyak angka penting, ketepatan pengukuran menjadi lebih besar.

Contoh Kasus:

Nilai sebuah tahanan adalah 68 ohm, ini berarti bahwa tahanan tersebut akan lebih mendekati 68 ohm daripada 67 ohm atau 69 ohm. Selanjutnya jika disebutkan nilai tahanan adalah 68,0 ohm, berarti nilai tahanan tersebut lebih mendekati 68,0 ohm daripada 67,9 ohm atau 68,1 ohm. Pada 68 ohm terdapat dua angka yang berarti, sedang pada tahanan 68,0 ohm terdapat tiga angka yang berarti, yang memiliki ketepatan yang lebih tinggi daripada tahanan 68 ohm. Sudah menjadi kelaziman untuk mencatat suatu hasil pengukuran dengan menggunakan semua angka yang kita yakini paling mendekati ke harga yang sebenarnya. Misalnya, jika sebuah voltmeter dibaca 117,1 volt; maka ini menunjukkan bahwa penaksiran yang paling baik menurut pengamat yang lebih mendekati ke 117,1 volt daripada 117,0 volt atau 117,2 volt. Cara lain untuk menyatakan hasil pengukuran ini adalah menggunakan rangkuman kesalahan yang mungkin, sehingga dapat dituliskan menjadi $117,1 \pm 0,05$ volt.

Contoh Soal:

Serangkaian pengukuran tegangan yang dilakukan dengan konsisten oleh empat pengamat memberikan data hasil pengukuran: 120,02 volt, 120,11 volt, 120,08 volt, dan 120,03 volt. Tentukan (1) nilai rata-rata, dan (2) rangkuman kesalahan ukurnya.

Penyelesaian:

1. $U_{rata-rata} = \frac{120,02+120,11+120,08+120,03}{4} = 120,06 \text{ V}$
2. Rangkuman kesalahan (max) = $U_{max} - U_{rata-rata} = 120,11 - 120,06 = 0,05 \text{ V}$

$$\text{Rangkuman kesalahan (min)} = U_{min} - U_{rata-rata} = 120,02 - 120,06 = -0,04 \text{ V}$$

$$\text{Rangkuman kesalahan rata-rata} = \pm 0,045 = \pm 0,05 \text{ V}$$

Kesalahan Ukur

Kesalahan dalam pengukuran dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. Kesalahan Umum

Kesalahan yang dilakukan oleh seseorang ketika mengukur termasuk dalam kesalahan umum. Kesalahan umum yaitu kesalahan yang disebabkan oleh pengamat. Kesalahan ini dapat disebabkan karena pengamat kurang terampil dalam menggunakan instrumen, posisi mata saat membaca skala yang tidak benar, dan kekeliruan dalam membaca skala.

2. Kesalahan Sistematis

Kesalahan yang disebabkan oleh kesalahan alat ukur atau instrumen disebut kesalahan sistematis. Kesalahan sistematis dapat terjadi karena:

- a) Kesalahan titik nol yang telah bergeser dari titik yang sebenarnya.
- b) Kesalahan kalibrasi yaitu kesalahan yang terjadi akibat adanya penyesuaian pembubuhan nilai pada garis skala saat pembuatan alat.
- c) Kesalahan alat lainnya. Misalnya, melemahnya pegas yang digunakan pada neraca pegas sehingga dapat memengaruhi gerak jarum penunjuk.

Cara yang paling tepat untuk mengetahui instrumen tersebut mempunyai kesalahan atau tidak yaitu dengan membandingkan dengan instrumen lain yang memiliki karakteristik yang sama atau terhadap instrumen lain yang akurasiya lebih tinggi. Untuk menghindari kesalahan-kesalahan tersebut dengan cara :

- (1) memilih instrumen yang tepat untuk pemakaian tertentu;
- (2) menggunakan faktor-faktor koreksi setelah mengetahui banyaknya kesalahan;
- (3) mengkalibrasi instrument tersebut terhadap instrumen standar. Pada kesalahan-kesalahan yang disebabkan lingkungan, seperti : efek perubahan temperatur, kelembaban, tahanan udara luar, medan-medan maknetik, dan sebagainya dapat dihindari dengan membuat pengkondisian udara (AC), penyegelan komponen-komponen instrumen tertentu dengan rapat, pemakaian pelindung maknetik

3. Kesalahan acak

Selain kesalahan pengamat dan alat ukur, kondisi lingkungan yang tidak menentu bisa menyebabkan kesalahan pengukuran. Kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh kondisi lingkungan disebut kesalahan acak. Misalnya, fluktuasi-fluktuasi kecil pada saat pengukuran e/m (perbandingan muatan dan massa elektron). Fluktuasi (naik turun) kecil ini bisa disebabkan oleh adanya gerak Brown molekul udara, fluktuasi tegangan baterai, dan kebisingan (noise) elektronik yang bersifat acak dan sukar dikendalikan

Kalibrasi

Alat ukur perlu diteliti kalibrasinya sebelum dipergunakan agar hasil ukurnya dapat dipercaya. Saat kalibrasi harus selalu menempatkan jarum penunjuk pada titik nol yang sesungguhnya, saat alat ukur akan digunakan. Sering pada sebuah alat ukur jarum penunjuk tidak berada pada titik nol yang semestinya sehingga saat digunakan nilai baca selalu lebih besar atau lebih kecil dari yang seharusnya sehingga menyumbang apa yang disebut ralat sistematis. Secara umum pengertian kalibrasi di sini adalah membandingkan alat ukur Anda dengan referensi. Referensi (standar) yang digunakan untuk mengkalibrasi alat ukur dapat ditempuh dengan beberapa tahap.

Setiap sistem pengukuran harus dapat dibuktikan keandalannya dalam mengukur, prosedur pembuktian ini disebut kalibrasi. kalibrasi atau peneraan bagi pemakai alat ukur sangat penting. Kalibrasi dapat mengurangi kesalahan meningkatkan ketelitian pengukuran. Langkah prosedur kalibrasi menggunakan perbandingan instrumen yang akan dikalibrasi dengan instrumen standar. Berikut ini dicontohkan kalibrasi untuk ampermeter arus searah dan voltmeter arus searah secara sederhana.

a. Kalibrasi ampermeter

Kalibrasi secara sederhana yang dilakukan pada ampermeter arus searah. Caranya dapat dilakukan dengan membandingkan arus yang melalui ampermeter yang akan dikalibrasi (A) dengan ampermeter standar (As). Langkah-langkahnya ampermeter (A) dan ampermeter standar (As) dipasang secara seri.

b. Sama halnya pada ampermeter, kalibrasi voltmeter arus searah dilakukan dengan cara membandingkan harga tegangan yang terukur voltmeter yang dikalibrasi (V) dengan voltmeter standar (Vs). Langkah-langkahnya voltmeter (V) dan voltmeter standar (Vs) dipasang secara parallel.

2. Sistem Satuan

Suatu benda, dalam dipelajari secara kualitatif dan kuantitatif. Dalam fisika sendiri, suatu benda dipelajari secara kuantitatif yang nantinya akan dinyatakan dalam bilangan atau satuan. Untuk mempermudah dalam penganalisaan terhadap suatu benda, maka diperlukan suatu besaran standar atau besaran umum yang nantinya akan digunakan secara umum oleh setiap orang. Dan dalam menyatakan suatu besaran dalam suatu dimensi atau kondisi, maka perlu aturan-aturan yang harus ditentukan. Sistem pengaturan ini disebut sistem satuan.

Alat ukur adalah alat yang dapat digunakan untuk mengetahui hasil perbandingan antara suatu besaran yang ingin diketahui dengan standar yang dipakai. Fungsi penting dari alat ukur khususnya alat ukur besaran listrik adalah untuk mengetahui nilai yang telah ditentukan sebagai batasan laik atau tidaknya peralatan atau jaringan listrik akan dioperasikan. Dalam pengukuran kita mem-bandingkan suatu besaran dengan besaran standar. Sehingga dalam pengukuran perlu mengetahui besaran, satuan dan dimensi.

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur. Besaran terdiri dari: (1) Besaran dasar; yakni besaran yang tidak tergantung pada besaran lain, dan (2) Besaran turunan; yakni besaran yang diturunkan dari besaran-besaran dasar, dan merupakan kombinasi dari besaran dasar.

Penerapan Sistem Satuan

Pembangkitan tenaga listrik, jaringan tenaga listrik, distribusi tenaga listrik dan pemanfaatan tenaga listrik berkaitan dengan besaran dan satuan yang menentukan ukurannya. Oleh karena itu, sebelum kita memperdalam semua permasalahan dalam bisnis ketenagalistrikan, sebaiknya kalian mendalami terlebih dahulu tentang satuansatuan standar yang digunakan yang berlaku secara universal agar dapat menerapkannya secara benar.

Untuk ilmu pengetahuan dan teknologi, satuan dapat dianggap sebagai mata uang. Dengan mata uang kalian dapat melakukan transaksi apa saja, kapan saja, dan di mana saja. Demikian juga dengan satuan. Ada dua sistem satuan yang dapat digunakan, yaitu (1) Sistem Internasional, yang lazim disebut sebagai satuan SI, dan (2) Sistem Imperial (Inggris) yang merupakan sistem satuan yang berlaku di Eropa. Sistem satuan SI paling banyak digunakan di seluruh dunia.

