

RANCANG BANGUN MODUL PRAKTIKUM PENGUKURAN LISTRIK



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan diploma tiga (D-3) program studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ARJUNA R Y KADENGANAN 34221055

MUH AHSA NUR RIJAL 34221060

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir ini dengan judul “Rancang Bangun Modul Praktikum Pengukuran Listrik” oleh Arjuna R Y Kadenganan NIM 34221055, Muh Ahsa Nur Rijal NIM 34221060, dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Oktober 2024

Pembimbing I



Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D
NIP.197808042001121001

Pembimbing II



Nur Rahmah H. Anwar, S.T., TM.T.
NIP.199112202019032026

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



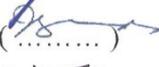
Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.
NIP. 196801051994031001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jumat tanggal 4 oktober 2024, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh Muh Ahsa Nur Rijal NIM 34221060 dan Muh. Arjuna Reksady Yuga Kadenganan NIM 34221055 dengan judul “Rancang Bangun Modul Praktikum Pengukuran Listrik”.

Makassar, Oktober 2024

Tim Penguji Seminar Proposal Tugas Akhir:

- | | | |
|--|---------------|---|
| 1. Sri Suwasti, S.ST.,M.T. | Ketua | () |
| 2. Sukma Abadi, S.T.,M.T. | Sekretaris | () |
| 3. Musradi Mulyadi, S.ST.,M.T. | Anggota I | () |
| 4. Prof. A.M.Shiddiq Yunus, S.T.,M.Eng.Sc.,Ph.D. | Pembimbing I | () |
| 5. Nur Rahmah H. Anwar, S.T.,M.T. | Pembimbing II | () |

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala karena atas segala berkah rahmat dan hidayah-Nya senantiasa memberikan kesehatan, kekuatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Penulisan Laporan Tugas Akhir ini yang judul “Rancangan Bangun Modul Praktikum Pengukuran Listrik”.

Laporan Tugas Akhir ini, merupakan salah satu rangkaian penyelesaian mata kuliah Tugas Akhir untuk dapat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Diploma Tiga (D3) Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, banyak sekali pihak yang telah terlibat dan berperan serta untuk mewujudkan selesainya laporan tugas akhir ini, karena itu penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada mereka yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Dalam kesempatan ini, atas hasil kegiatan perkuliahan kami di Politeknik Negeri Ujung Pandang Program Studi Diploma Tiga (D3) Teknik Konversi Energi hingga penyelesaian laporan tugas akhir ini, kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua kami yakni ayahanda, ibunda, beserta saudara- saudara yang senantiasa memberikan doa restu, dukungan dan bimbingan serta telah banyak berkorban demi kesuksesan penulis.
2. Bapak Bupati Kolaka dan pemerintah daerah Kolaka.
3. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Dr. Syahrudin Rasyid, M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T selaku ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang
6. Prof.A.M. Shiddiq Yunus,S.T.,M.Eng.Sc.,Ph.D. selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
7. Ibu Nur Rahmah H.Anwar,S.T.,M.T. selaku pembimbing 2 yang meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Bapak Ahmad,ST.,MT.,Ph.D selaku Ketua Pengelola PSDKU PNUP Kolaka.
9. Ibu Rahmah, S.Pd., M.Pd. selaku Wakil Ketua Pengelola PSDKU PNUP Kolaka
10. Seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Konversi Energi yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama melaksanakan perkuliahan,

dan telah membantu dalam menyediakan fasilitas dan serana dalam mengerjakan tugas akhir.

11. Seluruh mahasiswa Teknik Konversi Energi Angkatan 2021 khususnya kelas 3C Teknik Konversi Energi yang telah menjadi saudara-saudara serta banyak memberikan motivasi, dukungan serta doanya, selama berada di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL, SATUAN DAN SINGKATAN	xiv
SURAT PERNYATAAN	xv
SURAT PERNYATAAN	xvi
RINGKASAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Perancangan	4
1.5 Manfaat Perancangan	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7

2.1 Pengukuran Listrik	7
2.1.1 Kuat Arus Listrik	7
2.1.2 Beda Potensial (V)	11
2.1.3 Hukum Ohm	12
2.1.4 Hukum Kirchoff	14
2.1.5 Pembagi Tegangan	18
2.2 Komponen Utama Modul Praktikum Pengukuran Listrik	21
2.2.1 Sumber Tegangan DC	21
2.2.2 Sumber Tegangan AC	21
2.2.3 Tahanan Geser	22
2.2.4 Voltmeter	23
2.2.5 Amperemeter	24
2.2.6 Multimeter	25
2.2.7 Saklar	25
2.2.8 Resistor	26
2.2.9 Kabel	27
2.3 Perancangan Modul Praktikum Pengukuran Listrik	27
2.3.1 Persamaan Hukum Ohm	27
2.3.2 Persamaan Hukum Kirchoff	28
2.3.3 Persamaan Hukum Pembagi Tegangan	29

BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.2 Alat dan Bahan	32
3.2.1 Alat	32
3.2.2 Bahan	33
3.3 Prosedur Perancangan	34
3.3.1 Studi Literatur	35
3.3.2 Tahap Perancangan	35
3.3.3 Tahap Perancangan dan Desain	37
3.3.4 Langkah Pembuatan dan Perakitan	38
3.4 Prosedur Pengujian	38
3.4.1 Percobaan Hukum Ohm	39
3.4.2 Percobaan Hukum Kirchoff	40
3.4.3 Percobaan Hukum Pembagi Tegangan	41
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	45
4.1 Hasil Kegiatan	45
4.1.1 Hasil Rancangan Rangka Modul	45
4.1.2 Hasil Rancangan Modul Praktikum Pengukuran Listrik	46
4.2 Hasil Pengujian Modul Praktikum Pengukuran Listrik	49
4.2.1 Percobaan Hukum Ohm	49