Tahun 1960 atas persetujuan internasional ditunjuk sebagai sistem internasional (SI). Sistem SI digunakan enam satuan dasar, yaitu meter, kilogram, sekon, dan amper (MKSA) dan sebagai satuan dasar tambahan adalah derajat kelvin dan lilin (kandela) yaitu sebagai satuan temperatur dan intensitas cahaya, seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Satuan dasar

Besaran		Satuan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Panjang	l	Meter	m
Massa	m	kilogram	Kg
Waktu	T	detik	s
arus listrik	A	ampere	A
temperatur	T	Kelvin	K
jumlah zat	n	molekul	mol
kuat cahaya	lv	lilin	cd

Satuan-satuan lain yang dapat dinyatakan dengan satuan-satuan dasar disebut satuansatuan turunan. Untuk memudahkan beberapa satuan turunan telah diberi nama baru, contoh untuk daya dalam SI dinamakan watt yaitu menggantikan j/s.

Tabel dibawah ini memperlihatkan satuan turunan yang beralku dalam teknik ketenagalistrikan

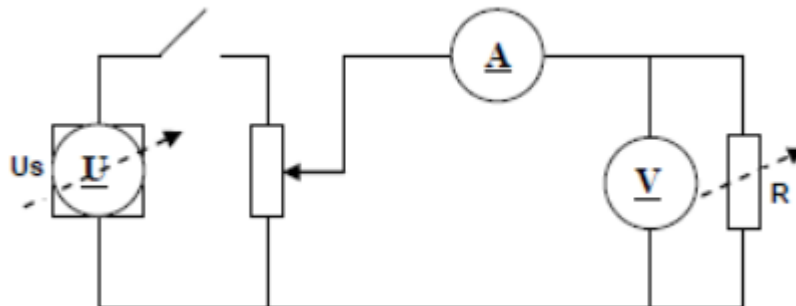
Tabel 2. Satuan Turunan

Besaran		Satuan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Luminasi	L	lilin per	Cd/m ²
frekuensi	f	hertz	Hz
Energi listrik	W	joule	J
Daya listrik	P	watt	W
Tegangan Listrik	U	volt	V
Kapasitansi	C	farad	F
Resistansi listrik	R	ohm	Ω
Konduktansi	G	siemens	S
Fluksi magnetik	☐	weber	Wb
Kerapatan fluksi	B	tesla	T
Induktansi	L	henry	H

3. Perancangan Kerja Proyek

Kerja proyek 1:

Menggunakan Ampermeter dan Voltmeter



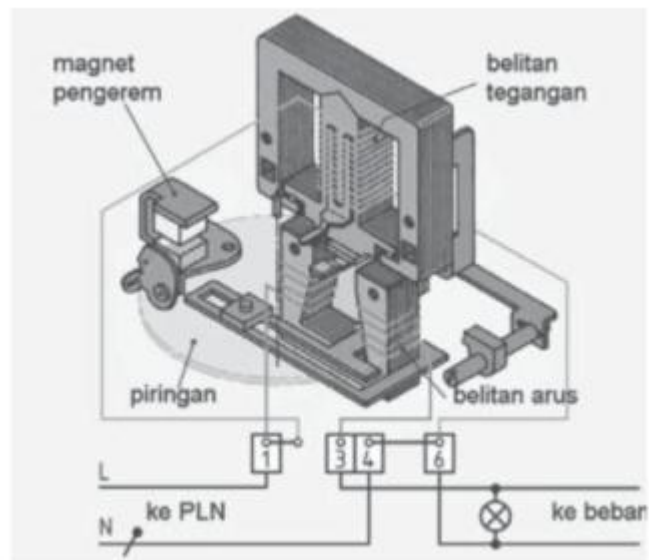
Petunjuk:

1. Rencanakan sebuah proyek pengukuran arus dan tegangan seperti gambar di atas.
2. Buat instrumen untuk mengumpulkan data pengukuran.
3. Percobaan pertama dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut: resistor variabel R diatur pada nilai tertentu (perkiraan setengah nilai maksimum), kemudian atur tegangan sumber U_s , secara gradual dengan kenaikan setiap step sebesar 5 – 10 volt, atau usahakan memperoleh sepuluh nilai ukur untuk sepuluh step.

4. Percobaan kedua dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut: tegangan sumber diatur pada nilai tertentu (nilai maksimum), kemudian atur resistor variabel R, secara gradual dengan kenaikan setiap step sebesar 10 – 50 ohm, atau usahakan memperoleh sepuluh nilai ukur untuk sepuluh step.
5. Setelah data terkumpul, diskusikan dengan teman sekelompok untuk mengolah data tersebut. Hasilnya dipresentasikan di depan kelas.

Kerja proyek 2:

Mengukur energi listrik dengan menggunakan kWh meter

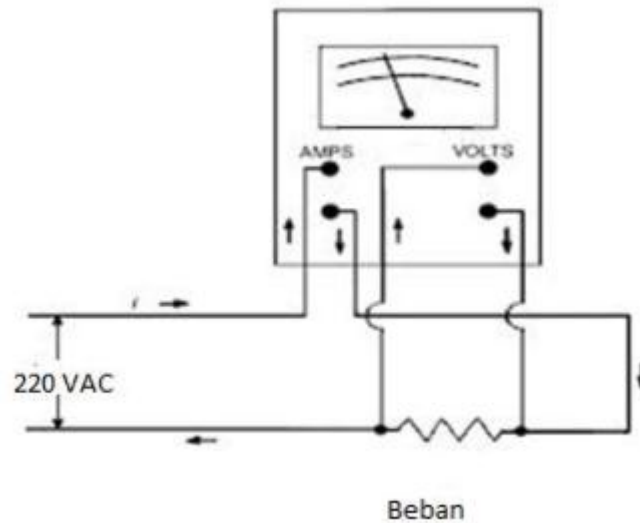


Petunjuk:

1. Rencanakan sebuah proyek pengukuran energi listrik dengan menggunakan kWh meter satu fasa seperti gambar di atas.
2. Buat instrumen untuk mengumpulkan data pengukuran.
3. Percobaan pertama dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut: gunakan lampu TL 40 watt/220 V sebagai beban.
4. Percobaan kedua dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut: gunakan lampu Pijar 40 watt/220 V sebagai beban.
5. Setelah data terkumpul, diskusikan dengan teman sekelompok untuk mengolah data tersebut. Hasilnya dipresentasikan di depan kelas.

Kerja proyek 3:

Pengukuran daya dan faktor daya



Petunjuk:

1. Rencanakan sebuah proyek pengukuran daya dan faktor daya seperti gambar di atas.
2. Buat instrumen untuk mengumpulkan data pengukuran.
3. Percobaan pertama dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut: gunakan lampu TL 40 watt/220 V sebagai beban.
4. Percobaan kedua dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut: gunakan lampu Pijar 40 watt/220 V sebagai beban.
5. Setelah data terkumpul, diskusikan dengan teman sekelompok untuk mengolah data tersebut. Hasilnya dipresentasikan di depan kelas.

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. Dasar dan Pengukuran Listrik. Jakarta.

Kismet Fadillah dkk. Ilmu Listrik. 1999. Bandung: Penerbit Angkasa.

LAMPIRAN 2

Instrumen dan Angket Penelitian

Lampiran 2.a. Instrumen Penelitian

Lampiran 2.b. Angket Penelitian



LAMPIRAN 2 A. INSTRUMEN PENELITIAN

KISI-KISI INSTRUMEN PENELITIAN TAS

1. INSTRUMEN AHLI MEDIA

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Jumlah
1	Tampilan	Navigasi	1,2	2
		Tipografi	3	1
		Media	4	1
		Warna	5,6	2
		Layout	7,8	2
2	Instruksional	Meberi kesempatan belajar	9	1
		Memberi bantuan belajar	10	1
		Kulitas memotivasi	11,12	2
		Fleksibilitas instruksional	13	1
		Kualitas tes dan penilaian	14	1
		Dampak bagi siswa	15	1
		Dampak bagi guru	16	1
3	Teknis	Keterbacaan	17	1
		Mudah digunakan	18,19,20,21	4
		Pengelolaan program	22	1
4	Pemanfaatan <i>software</i>	Interaktif	23	1
		<i>Software</i> pendukung	24	1
		keaslian	25	1
Total butir				25

2. INSTRUMEN AHLI MATERI

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Jumlah
1	Kelayakan Isi	Kesesuaian SK, KD	1,2	2
		Kesesuaian dengan perkembangan anak	3	1
		Kebenaran substansi materi pembelajaran	4	1
		Manfaat untuk penambah wawasan	5	1
2	Kebahasaan	Keterbacaan	6	1
		Kejelasan informasi	7,8	2
		Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	9	1
		Pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien	10,11	2



3	Sajian	Kejelasan tujuan yang ingin dicapai	12	1
		Urutan sajian	13	1
		Pemberian motivasi	14,15	2
		Kelengkapan informasi	16	1
4	Kegrafikan	Penggunaan <i>font</i>	17,18	2
		Tata letak	19	1
		Ilustrasi, gambar	20,21	2
Total Butir				21