4.2.2 Percobaan Hukum Kirchoff	50
4.2.3 Percobaan Hukum Pembagi Tegangan	51
4.3 Analisa Data	54
4.3.1 Percobaan Hukum Ohm	54
4.3.2 Percobaan Hukum Kirchoff	56
4.3.3 Percobaan Hukum Pembagi Tegangan	60
4.4.1 Grafik Hukum Ohm	63
4.4.2 Grafik Hukum Pembagi Tegangan	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Arus dan Muatan Berlawanan	9
Gambar 2.2 Kecepatan Gerak Acak Elektron Dalam	10
Gambar 2.3 Rangkaian Listrik	15
Gambar 2.4 Rangkaian Seri dan Paralel	16
Gambar 2.5 Ilustrasi Aliran Arus Listrik Pada Titik Percabangan	17
Gambar 2.6 Tahanan Geser	23
Gambar 2.7 Voltmeter	23
Gambar 2.8 Amperemeter	24
Gambar 2.9 Multimeter	25
Gambar 2.10 Saklar	26
Gambar 2.11 Resistor	26
Gambar 2.12 Kabel	27
Gambar 3.1 Diagram Kegiatan Tugas Akhir	34
Gambar 3.2 Desain 3D Rancangan Meja Modul Praktikum Pengukuran Listrik .	37
Gambar 3.3 Desain 3D Modul Praktikum Pengukuran Listrik	37
Gambar 3.4 Rangkaian Percobaan Hukum Ohm	39
Gambar 3.5 Rangkaian Percobaan Hukum Kirchoff I dan II	41
Gambar 3.6 Rangkaian Percobaan Hukum Pembagi Tegangan	44
Gambar 4.1 Rangka Modul Praktikum Gambar	46
Gambar 4.2 Rangkaian Penyearah	48
Gambar 4.3 Modul Praktikum Pengukuran Listrik	48

Gambar 4.4 Grafik Hukum Ohm Hubungan Antara Arus dan Tegangan	63
Gambar 4.5 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana (V_2/V_1 sebagai fungsi dari $R_2/R_1 + R_2$)	64
Gambar 4.6 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana (V_2/V_1 sebagai fungsi dari $R_2/R_1 + R_2$)	65
Gambar 4.7 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana V_2 sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)	66
Gambar 4.8 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana V_2 sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_1 R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)	67
Gambar 4.9 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana P_b sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)	68
Gambar 4.10 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana P_b sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_1 R_2/(R_1 + R_2)$ konstan) ..	69

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Rangkaian dan Alat Yang DiGunakan Pada Modul	35
Tabel 4.1 Percobaan Hukum Ohm Tahanan Tinggi	49
Tabel 4.2 Percobaan Hukum Ohm Tahanan Rendah	50
Tabel 4.3 Hasil Percobaan Hukum Kirchoff 1	50
Tabel 4.4 Hasil Percobaan Hukum Kirchoff 2	51
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Penentuan Tegangan Keluar Pembagi Tegangan Dalam Keadaan Tanpa Beban (V_1 Dan R_1 Konstan)	52
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Penentuan Tegangan Keluar Pembagi Tegangan Dalam Keadaan Berbeban Dengan (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan) ..	52
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Penentuan Tegangan Keluar Pembagi Tegangan Dalam Keadaan Berbeban Dengan (V_1 dan $R_1R_2/(R_1 + R_2)$	53
Tabel 4.8 Hasil Analisa Hukum Ohm Tahanan Tinggi	54
Tabel 4.9 Hasil Analisa Hukum Ohm Tahanan Rendah	55
Tabel 4.10 Hasil Analisa Hukum Kirchoff 1	57
Tabel 4.11 Hasil Analisa Hukum Kirchoff 2	59
Tabel 4.12 Perhitungan V_2/V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ dalam keadaan Tanpa Beban	60
Tabel 4.13 Perhitungan P_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)	61
Tabel 4.14 Hasil P_h Dalam Keadaan Berbeban Dengan (V_1 dan $R_1R_2/(R_1 + R_2)$ Konstan)	62

DAFTAR SIMBOL, SATUAN DAN SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
R	Ω	Resistansi
R_t	Ω	R_{total}
R_a	Ω	Tahanan Masukan
R_b	Ω	Tahanan Keluaran
V	V	Tegangan / voltase
V_o	V	Tegangan Yang Di Inginkan
V_s	V	Tegangan Sumber
V_{IN}	V	Tegangan Masukan
P	Watt	Daya
Q	C	Muatan Listrik
T	S	Waktu
I	A	Arus

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arjuna R Y Kadenganan

Nim : 34221055

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Modul Praktikum Pengukuran Listrik” merupakan gagasan hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing dan belum pernah di ajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang di terbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan di cantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.



Makassar, 8 Oktober 2024


Arjuna R Y Kadenganan

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh Ahsa Nur Rijal

Nim : 34221060

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Modul Praktikum Pengukuran Listrik” merupakan gagasan hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing dan belum pernah di ajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang di terbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan di cantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 8 Oktober 2024



Muh Ahsa Nur Rijal

Rancang Bangun Modul Praktikum Pengukuran Listrik

RINGKASAN

Berdasarkan hasil rancangan modul praktikum pengukuran listrik di dapatkan satu buah modul yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran pengukuran listrik khususnya pada Percobaan Hukum Ohm, Hukum Kirchoff, dan Hukum Pembagi Tegangan.

Adapun metode penelitian yang dilakukan ialah metode experimental dimana dilakukan penelitian, pengamatan, dan analisa data pada modul praktikum pengukuran listrik.

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan sebuah modul praktikum pengukuran listrik diantaranya pada Percobaan Hukum Ohm, Percobaan Hukum Kirchoff, dan Percobaan Hukum Pembagi Tegangan.

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pendidikan mempunyai peran yang sangat penting untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia serta mewujudkan cita-cita seluruh umat manusia dalam mencerdaskan kehidupan bangsa. Selain itu, Pendidikan berfungsi untuk menanamkan kemampuan dan keterampilan untuk lanjut ke jenjang yang lebih tinggi sekaligus memberikan bekal kepada mahasiswa dalam mengembangkan diri di masyarakat terutama di dalam dunia kerja setelah lulus nanti. Untuk mencapai hal tersebut, peran dosen sangatlah penting di dalam proses belajar mengajar.

Kegiatan pembelajaran yang ideal itu sendiri tidak terlepas dari berbagai komponen-komponen yang saling mendukung. Selain itu, peningkatan kualitas pembelajaran bisa dilakukan dari berbagai aspek variabel pembelajaran. Salah satu caranya adalah melalui pengembangan perangkat pembelajaran yang digunakan sesuai dengan materi pembelajaran, karakteristik peserta didik, dan kondisi pembelajaran di kelas.

Perangkat pembelajaran meliputi Rancangan Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), instrumen evaluasi atau tes hasil belajar, bahan ajar dan media pembelajaran. Perangkat pembelajaran yang terkait langsung dengan kualitas pembelajaran adalah tersedianya buku teks yang berkualitas.

Kesulitan belajar merupakan salah satu kondisi dimana kompetensi atau prestasi yang di capai tidak sesuai dengan kriteria standar yang telah di terapkan, baik berbantuan sikap, pengetahuan maupun keterampilan. Ada berbagai cara yang dapat di coba untuk mengoptimalkan proses pembelajaran, salah satu cara yang dapat di coba dengan membuat modul praktikum dalam upaya peningkatan pemahaman. Berdasarkan uraian diatas penulis bermaksud untuk membuat suatu modul praktikum untuk mendukung pembelajaran tidak hanya melalui teori, tetapi juga dengan metode praktikum. Dengan metode praktikum mahasiswa juga dapat membuktikan teori-teori yang terdapat pada bahan ajar secara langsung (Pradana,2017).

Modul merupakan salah satu bahan ajar yang di kemas secara utuh dan sistematis, di dalamnya memuat seperangkat pengalaman belajar yang terencana dan di desain untuk membantu peserta didik menguasai tujuan belajar yang spesifik. Modul memuat tujuan pembelajaran, materi belajar, dan evaluasi. Modul berfungsi sebagai sarana belajar yang bersifat mandiri, sehingga peserta didik dapat belajar secara mandiri sesuai dengan kecepatan masing-masing (Daryanto, 2013).

Modul praktikum pengukuran listrik adalah salah satu alat simulasi elektronika untuk menerapkan teori Hukum Ohm, Hukum Kirchoff, dan Hukum Pembagi Tegangan yang digunakan untuk merancang hingga menganalisis serta dapat menunjukkan fungsi atau prinsip dasar dari rangkaian elektronika. Maka dari itu, dengan adanya alat tersebut di harapkan dapat memahami lebih jelas tentang cara kerja suatu rangkaian listrik, sekaligus dapat di simulasikan tentang pembuktian terhadap teori rangkaian listrik, sehingga mahasiswa dapat mengatasi

kesulitan terhadap teori rangkaian listrik sehingga dapat mengatasi kesulitan dalam proses belajar mengajar. Modul praktikum ini juga untuk mendukung pelaksanaan matakuliah praktikum pengukuran listrik yang biasanya hanya dapat dilakukan di kampus utama PNUP yang membutuhkan waktu dan biaya yang besar.

Berdasarkan alasan tersebut, maka dilakukan penelitian sebagai syarat menyelesaikan jenjang diploma tiga / D-3 di kampus PNUP dengan judul “RANCANG BANGUN MODUL PRAKTIKUM PENGUKURAN LISTRIK ”

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah tersebut, maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan modul praktikum pengukuran listrik?
2. Bagaimana modul tersebut dapat digunakan sebagai alat praktikum?
3. Bagaimana teori pada Hukum Ohm, Hukum kirchoff, dan Hukum Pembagi Tegangan dapat di terapkan dengan modul praktikum pengukuran listrik?

1.3 Batasan Masalah

1. Alat tersebut di fokuskan pada praktikum Hukum Ohm, Hukum Kirchoff, dan Hukum Pembagi Tegangan
2. Rancang bangun modul tersebut hanya sebagai alat praktikum pengukuran listrik

1.4 Tujuan Perancangan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka dapat di rumuskan tujuan perancangan sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil dari rancang bangun modul praktikum pengukuran listrik untuk teori Hukum Ohm, Hukum Kirchoff, dan Hukum Pembagi Tegangan pada Mata Kuliah Praktikum Pengukuran Listrik.
2. Untuk mendapatkan hasil pengukuran pada modul Praktikum Pengukuran Listrik.
3. Untuk mendapatkan perbandingan antara hasil perhitungan dengan teori dan hasil pengukuran dengan modul.