3. INSTRUMEN PENGGUNA (GURU)

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Jumlah
1	Tampilan	Navigasi	1	1
		Tipografi	2	1
		Warna	3,4	2
		Layout	5,6	2
2	Instruksional	Meberi kesempatan belajar	7	1
		Memberi bantuan belajar	8	1
		Kulitas memotivasi	9,10	2
		Dampak bagi guru	11	1
		Dampak bagi siswa	12	1
3	Teknis	Keterbacaan	13	1
		Mudah digunakan	14,15,16	3
4	Kelayakan isi	Kesesuaian SK,KD	17,18	2
		Manfaat untuk penambah wawasan	19	1
5	Kebahasaan	Keterbacaan	20	1
		Kejelasan informasi	21,22	2
		Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	23,24	2
Total Butir				24

4. INSTRUMEN PENGGUNA (SISWA)

No	Aspek	Indikator	No. Butir	Jumlah
1	Tampilan	Navigasi	1	1
		Tipografi	2	1
		Warna	3	1
		Layout	4,5	2
2	Instruksional	Memberi kesempatan belajar	6	1
		Memberi bantuan belajar	7	1



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 586168

		Kulitas memotivasi	8,9	2
		Dampak bagi guru	10	1
		Dampak bagi siswa	11	1
3	Teknis	Keterbacaan	12	1
		Mudah digunakan	13,14	2
4	Kelayakan isi	Kesesuaian SK,KD	15	1
		Manfaat untuk penambah wawasan	16	1
5	Kebahasaan	Keterbacaan	17	1
		Kejelasan informasi	18,19	2
		Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	20	1
Total Butir				20

ANGKET AHLI MATERI

PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK KELAS X TEKNIK INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK SMK NEGERI 1 SEDAYU



IDENTITAS RESPONDEN

Nama (bila tidak keberatan) : _____

Institusi/Lembaga : _____

Status : Dosen

Guru

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2016

A. Petunjuk Pengisian Angket

1. Angket ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai ahli materi terhadap *e-learning* mata pelajaran dasar dan pengukuran listrik kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu.
2. Bapak/Ibu diharapkan memilih salah satu kemungkinan jawaban pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda centang/*check* (✓) pada kolom jawaban.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Inti			✓	

3. Jika Bapak/Ibu ingin mengubah jawaban maka berilah tanda sama dengan (=) pada pilihan jawaban yang akan diganti dan berikan tanda centang/*check* (✓) pada jawaban yang baru.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Inti			≠	✓

4. Keterangan jawaban:

STS	Sangat Tidak Setuju
TS	Tidak Setuju
S	Setuju
SS	Sangat Setuju

5. Komentar ataupun saran dari Bapak/Ibu harap dituliskan pada lembar yang telah disediakan.

Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi angket ini, saya ucapkan terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak/Ibu sekalian.

B. Aspek Penilaian

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
Aspek Kelayakan Isi					
1	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Inti				
2	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Dasar				
3	Tingkat kesulitan materi sesuai dengan perkembangan siswa				
4	Konsep materi yang disajikan sudah benar				
5	Materi yang disajikan menambah wawasan siswa				
Aspek Kebahasaan					
6	Materi yang disajikan dapat dibaca dengan baik				
7	Informasi yang disajikan jelas				
8	Sumber rujukan yang digunakan jelas				
9	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia yang benar				
10	Bahasa yang digunakan dapat dimengerti				
11	Bahasa yang digunakan komunikatif				
Aspek Sajian					
12	Tujuan pembelajaran yang ingin dicapai sudah jelas				
13	Materi diuraikan secara beruntut				
14	Materi dapat memotivasi siswa				
15	Materi dapat menarik perhatian siswa				
16	Informasi yang disajikan lengkap				
Aspek Kegrafikan					
17	Jenis huruf yang digunakan sudah tepat				
18	Ukuran huruf yang digunakan sudah tepat				
19	Tata letak isi materi sudah baik				
20	Gambar yang disajikan sesuai dengan materi				
21	Gambar yang disajikan membantu memperjelas materi				

C. Komentor dan Saran

.....

.....

.....

D. Kesimpulan

Media pembelajaran ini dinyatakan:

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai kesimpulan

Yogyakarta,.....2016

Ahli Materi

NIP. _____

ANGKET AHLI MEDIA

**PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN DASAR DAN
PENGUKURAN LISTRIK KELAS X TEKNIK INSTALASI
PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK SMK NEGERI 1 SEDAYU**



IDENTITAS RESPONDEN

Nama (bila tidak keberatan) : _____

Institusi/Lembaga : _____

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2016

A. Petunjuk Pengisian Angket

1. Angket ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai ahli media tentang *e-learning* mata pelajaran dasar dan pengukuran listrik kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu.
2. Bapak/Ibu diharapkan memilih salah satu kemungkinan jawaban pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda centang/*check* (✓) pada kolom jawaban.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman			✓	

3. Jika Bapak/Ibu ingin mengubah jawaban maka berilah tanda sama dengan (=) pada pilihan jawaban yang akan diganti dan berikan tanda centang/*check* (✓) pada jawaban yang baru.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman			≠	✓

4. Keterangan jawaban:

STS	Sangat Tidak Setuju
TS	Tidak Setuju
S	Setuju
SS	Sangat Setuju

5. Komentar ataupun saran dari Bapak/Ibu harap dituliskan pada lembar yang telah disediakan.

Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi angket ini, saya ucapkan terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak/Ibu sekalian.

B. Aspek Penilaian

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
Aspek Tampilan (Komunikasi Visual)					
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman.				
2	<i>Hyperlink</i> berfungsi dengan baik.				
3	<i>E-learning</i> menggunakan huruf yang proporsional.				
4	Gambar yang disajikan menarik.				
5	Komposisi warna tulisan dan warna latar sesuai.				
6	Komposisi warna tampilan sesuai.				
7	Tampilan <i>e-learning</i> menarik.				
8	Tata letak menu navigasi mudah dijangkau.				
Aspek Instruksional					
9	<i>E-Learning</i> memberi kesempatan belajar kepada siswa.				
10	<i>E-Learning</i> memberi bantuan belajar kepada siswa.				
11	<i>E-learning</i> dapat memotivasi siswa belajar.				
12	<i>E-Learning</i> dapat menarik perhatian siswa.				
13	Pembelajaran lebih fleksibel.				
14	Tes dan penilaian sudah tepat.				
15	Penggunaan media <i>e-learning</i> mempermudah guru dalam kegaitan pembelajaran.				
16	Penggunaan media <i>e-learning</i> mempermudah siswa belajar secara mandiri.				
Aspek Teknis					
17	Tulisan dapat dibaca dengan baik dan jelas.				
18	<i>E-learning</i> mudah digunakan.				
19	Pengoperasian <i>e-learning</i> dapat dilakukan guru secara mandiri.				
20.	Pengoperasian <i>e-learning</i> dapat dilakukan siswa secara mandiri.				
21	Pengoperasian <i>e-learning</i> mudah diingat.				
22	Program <i>e-learning</i> terkelola dengan baik.				

Aspek Pemanfaatan <i>Software</i>					
23	Terdapat umpan balik dari sistem ke pengguna.				
24	Bahan ajar didukung <i>software</i> lain selain <i>software</i> utama.				
25	Bahan ajar bukan merupakan hasil plagiasi.				

C. Komentar dan Saran

.....

.....

.....

D. Kesimpulan

Media pembelajaran ini dinyatakan:

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai kesimpulan

Yogyakarta,.....2016

Ahli Media

NIP. _____

ANGKET PENGGUNA (GURU)

PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN DASAR DAN
PENGUKURAN LISTRIK KELAS X TEKNIK INSTALASI
PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK SMK NEGERI 1 SEDAYU



IDENTITAS RESPONDEN

Nama (bila tidak keberatan) : _____

Institusi/Lembaga : _____

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2016

A. Petunjuk Pengisian Angket

1. Angket ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai pengguna terhadap *e-learning* mata pelajaran dasar dan pengukuran listrik kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu.
2. Bapak/Ibu diharapkan memilih salah satu kemungkinan jawaban pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda centang/*check* (√) pada kolom jawaban.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman			√	

3. Jika Bapak/Ibu ingin mengubah jawaban maka berilah tanda sama dengan (=) pada pilihan jawaban yang akan diganti dan berikan tanda centang/*check* (√) pada jawaban yang baru.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman			≠	√

4. Keterangan jawaban:

STS	Sangat Tidak Setuju
TS	Tidak Setuju
S	Setuju
SS	Sangat Setuju

Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi angket ini, saya ucapkan terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak/Ibu sekalian.

B. Angket

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman.				
2	<i>E-learning</i> menggunakan huruf yang proporsional.				
3	Komposisi warna tulisan dan warna latar sesuai.				
4	Komposisi warna tampilan sesuai.				
5	Tampilan <i>e-learning</i> menarik.				
6	Tata letak menu navigasi mudah dijangkau.				
7	<i>E-Learning</i> memberi kesempatan belajar kepada siswa.				
8	<i>E-Learning</i> memberi bantuan belajar kepada siswa.				
9	<i>E-learning</i> dapat memotivasi siswa belajar.				
10	<i>E-Learning</i> menarik perhatian siswa belajar.				
11	Penggunaan media <i>e-learning</i> mempermudah guru dalam proses pembelajaran.				
12	Penggunaan media <i>e-learning</i> mempermudah siswa belajar secara mandiri.				
13	Tulisan di <i>e-learning</i> dapat dibaca dengan jelas.				
14	<i>E-learning</i> mudah digunakan guru.				
15	<i>E-learning</i> mudah digunakan siswa.				
16	Pengoperasian <i>e-learning</i> dapat dilakukan secara mandiri.				
17	Materi yang disajikan sesuai dengan kompetensi dasar.				
18	Materi yang disajikan sesuai dengan kompetensi inti.				
19	Materi yang disajikan menambah wawasan siswa.				
20	Materi yang disajikan dapat dibaca dengan baik.				

21	Isi materi yang disajikan jelas.				
22	Sumber referensi yang digunakan jelas.				
23	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia yang benar.				
24	Bahasa yang digunakan komunikatif.				

C. Komentaar dan Saran

.....

Yogyakarta,.....2016

Guru,

NIP. _____

ANGKET PENGGUNA (SISWA)

**PENGEMBANGAN *E-LEARNING* MATA PELAJARAN DASAR DAN
PENGUKURAN LISTRIK KELAS X TEKNIK INSTALASI
PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK SMK NEGERI 1 SEDAYU**



IDENTITAS RESPONDEN

Nama (bila tidak keberatan) : _____

Institusi/Lembaga : _____

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2016

A. Petunjuk Pengisian Angket

1. Angket ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Saudara sebagai pengguna terhadap *e-learning* mata pelajaran dasar dan pengukuran listrik kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu.
2. Saudara diharapkan memilih salah satu jawaban pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda centang/*check* (√) pada kolom jawaban.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman			√	

3. Jika Saudara ingin mengubah jawaban maka berilah tanda sama dengan (=) pada pilihan jawaban yang akan diganti dan berikan tanda centang/*check* (√) pada jawaban yang baru.

Contoh:

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman			≠	√

4. Keterangan jawaban:

STS	Sangat Tidak Setuju
TS	Tidak Setuju
S	Setuju
SS	Sangat Setuju

Atas kesediaan Saudara untuk mengisi angket ini, saya ucapkan terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Saudara.

B. Angket

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman.				
2	<i>E-learning</i> menggunakan huruf yang proporsional.				
3	Komposisi warna tampilan jelas.				
4	Tampilan <i>e-learning</i> menarik.				
5	Tata letak menu navigasi mudah saya jangkau.				
6	<i>E-Learning</i> memberi kesempatan saya belajar.				
7	<i>E-Learning</i> membantu saya dalam belajar.				
8	<i>E-learning</i> membuat saya termotivasi belajar.				
9	<i>E-Learning</i> menarik perhatian saya belajar.				
10	Penggunaan <i>e-learning</i> mempermudah guru dalam proses pembelajaran.				
11	Penggunaan <i>e-learning</i> mempermudah saya belajar secara mandiri.				
12	Tulisan di <i>e-learning</i> dapat saya baca dengan jelas.				
13	<i>E-learning</i> mudah saya gunakan.				
14	Pengoperasian <i>e-learning</i> dapat saya lakukan secara mandiri.				
15	Materi yang disajikan sesuai dengan kompetensi dasar.				

16	Materi yang disajikan menambah wawasan saya.				
17	Materi yang disajikan dapat saya baca dengan baik.				
18	Isi materi yang disajikan jelas.				
19	Sumber referensi yang digunakan jelas.				
20	Bahasa yang digunakan mudah saya pahami.				

C. Komentar dan Saran

.....

.....

.....

.....

Yogyakarta,.....2016

Siswa,


LAMPIRAN 3

Validasi Instrumen Penelitian

Lampiran 3.a. Validasi Instrumen Penelitian oleh Ahli 1

Lampiran 3.b. Validasi Instrumen Penelitian oleh Ahli 2

Lampiran 3.a. Validasi Instrumen Penelitian oleh Ahli 1

 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Alamat: Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 586168

SURAT PERNYATAAN VALIDASI

INSTRUMEN PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI (TAS)

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.
NIP : 19600529 198403 1 003
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa instrumen penelitian TAS atas nama mahasiswa:


Nama : Rudy Rachida
NIM : 12501241035
Jurusan/Prodi : Pendidikan Teknik Elektro/Pendidikan Teknik Elektro
Judul TAS : "Pengembangan E-Learning Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu".

Setelah dilakukan kajian atas instrumen penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

Layak digunakan untuk penelitian
 Layak digunakan dengan perbaikan
 Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 14/5/2016
Validator,

Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.
NIP. 19600529 198403 1 003

Catatan:

Beri tanda centang (V)



Hasil Validasi Instrumen Penelitian TAS

Nama Mahasiswa : Rudy Rachida
NIM : 12501241035
Judul TAS : "Pengembangan E-Learning Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Tenaga listrik SMK Negeri 1 Sedayu".

No.	Aspek	Saran/Tanggapan
1.	Abstrak media	Abstrak media yg dipaparkan diker. mencakup hkn-hkn.
2.	Abstrak materi.	Abstrak media hkn-hkn: Hindari: buter yg adalah local independent / terpengerus buter-g lain.
3.	Butir	Abstrak media hkn-hkn: Hindari: Buter-g terpengerus buter-lain.
4.	Siswa	Abstrak media hkn-hkn: Hindari: buter-g terpengerus buter-lain.
Komentar Umum/Lain-lain:		lihat instruksi

Yogyakarta, 4/5 - 2016
Validator,

Dr. Samsul Hadi, M.Pd
NIP. 19600529-1984031-003



SURAT PERNYATAAN VALIDASI

INSTRUMEN PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI (TAS)

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.

NIP : 19600529 198403 1 003

Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa instrumen penelitian TAS atas nama mahasiswa:

Nama : Rudy Rachida

NIM : 12501241035

Jurusan/Prodi : Pendidikan Teknik Elektro/Pendidikan Teknik Elektro

Judul TAS : "Pengembangan E-Learning Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu".

Setelah dilakukan kajian atas instrumen penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

- Layak digunakan untuk penelitian
- Layak digunakan dengan perbaikan
- Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 Mei2016

Validator,

Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.

NIP. 19600529 198403 1 003

Catatan:

- Beri tanda centang (v)

sudah diperbaiki

Lampiran 3.b. Validasi Instrumen Penelitian oleh Ahli 2

 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Alamat: Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 586168

SURAT PERNYATAAN VALIDASI
INSTRUMEN PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI (TAS)

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hartoyo, M.Pd., M.T.
NIP : NIP. 19670916 199403 1 002
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa instrumen penelitian TAS atas nama mahasiswa:


Nama : Rudy Rachida
NIM : 12501241035
Jurusan/Prodi : Pendidikan Teknik Elektro/Pendidikan Teknik Elektro
Judul TAS : "Pengembangan E-Learning Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu".

Setelah dilakukan kajian atas instrumen penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

Layak digunakan untuk penelitian
 Layak digunakan dengan perbaikan
 Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, ¹²⁻⁵⁻2016
Validator,

Hartoyo, M.Pd., M.T.
NIP. 19670916 199403 1 002

Catatan:

Beri tanda centang (v)



Hasil Validasi Instrumen Penelitian TAS

Nama Mahasiswa : Rudy Rachida

NIM : 12501241035

Judul TAS : "Pengembangan E-Learning Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu".

No.	Aspek	Saran/Tanggapan
1.	Ahli Media	Pembobotan tiap aspek di perbaiki.
2.	Ahli materi	Indikator aspek kebidanan silangfagi
3.	Penggunaan	Pembobotan tiap aspek diperbaiki
4.	Penggunaan	Pembobotan tiap aspek diperbaiki
Komentar Umum/Lain-lain:		

Yogyakarta, 14/5/2016

Validator,

Hartoyo, M.Pd., M.T.

NIP. 19670916 199403 1 002

LAMPIRAN 4

Validasi Ahli Media dan Materi

Lampiran 4.a. Validasi oleh Ahli Media 1

Lampiran 4.b. Validasi oleh Ahli Media 2

Lampiran 4.c. Validasi oleh Ahli Materi 1

Lampiran 4.d. Validasi oleh Ahli Materi 2

Lampiran 4.a. Validasi oleh Ahli Media 1

B. Aspek Penilaian

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
Aspek Tampilan (Komunikasi Visual)					
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman.				✓
2	Hyperlink berfungsi dengan baik.				✓
3	E-learning menggunakan huruf yang proporsional.				✓
4	Gambar yang disajikan menarik.			✓	
5	Komposisi warna tulisan dan warna latar sesuai.			✓	
6	Komposisi warna tampilan sesuai.			✓	
7	Tampilan e-learning menarik.			✓	
8	Tata letak menu navigasi mudah dijangkau.				✓
Aspek Instruksional					
9	E-Learning memberi kesempatan belajar kepada siswa.				✓
10	E-Learning memberi bantuan belajar kepada siswa.				✓
11	E-learning dapat memotivasi siswa belajar.			✓	
12	E-Learning dapat menarik perhatian siswa.			✓	
13	Pembelajaran lebih fleksibel.				✓
14	Tes dan penilaian sudah tepat.				✓
15	Penggunaan media e-learning mempermudah guru dalam kegiatan pembelajaran.			✓	
16	Penggunaan media e-learning mempermudah siswa belajar secara mandiri.			✓	
Aspek Teknis					
17	Tulisan dapat dibaca dengan baik dan jelas.			✓	
18	E-learning mudah digunakan.				✓
19	Pengoperasian e-learning dapat dilakukan guru secara mandiri.				✓
20	Pengoperasian e-learning dapat dilakukan siswa secara mandiri.			✓	
21	Pengoperasian e-learning mudah diingat.			✓	
22	Program e-learning terkelola dengan baik.			✓	

Aspek Pemanfaatan Software				
23	Terdapat umpan balik dari sistem ke pengguna.			✓
24	Bahan ajar didukung software lain selain software utama.			✓
25	Bahan ajar bukan merupakan hasil plagiasi.			✓

C. Komentar dan Saran

- Perlu ada penjelasan di halaman utama Course tidak hanya link, lebih baik dilengkapi gambar
- Jangan hanya ppt, dibuka di tablet / smartphone sulit.