1.5 Manfaat Perancangan

1. Menambah referensi baru dalam mengoptimalkan tingkat pemahaman pada proses belajar mengajar
2. Meningkatkan pemahaman teori tentang listrik maupun teori rangkaian elektronika lainnya
3. Sebagai bekal pengetahuan di masa depan, agar mampu bersaing di dunia kerja
4. Mendapatkan modul Praktikum yang dapat digunakan untuk Praktikum Pengukuran Listrik

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, penulisan proposal skripsi ini di bagi dalam 5 (lima) bab. Adapun sistematika penulisan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN.

Dalam bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.

Dalam bab ini menjelaskan mengenai teori pendukung yang akan digunakan pada pembahasan masalah.

BAB III : METODE PERANCANGAN.

Dalam bab ini berisi tentang perancangan modul praktikum pengukuran listrik agar bisa di jadikan sebagai modul praktikum pengukuran listrik.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dalam bab ini menjelaskan hasil dan pembahasan dari perancangan modul praktikum pengukuran listrik sebagai alat praktikum.

BAB V : PENUTUP

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran, yang bertujuan untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengukuran Listrik

Pengukuran listrik merupakan kegiatan yang meliputi penilaian dan pengujian besaran listrik, dan pengujian besaran listrik. Hasil pengukuran listrik secara langsung dapat langsung di baca karena berbentuk suatu penunjukan nilai, dan ada pula pengukuran yang tidak menampilkan nilai ukur secara langsung, sehingga memerlukan perhitungan terlebih dahulu (Puriyanto, R. D., dan Rosyady, P. A. (2021).

Ada beberapa hal yang perlu di ketahui pada Pengukuran Listrik, diantaranya:

1. Kuat arus listrik
2. Beda potensial
3. Hukum Ohm
4. Hukum kirchoff
5. Pembagi tegangan

2.1.1 Kuat Arus Listrik

Pembahasan listrik dinamis yaitu membicarakan mengenai muatan yang bergerak di dalam suatu kawat/bahan konduktor. Suatu bahan di sebut konduktif (bahan konduktor) jika di dalamnya terdapat cukup banyak muatan (elektron) bebas. Elektron bebas adalah elektron yang tidak terikat pada suatu inti atom, atau meskipun terikat, ia merupakan elektron yang letaknya jauh dari inti sehingga

hanya mendapatkan gaya tarik yang kecil saja. Elektron bebas ini kemudian yang akan “mengalir” dalam bahan (kawat) apabila ada perbedaan potensial diantara dua titik pada kawat. Elektron-elektron dalam kawat yang memiliki beda potensial mengalir dari potensial yang lebih rendah (-) ke potensial yang lebih tinggi (+) (Namun dalam baterai yang terjadi justru sebaliknya). Hal ini mirip dengan air di sungai yang hanya akan mengalir jika terdapat beda potensial gravitasi (beda ketinggian) pada dua titik dalam sungai. Fungsi sebuah baterai adalah menghasilkan beda potensial, yang kemudian dapat membuat bergerak. Ketika lintasan penghantar yang kontinu dihubungkan pada terminal-terminal sebuah baterai. Alat yang terhubung dengan baterai bisa saja bola, lampu, pemanas, radio atau alat lainnya. Ketika rangkaian terbentuk muatan bergerak atau mengalir melalui kawat-kawat rangkaian dari satu terminal baterai ke terminal lainnya, selama jalur penghantarnya kontinu. Setiap aliran muatan seperti ini disebut arus listrik. Arus listrik di dalam sebuah kawat didefinisikan sebagai jumlah muatan yang melaluli seluruh penampang kawat pada setiap titik persatuan waktu. Kuat arus listrik (I) didefinisikan sebagai : “Banyaknya muatan yang mengalir dalam satu detik, sehingga secara matematis bisa dirumuskan sebagai :

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots(2-1)$$

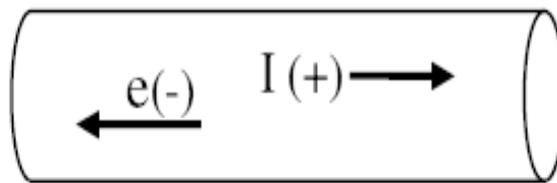
Keterangan :

I = Kuat arus listrik (A)

Q = Muatan Listrik (C)

t = Waktu (s)

Arus listrik diukur dalam coulomb pers sekon; satuan ini diberi nama khusus yaitu Ampere (disingkat Amp atau A) dari nama ilmuwan fisika Andre Marie Ampere (1775-1836). Maka $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$. satuan lebih kecil seringkali digunakan seperti milliampere atau microampere. Arus dapat mengalir dalam sebuah rangkaian hanya jika lintasan penghantar kontinu. Maka kita memiliki rangkaian tertutup. Jika rangkaian terputus kita biasa menyebutnya rangkaian terbuka dan tidak ada aliran listrik (Irwan, 2023).