D. Kesimpulan

Media pembelajaran ini dinyatakan:

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

* Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai kesimpulan

Yogyakarta, 9 Sept 2016

Ahli Media

Arindie Chandra N.
NIP. 19770913 200501 1 002

Lampiran 4.b. Validasi oleh Ahli Media 2

B. Aspek Penilaian

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
Aspek Tampilan (Komunikasi Visual)					
1	Menu navigasi mempermudah akses halaman.			✓	
2	Hyperlink berfungsi dengan baik.			✓	
3	E-learning menggunakan huruf yang proporsional.			✓	
4	Gambar yang disajikan menarik.		✓		
5	Komposisi warna tulisan dan warna latar sesuai.			✓	
6	Komposisi warna tampilan sesuai.			✓	
7	Tampilan e-learning menarik.			✓	
8	Tata letak menu navigasi mudah dijangkau.			✓	
Aspek Instruksional					
9	E-Learning memberi kesempatan belajar kepada siswa.			✓	
10	E-Learning memberi bantuan belajar kepada siswa.			✓	
11	E-learning dapat memotivasi siswa belajar.			✓	
12	E-Learning dapat menarik perhatian siswa.			✓	
13	Pembelajaran lebih fleksibel.			✓	
14	Tes dan penilaian sudah tepat.		✓		
15	Penggunaan media e-learning mempermudah guru dalam kegiatan pembelajaran.			✓	
16	Penggunaan media e-learning mempermudah siswa belajar secara mandiri.			✓	
Aspek Teknis					
17	Tulisan dapat dibaca dengan baik dan jelas.				✓
18	E-learning mudah digunakan.			✓	
19	Pengoperasian e-learning dapat dilakukan guru secara mandiri.			✓	
20.	Pengoperasian e-learning dapat dilakukan siswa secara mandiri.			✓	
21	Pengoperasian e-learning mudah diingat.			✓	
22	Program e-learning terkelola dengan baik.			✓	

Aspek Pemanfaatan Software				
23	Terdapat umpan balik dari sistem ke pengguna.			✓
24	Bahan ajar didukung software lain selain software utama.			✓
25	Bahan ajar bukan merupakan hasil plagiasi.			✓

C. Komentar dan Saran

- Ditambah Banner pada e-learning yang anda buat
- Jenis tes atau penilaian belum dijelaskan
misal dalam bentuk quiz atau tes yang lain

D. Kesimpulan

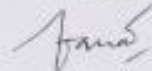
Media pembelajaran ini dinyatakan:

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
- ② Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai kesimpulan

Yogyakarta, 15 September 2018

Ahli Media



Faranita Sunari

NIP. _____

Lampiran 4.c. Validasi oleh Ahli Materi 1

B. Aspek Penilaian

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
Aspek Kelayakan Isi					
1	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Inti			✓	
2	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Dasar			✓	
3	Tingkat kesulitan materi sesuai dengan perkembangan siswa		✓		
4	Konsep materi yang disajikan sudah benar		✓		
5	Materi yang disajikan menambah wawasan siswa			✓	
Aspek Kebahasaan					
6	Materi yang disajikan dapat dibaca dengan baik			✓	
7	Informasi yang disajikan jelas			✓	
8	Sumber rujukan yang digunakan jelas			✓	
9	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia yang benar			✓	
10	Bahasa yang digunakan dapat dimengerti		✓		
11	Bahasa yang digunakan komunikatif		✓		
Aspek Sajian					
12	Tujuan pembelajaran yang ingin dicapai sudah jelas			✓	
13	Materi diuraikan secara beruntut			✓	
14	Materi dapat memotivasi siswa		✓		
15	Materi dapat menarik perhatian siswa		✓		
16	Informasi yang disajikan lengkap			✓	
Aspek Kegrafikan					
17	Jenis huruf yang digunakan sudah tepat			✓	
18	Ukuran huruf yang digunakan sudah tepat			✓	
19	Tata letak isi materi sudah baik			✓	
20	Gambar yang disajikan sesuai dengan materi			✓	
21	Gambar yang disajikan membantu memperjelas materi			✓	

C. Komentar dan Saran

- Materi yg disajikan masih tebetual belum
dibahang dg materi kontekstual yg menarik
- Materi softskill yg meningkatkan minat/motivasi
masih minim.

D. Kesimpulan

Media pembelajaran ini dinyatakan:

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai kesimpulan

Yogyakarta, 9 September 2016

Ahli Materi



Totop Sukirno, M.Pd.
NIP. 19790828 200112 1 005

Lampiran 4.d. Validasi oleh Ahli Materi 2

B. Aspek Penilaian

No.	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
Aspek Kelayakan Isi					
1	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Inti				✓
2	Materi yang disajikan sesuai dengan Kompetensi Dasar				✓
3	Tingkat kesulitan materi sesuai dengan perkembangan siswa			✓	
4	Konsep materi yang disajikan sudah benar			✓	
5	Materi yang disajikan menambah wawasan siswa			✓	
Aspek Kebahasaan					
6	Materi yang disajikan dapat dibaca dengan baik			✓	
7	Informasi yang disajikan jelas			✓	
8	Sumber rujukan yang digunakan jelas			✓	
9	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia yang benar			✓	
10	Bahasa yang digunakan dapat dimengerti			✓	
11	Bahasa yang digunakan komunikatif			✓	
Aspek Sajian					
12	Tujuan pembelajaran yang ingin dicapai sudah jelas			✓	
13	Materi diuraikan secara beruntut			✓	
14	Materi dapat memotivasi siswa			✓	
15	Materi dapat menarik perhatian siswa			✓	
16	Informasi yang disajikan lengkap				✓
Aspek Kegrafikan					
17	Jenis huruf yang digunakan sudah tepat			✓	
18	Ukuran huruf yang digunakan sudah tepat			✓	
19	Tata letak isi materi sudah baik			✓	
20	Gambar yang disajikan sesuai dengan materi			✓	
21	Gambar yang disajikan membantu memperjelas materi			✓	

C. Komentar dan Saran

Media sesuai KI dan KD mata pelajaran Dasar
dan Penguasaan Listrik

D. Kesimpulan

Media pembelajaran ini dinyatakan:

- 1) Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai kesimpulan

Yogyakarta, 15 September 2016

Ahli Materi



Marjiono. S.Pd.T

NIP. 19771029 201406 1002

LAMPIRAN 5

Analisis Data

Lampiran 5.a. Uji Reliabilitas Instrumen

Lampiran 5.b. Analisis Data Hasil Penilaian Ahli Media

Lampiran 5.c. Analisis Data Hasil Penilaian Ahli Materi

Lampiran 5.d. Analisis Data Respon Penilaian Guru

Lampiran 5.e. Analisis Data Respon Penilaian Peserta Didik

UJI RELIABILITAS ANGGKET RESPON PESERTA DIDIK

Peserta Didik	Soal Pertanyaan Ke-																				Skor Total	Kuadrat Skor Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	3	3	4	3	3	3	4	3	2	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	63	3969
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	66	4356
3	3	3	3	3	4	4	3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	63	3969
4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	2	3	4	4	3	3	3	3	64	4096
5	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	56	3136
6	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	59	3481
7	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	65	4225
8	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	66	4356
9	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	76	5776
10	4	4	4	3	4	4	2	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	74	5476
11	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3	69	4761
12	2	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	71	5041
13	3	3	3	3	3	2	3	2	2	4	3	4	2	2	3	3	4	3	4	3	59	3481
14	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	57	3249
15	3	4	4	3	3	2	3	2	4	3	3	3	4	2	4	4	3	2	3	4	63	3969
16	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	61	3721
17	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	66	4356
18	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	66	4356
19	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	68	4624
20	3	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	69	4761
21	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	4	71	5041
22	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	70	4900
23	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	68	4624
24	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	57	3249
25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	66	4356
26	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	76	5776
27	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	63	3969
Jumlah	86	90	91	84	89	88	95	86	76	92	88	91	85	81	90	95	93	88	89	95	1772	117074
Jumlah Kuadrat	280	306	313	266	299	300	345	284	220	322	294	313	277	247	306	341	327	294	299	343		
σ_i^2	0.225	0.222	0.233	0.173	0.209	0.488	0.398	0.373	0.225	0.316	0.266	0.233	0.348	0.148	0.222	0.25	0.247	0.266	0.209	0.324		
$\sum \sigma_i^2$																					5.374	
σ_t^2																					28.826	
r11																					0.86	Sangat Tinggi

DATA HASIL EVALUASI PRODUK OLEH AHLI MEDIA

Validator	Butir Aspek Penilaian																							Analisis											
	Komunikasi Visual (1)							Sub Total	Kategori	Instruksional (2)							Sub Total	Kategori	Teknis (3)					Sub Total	Kategori	Pemanfaatan Software (4)			Sub Total	Kategori	Total	Kategori			
	1	2	3	4	5	6	7			8	9	10	11	12	13	14			15	16	17	18	19			20	21	22					23	24	25
Ahli Media 1 Ariadie Chandra N, M.T	4	4	4	3	3	3	3	4	28	SL	4	4	3	3	4	4	3	3	28	SL	3	4	4	3	3	3	20	SL	3	3	3	9	L	85	SL
Ahli Media 2 Faranita Surwi, S.T.,M.T	3	3	3	2	3	3	3	3	23	L	3	3	3	3	3	2	3	3	23	L	4	3	3	3	3	3	19	L	3	3	3	9	L	74	L
Jumlah							51		Jumlah							51		Jumlah					39		Jumlah			18		Skor Total		159			
Rerata Skor							25.5	L	Rerata Skor							25.5	L	Rerata Skor					19.5	SL	Rerata Skor			9.0	SL	Rerata Skor		79.5	Layak		

A. Konversi Interval Skor Total

Skor Maks 100.00 Mi 62.50
Skor Min 25.00 SD i 12.50

Interval Skor	Kategori
81.25 < X ≤ 100.00	Sangat Layak
62.50 < X ≤ 81.25	Layak
43.75 < X ≤ 62.50	Cukup Layak
25.00 < X ≤ 43.75	Kurang Layak

Keterangan

SL = Sangat Layak
L = Layak
CL = Cukup Layak
KL = Kurang Layak

B. Konversi Interval Skor Aspek 1 dan 2

Skor Maks 32.00 Mi 20.00
Skor Min 8.00 SD i 4.00

Interval Skor	Kategori
26.00 < X ≤ 32.00	Sangat Layak
20.00 < X ≤ 26.00	Layak
14.00 < X ≤ 20.00	Cukup Layak
8.00 < X ≤ 14.00	Kurang Layak

C. Konversi Interval Skor Aspek 3

Skor Maks 24.00 Mi 15.00
Skor Min 6.00 SD i 3.00

Interval Skor	Kategori
19.50 < X ≤ 24.00	Sangat Layak
15.00 < X ≤ 19.50	Layak
10.50 < X ≤ 15.00	Cukup Layak
6.00 < X ≤ 10.50	Kurang Layak

C. Konversi Interval Skor Aspek 4

Skor Maks 12.00 Mi 7.50
Skor Min 3.00 SD i 1.50

Interval Skor	Kategori
9.75 < X ≤ 12.00	Sangat Layak
7.50 < X ≤ 9.75	Layak
5.25 < X ≤ 7.50	Cukup Layak
3.00 < X ≤ 5.25	Kurang Layak

DATA HASIL EVALUASI PRODUK OLEH AHLI MATERI

Validator	Butir Aspek Penilaian																					Analisis									
	Kelayakan Isi (1)					Sub Total	Kategori	Kebahasaan (2)					Sub Total	Kategori	Sajian (3)					Sub Total	Kategori			Sub Total	Kategori						
	1	2	3	4	5			6	7	8	9	10			11	12	13	14	15			16	17			18	19	20	21		
Ahli Materi 1 Toto Sukisno, M.Pd	3	3	2	2	3	13	L	3	3	3	3	2	2	16	L	3	3	2	2	3	13	L	3	3	3	3	3	15	L	57	L
Ahli Materi 2 Marjiono, S.Pd	4	4	3	3	3	17	SL	3	3	3	3	3	3	18	L	3	3	3	3	4	16	L	3	3	3	3	3	15	L	66	L
Jumlah					30		Jumlah					34		Jumlah					29		Jumlah					30					
Rerata Skor					15.0	L	Rerata Skor					17.0	L	Rerata Skor					14.5	L	Rerata Skor					15.0	L				

A. Konversi Interval Skor Total

Skor Maks	84.00	Mi	52.50
Skor Min	21.00	SD i	10.50

Interval Skor	Kategori
68.25 < X ≤	84 Sangat Layak
52.50 < X ≤	68.25 Layak
36.75 < X ≤	52.5 Cukup Layak
21.00 < X ≤	36.75 Kurang Layak

Keterangan
 SL = Sangat Layak
 L = Layak
 CL = Cukup Layak
 KL = Kurang Layak

Skor Total	123	
Rerata Skor	61.5	Layak

B. Konversi Interval Skor Aspek 1, 3, 4

Skor Maks	20.00	Mi	12.50
Skor Min	5.00	SD i	2.50

Interval Skor	Kategori
16.25 < X ≤	20.00 Sangat Layak
12.50 < X ≤	16.25 Layak
8.75 < X ≤	12.50 Cukup Layak
5.00 < X ≤	8.75 Kurang Layak

C. Konversi Interval Skor Aspek 2

Skor Maks	24.00	Mi	15.00
Skor Min	6.00	SD i	3.00

Interval Skor	Kategori
19.50 < X ≤	24.00 Sangat Layak
15.00 < X ≤	19.50 Layak
10.50 < X ≤	15.00 Cukup Layak
6.00 < X ≤	10.50 Kurang Layak

DATA HASIL RESPON PENILAIAN GURU PADA UJI COBA LAPANGAN

Responden	Butir Aspek Penilaian																				Analisis																
	Tampilan (1)						Sub Total	Kategori	Instruksional (2)						Sub Total	Kategori	Teknis (3)			Sub Total	Kategori	Kelayakan isi (4)					Sub Total	Kategori	Kebahasaan (5)					Sub Total	Kategori	Total	Kategori
	1	2	3	4	5	6			7	8	9	10	11	12			13	14	15			16	17	18	19	20			21	22	23	24					
Marjiono S.Pd	4	3	3	3	3	4	20	SB	4	4	3	3	4	4	22	SB	3	3	3	4	13	SB	4	4	3	11	SB	3	3	3	3	3	15	B	81	Sangat Baik	

A. Konversi Interval Skor Total

Skor Maks 96.00 Mi 60.00
Skor Min 24.00 SDi 12.00

Interval Skor	Kategori
78.00 < X ≤ 96.00	Sangat Baik
60.00 < X ≤ 78.00	Baik
42.00 < X ≤ 60.00	Cukup Baik
24.00 < X ≤ 42.00	Kurang Baik

B. Konversi Interval Skor Aspek 1 & 2

Skor Maks 24.00 Mi 15.00
Skor Min 6.00 SDi 3.00

Interval Skor	Kategori
19.50 < X ≤ 24.00	Sangat Baik
15.00 < X ≤ 19.50	Baik
10.50 < X ≤ 15.00	Cukup Baik
6.00 < X ≤ 10.50	Kurang Baik

C. Konversi Interval Skor Aspek 3

Skor Maks 16.00 Mi 10.00
Skor Min 4.00 SDi 2.00

Interval Skor	Kategori
13.00 < X ≤ 16.00	Sangat Baik
10.00 < X ≤ 13.00	Baik
7.00 < X ≤ 10.00	Cukup Baik
4.00 < X ≤ 7.00	Kurang Baik

D. Konversi Interval Skor Aspek 4

Skor Maks 12.00 Mi 7.50
Skor Min 3.00 SDi 1.50

Interval Skor	Kategori
9.75 < X ≤ 12.00	Sangat Baik
7.50 < X ≤ 9.75	Baik
5.25 < X ≤ 7.50	Cukup Baik
3.00 < X ≤ 5.25	Kurang Baik

Keterangan
SB = Sangat Baik
B = Baik
CB = Cukup Baik
KB = Kurang Baik

E. Konversi Interval Skor Aspek 5

Skor Maks 20.00 Mi 12.50
Skor Min 5.00 SDi 2.50

Interval Skor	Kategori
16.25 < X ≤ 20.00	Sangat Baik
12.50 < X ≤ 16.25	Baik
8.75 < X ≤ 12.50	Cukup Baik
5.00 < X ≤ 8.75	Kurang Baik

DATA HASIL RESPON PENILAIAN PESERTA DIDIK PADA UJI COBA LAPANGAN

Responden	Butir Aspek Penilaian																								Analisis												
	Tampilan (1)					Sub Total	Kategori	Instruksional (2)					Sub Total	Kategori	Teknis (3)			Sub Total	Kategori	Kebahasaan (5)				Sub Total			Kategori										
	1	2	3	4	5			6	7	8	9	10			11	12	13			14	15	16	17		18	19		20									
Peserta Didik 1	3	3	4	3	3	16	B	3	4	3	2	3	4	19	B	3	3	3	9	B	3	4	7	SB	3	3	3	3	12	B	63	Baik					
Peserta Didik 2	3	3	3	3	3	15	B	3	3	3	3	3	3	18	B	4	4	3	11	SB	4	4	8	SB	4	3	4	3	14	SB	66	Sangat Baik					
Peserta Didik 3	3	3	3	3	4	16	B	4	3	3	2	3	3	18	B	3	3	3	9	B	3	3	6	B	3	3	4	4	14	SB	63	Baik					
Peserta Didik 4	3	3	3	3	3	15	B	4	4	3	3	4	3	21	SB	3	2	3	8	B	4	4	8	SB	3	3	3	3	12	B	64	Baik					
Peserta Didik 5	3	3	3	2	3	14	B	3	3	3	2	3	3	17	B	3	2	3	8	B	3	3	6	B	3	3	3	2	11	B	56	Baik					
Peserta Didik 6	3	3	3	3	3	15	B	2	2	3	3	3	3	16	B	4	3	3	10	SB	3	3	6	B	3	3	3	3	12	B	59	Baik					
Peserta Didik 7	3	4	4	3	3	17	SB	3	3	3	3	3	3	18	B	4	3	3	10	SB	3	3	6	B	3	4	3	4	14	SB	65	Baik					
Peserta Didik 8	4	4	4	3	3	18	SB	4	4	3	3	3	3	20	SB	3	4	3	10	SB	3	3	6	B	3	3	3	3	12	B	66	Sangat Baik					
Peserta Didik 9	4	4	4	3	4	19	SB	4	4	4	3	4	4	23	SB	4	3	3	10	SB	4	4	8	SB	4	4	4	4	16	SB	76	Sangat Baik					
Peserta Didik 10	4	4	4	3	4	19	SB	4	2	4	3	4	4	21	SB	4	3	3	10	SB	4	4	8	SB	4	4	4	4	16	SB	74	Sangat Baik					
Peserta Didik 11	3	3	3	3	4	16	B	4	4	3	3	4	4	22	SB	4	4	3	11	SB	3	4	7	SB	3	4	3	3	13	SB	69	Sangat Baik					
Peserta Didik 12	2	3	3	4	3	15	B	4	4	4	3	4	4	23	SB	4	4	4	12	SB	3	4	7	SB	4	3	3	4	14	SB	71	Sangat Baik					
Peserta Didik 13	3	3	3	3	3	15	B	2	3	2	2	4	3	16	B	4	2	2	8	B	3	3	6	B	4	3	4	3	14	SB	59	Baik					
Peserta Didik 14	3	3	3	3	3	15	B	3	3	2	2	3	2	15	B	3	3	3	9	B	3	3	6	B	3	3	3	3	12	B	57	Baik					
Peserta Didik 15	3	4	4	3	3	17	SB	2	3	2	4	3	3	17	B	3	4	2	9	B	4	4	8	SB	3	2	3	4	12	B	63	Baik					
Peserta Didik 16	3	3	3	3	3	15	B	3	4	3	3	3	3	19	B	3	3	3	9	B	3	3	6	B	3	3	3	3	12	B	61	Baik					
Peserta Didik 17	4	4	4	3	3	18	SB	3	4	3	3	3	3	19	B	3	3	3	9	B	3	3	6	B	4	3	3	4	14	SB	66	Sangat Baik					
Peserta Didik 18	3	3	3	4	4	17	SB	3	4	3	3	3	4	20	SB	3	4	3	10	SB	3	3	6	B	3	4	3	3	13	SB	66	Sangat Baik					
Peserta Didik 19	3	3	3	4	3	16	B	4	4	4	3	4	3	22	SB	3	3	3	9	B	3	4	7	SB	4	3	3	4	14	SB	68	Sangat Baik					
Peserta Didik 20	3	4	3	3	4	17	SB	3	4	4	3	4	3	21	SB	3	3	4	10	SB	3	4	7	SB	4	3	3	4	14	SB	69	Sangat Baik					
Peserta Didik 21	3	3	4	3	4	17	SB	3	4	4	3	4	3	21	SB	4	4	3	11	SB	4	3	7	SB	3	4	4	4	15	SB	71	Sangat Baik					
Peserta Didik 22	4	4	4	3	3	18	SB	4	4	3	3	4	3	21	SB	3	3	3	9	B	4	4	8	SB	4	3	3	4	14	SB	70	Sangat Baik					
Peserta Didik 23	3	3	3	4	3	16	B	4	4	4	3	4	3	22	SB	3	3	3	9	B	3	4	7	SB	4	3	3	4	14	SB	68	Sangat Baik					
Peserta Didik 24	3	3	3	3	3	15	B	2	3	3	2	2	3	15	B	3	3	3	9	B	3	3	6	B	3	3	3	3	12	B	57	Baik					
Peserta Didik 25	3	3	3	3	3	15	B	3	3	3	3	3	3	18	B	3	3	3	9	B	4	4	8	SB	4	4	4	4	16	SB	66	Sangat Baik					
Peserta Didik 26	4	4	4	3	4	19	SB	4	4	4	3	4	4	23	SB	4	3	3	10	SB	4	4	8	SB	4	4	4	4	16	SB	76	Sangat Baik					
Peserta Didik 27	3	3	3	3	3	15	B	3	4	3	3	3	4	20	SB	3	3	3	9	B	3	3	6	B	3	3	3	4	13	SB	63	Baik					
	Jumlah					440		Jumlah					525		Jumlah					257		Jumlah					185		Jumlah					365			
	Rerata Skor					16.3	SB	Rerata Skor					19.4	B	Rerata Skor					9.5	B	Rerata Skor					6.852	SB	Rerata Skor					13.5	SB		

Skor Total	1772	
Rerata Skor	65.6	Sangat Baik

A. Konversi Interval Skor Total

Skor Maks 80.00 Mi 50.00
Skor Min 20.00 SDi 10.00

Interval Skor	Kategori
65.00 < X ≤ 80.00	Sangat Baik
50.00 < X ≤ 65.00	Baik
35.00 < X ≤ 50.00	Cukup Baik
20.00 < X ≤ 35.00	Kurang Baik

A. Konversi Interval Skor Aspek 1

Skor Maks 20.00 Mi 12.50
Skor Min 5.00 SDi 2.50

Interval Skor	Kategori
16.25 < X ≤ 20.00	Sangat Baik
12.50 < X ≤ 16.25	Baik
8.75 < X ≤ 12.50	Cukup Baik
5.00 < X ≤ 8.75	Kurang Baik

Keterangan

SB = Sangat Baik
B = Baik
CB = Cukup Baik
KB = Kurang Baik

A. Konversi Interval Skor Aspek 2

Skor Maks 24.00 Mi 15.00
Skor Min 6.00 SDi 3.00

Interval Skor	Kategori
19.50 < X ≤ 24.00	Sangat Baik
15.00 < X ≤ 19.50	Baik
10.50 < X ≤ 15.00	Cukup Baik
6.00 < X ≤ 10.50	Kurang Baik

A. Konversi Interval Skor Aspek 3

Skor Maks 12.00 Mi 7.50
Skor Min 3.00 SDi 1.50

Interval Skor	Kategori
9.75 < X ≤ 12.00	Sangat Baik
7.50 < X ≤ 9.75	Baik
5.25 < X ≤ 7.50	Cukup Baik
3.00 < X ≤ 5.25	Kurang Baik

A. Konversi Interval Skor Aspek 4

Skor Maks 8.00 Mi 5.00
Skor Min 2.00 SDi 1.00

Interval Skor	Kategori
6.50 < X ≤ 8.00	Sangat Baik
5.00 < X ≤ 6.50	Baik
3.50 < X ≤ 5.00	Cukup Baik
2.00 < X ≤ 3.50	Kurang Baik

A. Konversi Interval Skor

Skor Maks 16.00 Mi 10.00
Skor Min 4.00 SDi 2.00

Interval Skor	Kategori
13.00 < X ≤ 16.00	Sangat Baik
10.00 < X ≤ 13.00	Baik
7.00 < X ≤ 10.00	Cukup Baik
4.00 < X ≤ 7.00	Kurang Baik

Aspek 5

gori
t Baik
ik
) Baik
g Baik

LAMPIRAN 6

Surat Izin Penelitian

Lampiran 6.a. Surat Izin Penelitian dari Fakultas Teknik UNY

Lampiran 6.b. Surat Izin Penelitian dari Sekretaris Daerah Pemerintah Daerah DIY

Lampiran 6.c. Surat Izin Penelitian dari BAPPEDA Bantul

Lampiran 6.d. Surat Keterangan telah Melaksanakan Penelitian dari SMKN 1 Sedayu

Lampiran 6.a. Surat Izin Penelitian dari Fakultas Teknik UNY



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Karangmalang, Yogyakarta 55221
 Telp. (0274) 562102 psw: 270, 280, 292. (0274) 566734. Fax. (0274) 566734
 Website: <http://ftek.uny.ac.id>, email: 1@uny.ac.id, ftek@uny.ac.id



Certificate No. QSC08932

No : 0834/H34/PL/2016 10 Mei 2016
 Lamp : -
 Hal : Ijin Penelitian

Yth.

1. Gubernur DIY c.q. Biro Administrasi Pembangunan Setda DIY
2. Gubernur Provinsi DIY c.q. Ka. Badan Perencanaan & Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi DIY
3. Bupati Kabupaten Bantul c.q. Kepala Badan Perencanaan & Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten Bantul
4. Kepala Dinas Pendidikan, Pemuda, dan Olahraga Kabupaten Bantul
5. Kepala Sekolah SMK Negeri 1 Sedayu

Dalam rangka pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi kami mohon dengan hormat bantuan Saudara memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian dengan judul pengembangan E-Learning Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu, bagi Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta tersebut di bawah ini:

No	Nama	No. Mhs.	Program Studi	Lokasi
1.	Rudy Rachida	12501241035	Pend. Teknik Elektro	SMK Negeri 1 Sedayu

Dosen Pembimbing/Dosen Pengampu
 Nama : Deny Budi Hertanto, M.Kom.
 NIP : 19770511 200604 1 002

Adapun pelaksanaan penelitian dilakukan mulai Bulan Mei 2016 s/d Juni 2016
 Demikian permohonan ini, atas bantuan dan kerjasama yang baik selama ini, kami mengucapkan terima kasih.



Wakil Dekan I,

 Dr. Widarto, M.Pd.
 NIP. 19631230 198812 1 001

Tembusan :
 Ketua Jurusan

Lampiran 6.b. Surat Izin Penelitian dari Sekretaris Daerah Pemerintah Daerah DIY



PEMERINTAH DAERAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
SEKRETARIAT DAERAH
 Kompleks Kepatihan, Danurejan, Telepon (0274) 562811 - 562814 (Hunting)
 YOGYAKARTA 55213

SURAT KETERANGAN / IJIN
075/REG/213-5/2016

Menibaca Surat : **WAKIL DEKAN I FAKULTAS TEKNIK** Nomor : **0834/H34/PL/2016**
 Tanggal : **10 MEI 2016** Perihal : **IJIN PENELITIAN/RISET**

Mengingat :

1. Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2006, tentang Perizinan bagi Perguruan Tinggi Asing, Lembaga Penelitian dan Pengembangan Asing, Badan Usaha Asing dan Orang Asing dalam melakukan Kegiatan Penelitian dan Pengembangan di Indonesia;
2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 20 Tahun 2011, tentang Pedoman Penelitian dan Pengembangan di Lingkungan Kementerian Dalam Negeri dan Pemerintah Daerah;
3. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 37 Tahun 2006, tentang Rincian Tugas dan Fungsi Satuan Organisasi di Lingkungan Sekretariat Daerah dan Sekretariat Dewan Perwakilan Rakyat Daerah;
4. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 18 Tahun 2009 tentang Pedoman Pelayanan Perizinan, Rekomendasi Pelaksanaan Survei, Penelitian, Pendataan, Pengembangan, Pengkajian, dan Studi Lapangan di Daerah Istimewa Yogyakarta.

DIJINKAN untuk melakukan kegiatan survei/penelitian/pendataan/pengembangan/pengkajian/studi lapangan kepada:

Nama : **RUDY RACHIDA** NIP/NIM : **12501241035**
 Alamat : **FAKULTAS TEKNIK , PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO, UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**
 Judul : **PENGEMBANGAN E-LEARNING MATA PELAJARAN DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK KELAS X TEKNIK INSTALASI TENAGA LISTRIK SMK NEGERI 1 SEDAYU**
 Lokasi : **DINAS PENDIDIKAN, PEMUDA DAN OLAHRAGA DIY**
 Waktu : **10 MEI 2016 s.d 10 AGUSTUS 2016**

Dengan Ketentuan:

1. Menyajikan surat keterangan/ijin survei/penelitian/pendataan/pengembangan/pengkajian/studi lapangan *) dari Pemerintah Daerah DIY kepada Bupati/Walikota melalui institusi yang berwenang mengeluarkan ijin dimaksud;
2. Menyajikan soft copy hasil penelitiannya baik kepada Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta melalui Biro Administrasi Pembangunan Sedita DIY dalam compact disk (CD) maupun mengunggah (upload) melalui website adbang.jogjaprov.go.id dan menunjukkan cetakan asli yang sudah diatikan dan dibubuhi cap metalik;
3. Ijin ini hanya dipergunakan untuk keperluan ilmiah, dan pemegang ijin wajib menaati ketentuan yang berlaku di lokasi kegiatan;
4. Ijin penelitian dapat diperpanjang maksimal 2 (dua) kali dengan menunjukkan surat ini kembali sebelum berakhir waktunya setelah mengajukan perpanjangan melalui website adbang.jogjaprov.go.id;
5. Ijin yang diberikan dapat dicabut sewaktu-waktu apabila pemegang ijin ini tidak memenuhi ketentuan yang berlaku.

Dikeluarkan di Yogyakarta
 Pada tanggal **10 MEI 2016**
 A.n Sekretaris Daerah
 Asisten Perekonomian dan Pembangunan
 Ub,
 Kepala Biro Administrasi Pembangunan



Dis. **Tri Mulyono, MM**
 NIP. 19620630 198003 1 008

Tembusan :

1. GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA (SEBAGAI LAPORAN)
2. BUPATI BANTUL C.Q BAPPEDA BANTUL
3. DINAS PENDIDIKAN, PEMUDA DAN OLAHRAGA DIY
4. WAKIL DEKAN I FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
5. YANG BERSANGKUTAN

Lampiran 6.c. Surat Izin Penelitian dari BAPPEDA Bantul

PEMERINTAH KABUPATEN BANTUL
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH
(B A P P E D A)
 Jln. Robert Walter Mongginsi No. 1 Bantul 55711, Telp. 367533, Faks. (0274) 367795
 Website: bappeda.bantulkab.go.id Webmail: bappeda@bantulkab.go.id

SURAT KETERANGAN/IZIN
Nomor : 070 / Reg / 2202 / S1 / 2016

Menunjuk Surat	Dari	Sekretaris Daerah DIY	Nomor	070/REG/D/213/5/2016
	Tanggal	10 Mei 2016	Paraf	: IZIN PENELITIAN
Mengingat	a. Peraturan Daerah Nomor 12 Tahun 2007 tentang Pembentukan Organisasi Lembaga Teknis Daerah Di Lingkungan Pemerintah Kabupaten Bantul selanjutnya telah diubah dengan Peraturan Daerah Kabupaten Bantul Nomor 16 Tahun 2008 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pembentukan Organisasi Lembaga Teknis Daerah Di Lingkungan Pemerintah Kabupaten Bantul; b. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 18 Tahun 2009 tentang Pedoman Pelaksanaan Perjanjian Rekomendasi Pelaksanaan Survei, Pemetaan, Pengembangan, Pengkajian dan Studi Lapangan di Daerah Istimewa Yogyakarta; c. Peraturan Bupati Bantul Nomor 17 Tahun 2011 tentang Ijin Kuasa Kerja Nyata (KKN) dan Praktek Lapangan (PL) Perguruan Tinggi di Kabupaten Bantul			
Dizinkan kepada	Nama RUDY RACHIDA P. / Alamat Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) Karangmalang, Yogyakarta NIP/NIK/No. KTP 7310062909940006 Nomor Telp./HP 085217203246 Tempat, Tujuan Kegiatan PENGEMBANGAN E-LEARNING MATA PELAJARAN DASAR DAN PENGUKURAN LISTRIK KELAS X TEKNIK INSTALASI TENAGA LISTRIK SMK NEGERI 1 SEDAYU Lokasi SMK Negeri 1 Sedayu Waktu 12 Mei 2016 s/d 12 Agustus 2016			

Dengan ketentuan sebagai berikut :

- Dalam melaksanakan kegiatan tersebut harus selalu berkordinasi dan menyampaikan laporan dan buktinya dengan Instansi Pemerintah Desa setempat serta dinas atau instansi terkait untuk mendapatkan bantuan yang diperlukan;
- Wajib menjaga ketertiban dan mematuhi peraturan perundangan yang berlaku;
- Tan hanya digunakan untuk kegiatan sesuai izin yang diberikan;
- Pembegang izin wajib melaporkan pelaksanaan kegiatan bentuk aktivitas (CA) dan riwayat kepada Pemerintah Kabupaten Bantul c.q Bappeda Kabupaten Bantul setelah selesai melaksanakan kegiatan;
- Izin dapat dibatalkan sewaktu-waktu apabila tidak mematuhi ketentuan tersebut di atas;
- Selaku ketentuan, etika dan norma yang berlaku di lokasi kegiatan; dan
- Izin ini tidak boleh disebarkan untuk tujuan lainnya yang dapat mengganggu ketertiban umum dan kestabilan pemerintahan

Dikeluarkan di **B a n t u l**
 Pada tanggal **12 Mei 2016**

A.n Kepala
 Kepala Bidang Data Penelitian dan
 Pengembangan dan b. Kasubid.

Henry Ertawati, S.P., M.P.
 NIP. 19740509199032004

Terdapat disampaikan kepada Yth:

- Bupati Kab. Bantul (sebagai laporan)
- Kantor Kesatuan Bangsa dan Politik Kab. Bantul
- Ka. Dinas Pendidikan Menengah dan Non-Formal Kab. Bantul
- Ka. SMK Negeri 1 Sedayu
- Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
- Yang bersangkutan (Perseorangan)

Lampiran 6.d. Surat Keterangan telah Melaksanakan Penelitian dari SMKN 1 Sedayu

**PEMERINTAH KABUPATEN BANTUL**
DINAS PENDIDIKAN MENENGAH DAN NON FORMAL
SMK 1 SEDAYU
Alamat : Argomulyo, Plo Kidul, Yogyakarta, Telp./ Fax: (0274) 79884 Kode Pos: 55753
Website : smk1sedayu.sch.id Email : amkn_sedayu@ywbca.com



SURAT KETERANGAN
Nomor : 611 / 1.13.2/SMK.1/PL/2016

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : ANDI PRIMERIANANTO, M.Pd
NIP : 19611227 198603 1 011
Pangkat, Golongan Ruang : Pembina, IV/a
Jabatan : Kepala Sekolah

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :

Nama : RUDY RACHIDA
NIM : 12501241035
Fakultas : Fakultas Teknik UNY
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

Telah Melaksanakan penelitian dengan kegiatan sebagai berikut :

Waktu : 23 Juli 2016 s/d 30 September 2016
Lokasi : SMK.1 Sedayu, Bantul, Yogyakarta
Tujuan : Penelitian Skripsi
Judul Tesis : Pengembangan E-Learning Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik Kelas X Teknik Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Sedayu

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga dapat dipergunakan sepenuhnya.

Sedayu, 27 September 2016
Kepala SMK.1 Sedayu


ANDI PRIMERIANANTO, M.Pd
NIP. 19611227 198603 1 011

LAMPIRAN 7

Dokumentasi

Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian