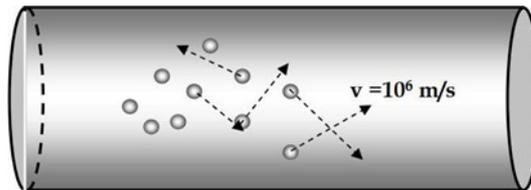


Gambar 2.1 Gambar Arus dan Muatan Berlawanan
(Sumber: Ishaq, 2002)

Satuan dari kuat arus dalam sistem Internasional (SI) adalah Ampere. Arah dari arus listrik berlawanan dengan arah mengalirnya elektron, ketentuan arah arus ini hanyalah merupakan sebuah kesepakatan yang dilakukan sebelum diketahui bahwa penyebab utama timbulnya arus listrik adalah partikel bermuatan negatif (electron bebas).

Untuk lebih mendalami hal tersebut kita memerlukan contoh kasus. Dalam sebuah bahan misalnya tembaga (yang merupakan bahan utama kawat listrik) pada 300 K memiliki jumlah elektron bebas sebanyak $n = 10^{29}$ buah setiap meter kubiknya yang bergerak sangat acak dan bertumbukan satu sama lain

dengan kecepatan rata-rata $v = 10^6$ m/s (satu juta meter tiap detiknya). Waktu antar tumbukan satu dengan yang lainnya yang dialami sebuah elektron τ berkisar antara 3×10^{-14} detik. Sebuah waktu yang sangat pendek.



Gambar 2.2 Kecepatan Gerak Acak Elektron Dalam

(Sumber: Ishaq, 2002)

Seperti yang kita lihat, jika kita menyalakan saklar lampu dengan begitu cepat “rasanya” elektron mengalir dan membuat lampu menyala. Namun mengapa kecepatan aliran elektron begitu rendah ?

Untuk menjelaskan hal tersebut, maka di buatlah perumpamaan Untuk memudahkan memahami dua hal yang sepertinya paradoks ini bayangkanlah sebuah selang yang terhubung dengan keran air. Jika pada awalnya selang berada dalam keadaan kosong, maka air akan membutuhkan waktu yang lama untuk keluar dari ujung selang yang lain. Namun jika selang telah terisi penuh dengan air, maka begitu keran sedikit saja dibuka, maka seketika itu juga air memancar dari ujung selang yang lain. Demikian juga halnya yang terjadi pada aliran elektron. Sejumlah besar elektron telah berada dalam kawat konduktor, sehingga meskipun aliran elektron ini lambat, namun ketika beda potensial dihubungkan dengan kawat, seketika itu pula lampu menyala (Ishaq, 2002).

2.1.2 Beda Potensial (V)

Baterai atau generator listrik dibutuhkan untuk menghasilkan arus dalam rangkaian listrik yang mengubah satu jenis energi (kimia, mekanik atau cahaya) menjadi energi listrik. Perangkat seperti ini disebut sumber gaya gerak listrik (ggl). Beda potensial antara terminal-terminal sumber seperti itu, bila tidak ada arus yang mengalir ke rangkaian luar, disebut ggl dari sumber. Symbol \mathcal{E} biasanya digunakan untuk GGL dan satuannya adalah volt.

Terjadinya arus listrik dari kutub positif ke kutub negatif dan aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif, disebabkan oleh adanya beda potensial antara kutub positif dengan kutub negatif, dimana kutub positif mempunyai potensial yang lebih tinggi dibandingkan kutub negatif. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa arus listrik timbul jika ada perbedaan potensial. Beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif dalam keadaan terbuka disebut gaya gerak listrik dan dalam keadaan tertutup disebut tegangan jepit.

Beda potensial kutub-kutub sumber arus pada rangkaian terbuka dinamakan GGL atau gaya gerak listrik (\mathcal{E}). Satuan GGL adalah volt (V). Beda potensial kutub-kutub sumber arus pada rangkaian tertutup dinamakan tegangan jepit V , satuannya volt (V). Pada rangkaian tertutup tersebut arus mengalir dari kutub positif ke kutub negative atau dari titik yang potensialnya lebih tinggi ke titik yang potensialnya lebih rendah.

2.1.3 Hukum Ohm

George Simon Ohm (1789-1854) merumuskan hubungan antara kuat arus listrik (I), hambatan (R) dan beda potensial (V) yang kemudian dikenal dengan hukum Ohm yang penurunannya sebagai berikut :

Arus didefinisikan sebagai banyaknya elektron yang melalui sebuah konduktor tiap waktu (atau satu detik). Kita hitung kuat arus yang mengalir pada panampang dengan volum dV seperti pada gambar. Karena berbentuk silinder volume dari dV adalah :

$$dV = A \cdot dl \dots\dots\dots(2-2)$$

karena dl adalah jarak yang ditempuh elektron dengan kecepatan V_d dengan waktu 1 detik maka :

$$dl = v_d \cdot 1 = v_d \dots\dots\dots(2-3)$$

sehingga :

$$dV = A \cdot v_d \dots\dots\dots(2-4)$$

sehingga banyaknya muatan yang mengalir pada dV adalah :

$$I = A \cdot v_d \cdot n \cdot qe' \dots\dots\dots(2-5)$$

Sehingga

$$I = \left(\frac{q^2 n}{m}\right) A E \dots\dots\dots(2-6)$$

yang berada dalam kurung merupakan sifat bahan dan sering disebut konduktivitas σ , sehingga :

$$I = \sigma AE \dots \dots \dots (2-7)$$

karena $E=V/l$, maka :

$$I = \frac{\sigma AV}{l} \dots \dots \dots (2-8)$$

karena konduktivitas σ merupakan kebalikan dari resistivitas ρ ($\sigma=1/\rho$), maka persamaannya menjadi

$$I = \frac{AV}{\rho l} \dots \dots \dots (2-9)$$

Atau:

$$I = \frac{V}{\frac{\rho l}{A}} \dots \dots \dots (2-10)$$

Sehingga persamaan akhirnya menjadi:

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (2-11)$$

Keterangan :

I = Kuat arus Listrik (A)

V = Beda Potensial (V)

R = Hambatan Listrik (Ω)

Untuk menghasilkan arus listrik pada rangkaian dibutuhkan beda potensial. Satu cara untuk menghasilkan beda potensial adalah dengan baterai. George Simon Ohm (1787- 1854) menentukan dari eksperimen bahwa arus pada kawat logam sebanding dengan beda potensial V yang diberikan ke ujung-ujungnya:

$$I \sim V$$

Ohm mengetahui dari percobaan bahwa pada konduktor-konduktor logam R adalah sebuah konstanta yang terbebas dari V , hasil ini dikenal sebagai hukum Ohm. Persamaan $V=IR$ terkadang disebut hukum Ohm, tetapi hanya untuk material atau alat dimana R adalah konstanta yang terbebas dari V . Tetapi R bukanlah konstanta untuk material selain logam, begitu pula untuk alat seperti diode, tabung vakum, transistor dan lain-lain. Bahkan untuk logam, R tidak konstan jika temperature berubah banyak. Resistansi terukur filamen bola lampu rendah untuk arus kecil, tetapi jauh lebih tinggi pada arus operasi normal yang besar yang menyebabkan bertemperature tinggi yang dibutuhkan agar filamen berpijar (~3000 K). Dengan demikian, “hukum” Ohm bukanlah hukum dasar, tetapi lebih berupa deskripsi mengenai kelas material tertentu: konduktor-konduktor logam yang temperaturnya tidak berubah. Material seperti ini disebut “Ohmik”

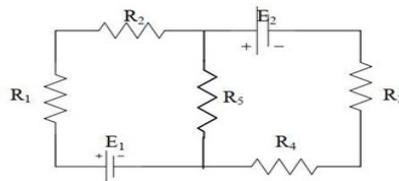
2.1.4 Hukum Kirchoff

Menurut Ishaq (2002), menyatakan bahwa Hukum Kirchoff merupakan Hukum yang menyatakan fenomena arus dan tegangan dalam rangkaian listrik.

Pada Hukum Kirchoff 1 fokus ke aliran arus ke titik rangkaian, sedangkan pada hukum Kirchoff 2 berkaitan dengan perbedaan tegangan.

1. Hukum Kirchoff 1

Menyederhanakan rangkaian dengan cara seri dan paralel seperti contoh di pembahasan sebelumnya, mungkin bisa dilakukan untuk rangkaian-rangkaian yang sederhana, namun untuk rangkaian yang lebih rumit, cara tersebut sulit dilakukan. Salah satu contoh rangkaian yang sulit diselesaikan dengan cara tersebut adalah sebuah rangkaian yang terdapat pada gambar di bawah ini

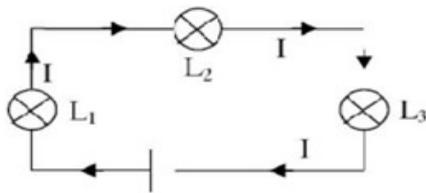


Gambar 2.3 Rangkaian Listrik

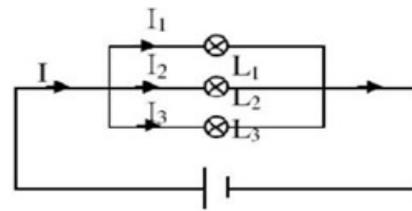
(Sumber: Ishaq, 2002)

Menghadapi rangkaian yang sulit seperti ini, kita menggunakan hukum-hukum yang ditemukan oleh G. R. Kirchoff (1824-1887) pada pertengahan abad 19. Terdapat dua hukum Kirchoff, dan hukum-hukum ini adalah aplikasi sederhana yang baik sekali dari hukum-hukum kekekalan muatan dan energi. Hukum pertama Kirchoff atau Hukum persambungan (junction rule) didasarkan atas hukum kekekalan muatan, dan kita telah menggunakannya pada kaidah untuk hambatan-hambatan paralel.

Dalam alirannya, arus listrik juga mengalami cabang-cabang. Ketika arus listrik melalui percabangan tersebut, arus listrik terbagi pada setiap percabangan dan besarnya tergantung ada tidaknya hambatan pada cabang tersebut. Bila hambatan pada cabang tersebut besar maka akibatnya arus listrik yang melalui cabang tersebut juga mengecil dan sebaliknya bila pada cabang, hambatannya kecil maka arus listrik yang melalui cabang tersebut arus listriknya besar.



Gambar Rangkaian Tidak Bercabang



Gambar Rangkaian Bercabang

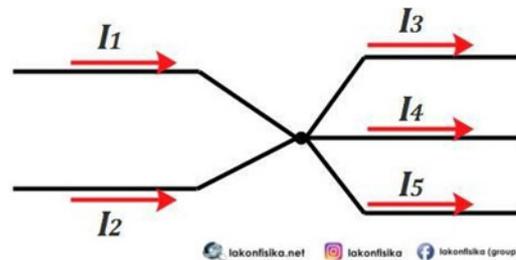
Gambar 2.4 Rangkaian Seri dan Paralel

(Sumber: Ishaq, 2002)

Rangkaian tidak bercabang. Kuat arus yang melalui lampu L1 sama dengan kuat arus yang melalui lampu L2 dan L3, yaitu I. Jadi pada rangkaian tidak bercabang, kuat arus pada setiap titik dalam rangkaian tersebut adalah sama besar. Rangkaian bercabang. Berdasarkan pengukuran yang teliti, maka jumlah kuat arus I1, I2 dan I3 adalah sama dengan kuat arus I. Arus listrik yang melalui suatu penghantar dapat kita pandang sebagai aliran air sungai. Jika sungai tidak bercabang, jumlah air di setiap tempat pada sungai tersebut sama. Demikian halnya dengan arus listrik.

Hukum pertama Kirchoff didasari oleh hukum konservasi energi yang menyatakan bahwa dalam suatu rangkaian tertutup, tegangan yang diperoleh dan tegangan yang berkurang haruslah sama besar.

Hukum I Kirchoff berbunyi: Jumlah kuat arus listrik yang masuk ke suatu titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang keluar dari titik percabangan tersebut (Adistiana, 2018)



Gambar 2.5 Ilustrasi Aliran Arus Listrik Pada Titik Percabangan
(sumber: Adistiana, 2018)

Pada titik persambungan dalam Gambar di atas, $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$
Hukum persambungan Kirchoff didasarkan atas kekekalan muatan. Muatan-muatan yang masuk persambungan harus sama dengan yang meninggalkan – tidak ada muatan yang hilang. Hukum I Kirchoff tersebut sebenarnya tidak lain sebutannya dengan hukum kekekalan muatan listrik. Hukum I Kirchoff secara matematis dapat dituliskan sebagai:

$$\sum I_{masuk} = \sum I_{keluar}$$

2. Hukum Kirchhoff 2

Pemakaian Hukum II Kirchhoff pada rangkaian tertutup yaitu karena ada rangkaian yang tidak dapat di sederhanakan menggunakan kombinasi seri dan paralel. Umumnya ini terjadi jika dua atau lebih ggl di dalam rangkaian yang dihubungkan dengan cara rumit sehingga penyederhanaan rangkaian seperti ini memerlukan teknik khusus untuk dapat menjelaskan atau mengoperasikan rangkaian tersebut. Jadi Hukum II Kirchhoff merupakan solusi bagi rangkaian-rangkaian tersebut yang berbunyi: Di dalam sebuah rangkaian tertutup, jumlah aljabar gaya gerak listrik (ε) dengan penurunan tegangan (IR) sama dengan nol (Widodo, 2013).

Secara matematis Hukum II Kirchoff dapat dituliskan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\sum V = 0$$

2.1.5 Pembagi Tegangan

Pembagi tegangan merupakan rangkaian sederhana yang dapat mengubah tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Dengan hanya menggunakan dua resistor yang dipasang secara seri dan dengan sebuah input tegangan, kita dapat membuat tegangan output yang mana tegangan output ini merupakan hasil perhitungan dari tegangan input. Pembagi tegangan merupakan salah satu rangkaian dasar yang harus dikuasai dalam elektronika (Ardutech, 2019).

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan output V_O dari tegangan sumber V_I menggunakan resistor pembagi tegangan R_1 dan R_2 .

Rangkaian pembagi tegangan (voltage divider) disebut juga sebagai rangkaian pembagi potensial (potential divider). Input ke sebuah rangkaian pembagi tegangan adalah tegangan V_{in} . Tegangan V_{in} tersebut menggerakkan arus I untuk mengalir melewati kedua resistor. Karena kedua resistor terhubung secara seri, maka arus yang sama mengalir melewati tiap-tiap resistor. Tahanan efektif dari kedua resistor seri adalah $R_1 + R_2$. Jatuh tegangan pada gabungan kedua resistor ini adalah V_{in} .

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membagi tegangan atau mengkonversi dari resistensi menjadi sebuah tegangan. Biasanya fungsi dari pembagi tegangan ini untuk mengubah atau mengkonversikan dari tegangan tegangan yang lebih besar untuk memberi bias kepada komponen yang aktif dalam rangkaian tersebut. Rangkaian Pembagi Tegangan bentuk rangkaian sederhana yang tidak terlalu kompleks memiliki tegangan output yang diberi simbol V_O , dan juga arus yang bersimbol I , mengalir ke rangkaian R_1 dan R_2 . Dan hasil di tegangan V_i merupakan hasil dari penggabungan atau penjumlahan dari rumus V_S dan V_O .

Perlu diperhatikan bahwa hanya satu system setimbang yang dibahas pada teori ini dan bahwa tak satupun metode yang dikembangkan atau disimpulkan yang dicapai pada pembahasan ini berlaku pada system yang tidak setimbang. Banyak beban pada bidang industry merupakan beban yang satu fasadari sebuah sumber yang berbeda untuk menjaga system 3 fasa tersebut tetap setimbang dengan memberikan beban satu fasa yang kira-kira sama pada masing-masing dari ketiga fasa tersebut. Pengetahuan Pembagi Tegangan atau Voltage Divider ini sangat penting dan merupakan rangkaian dasar yang harus dimengerti oleh setiap Engineer. Pada dasarnya, Rangkaian Pembagi Tegangan terdiri dari dua buah resistor yang dirangkai secara Seri.

Dalam elektronik, pembagi tegangan (juga dikenal sebagai pembagi potensial) adalah sebuah rangkaian elektronika linear yang akan menghasilkan tegangan output (V_{out}) yang merupakan sebagian kecil dari tegangan masukan (V_{in}). Pembagi tegangan biasanya menggunakan dua resistor atau dibuat dengan satu potensiometer. Tegangan output tergantung dari nilai-nilai komponen resistor atau dari pengaturan potentiometer. Ketika pembagi tegangan diambil dari titik tengah, tegangan mungkin kebetulan. Dengan mengkombinasikan resistansi dan sumber, telah kita temukan metode yang dapat memangkas langkah-langkah yang harus diambil dalam menganalisa suatu rangkaian listrik. Satu langkah mudah dan cepat lainnya yang berguna dalam analisa rangkaian ialah metoda yang dikenal sebagai pembagi tegangan dan arus. Pembagian tegangan digunakan untuk menyatakan tegangan pada satu dari beberapa resistor seri dalam bentuk tegangan kombinasinya.

Adapun beberapa jenis pembagi tegangan sebagai berikut. Pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat tegangan referensi, atau untuk mendapatkan sinyal tegangan rendah sebanding dengan tegangan yang akan diukur, dan juga dapat digunakan sebagai attenuator sinyal pada frekuensi rendah. Untuk arus DC dan berfrekuensi rendah pembagi tegangan cukup akurat jika dibuat hanya dari 2 resistor, dimana respon frekuensi dengan bandwidth yang lebar sangat diperlukan (seperti dalam probe osiloskop), pembagi tegangan memiliki elemen kapasitif yang dapat ditambahkan untuk dapat memberikan kompensasi pada kapasitansi beban. Dalam transmisi tenaga listrik, tegangan 5 kapasitif pembagi digunakan untuk pengukuran tegangan tinggi (Syifaul Fuada dkk, 2022)

2.2 Komponen Utama Modul Praktikum Pengukuran Listrik

2.2.1 Sumber Tegangan DC

Direct Current (DC) atau arus listrik searah, adalah arus listrik yang mengalir dari kutub negatif ke kutub positif, dan hanya terjadi searah saja. Aliran-aliran tersebut, akan menyebabkan adanya lubang dengan muatan positif yang terlihat menuju ke kutub negatif. Pada Umumnya sumber tegangan Dc berasal dari Baterai, dan aki (Ahmad Efend, 2021).

Pada modul Praktikum yang kami rancang, kami memanfaatkan sumber ac yang akan kami searahkan menggunakan dioda.

2.2.2 Sumber Tegangan AC

Alternating Current atau biasa disebut arus listrik bolak-balik. biasanya dihasilkan oleh generator yang dapat menghasilkan listrik, namun besar dan arahnya selalu berubah setiap waktu. Arus bolak-balik ini akan membentuk sebuah gelombang dengan frekuensi tertentu yang berbentuk sinus. Sehingga banyak juga yang menyebutkan arus listrik AC berbentuk gelombang sinus. Karena selalu mengalir dua arah (bolak balik). Sumber tegangan dari arus listrik AC antara lain arus listrik dari PLN (Ahmad Efend, 2021).

2.2.3 Tahanan Geser

Tahanan Geser atau biasa disebut rheostat adalah sebuah alat untuk mengatur tahanan listrik sehingga dapat merubah kuat arus listrik sesuai kebutuhan. tahanan geser sendiri biasanya terbuat dari nikelin yang memiliki hambatan jenis besar, kemudian panjang kawat yang dilalui arus diatur oleh logam geser (L).besar Arus yg keluar dapat diubah dengan mengubah kedudukan logam geser. Seperti yang diketahui, dengan mengubah panjang kawat pengantar maka tahanan penghantar juga berubah (Suprianto, 2015).

Pada modul ini digunakan tahanan geser sliding rheostat dengan range 0 sampai 50 Ohm, 1,5 Ampere.



Gambar 2.6 Tahanan Geser

2.2.4 Voltmeter

Voltmeter adalah sebuah alat yang dimanfaatkan untuk mengukur tegangan listrik dalam suatu rangkaian listrik. Umumnya dipasang paralel pada rangkaian listrik hendak diukur. Fungsi voltmeter sendiri adalah sebagai alat ukur tegangan listrik pada suatu rangkaian listrik. Adapun jenis voltmeter yang digunakan yaitu CR-52, dengan range 0-50V AC/DC.



Gambar 2.7 Voltmeter

2.2.5 Amperemeter

Amperemeter merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur seberapa besar kuat arus listrik yang terdapat pada sebuah rangkaian. Pembuatan Amperemeter biasanya membutuhkan susunan yang disebut dengan shunt dan mikroamperemeter. Susunan itu nanti yang berguna dalam mendeteksi arus yang ada pada rangkaian dengan arus yang kecil, sedangkan untuk hambatan shunt untuk arus besar. Perlu anda ketahui, alat ini selalu beroperasi berdasarkan pada gaya Lorentz gaya magnetis. Gaya lorentz ini ditimbulkan oleh kumparan berlapis medan magnet yang di dalamnya mengalir arus. Simpangan akan semakin besar seiring meningkatnya arus yang mengalir. Amperemeter digunakan sebagai alat ukur kuat arus listrik dalam rangkaian tertutup Untuk mengukur arus listrik dari suatu rangkain, dan biasanya amperemeter dipasang seri dengan rangkain yg akan diukur. Adapun jenis voltmeter yang digunakan yaitu CR-52, dengan range 0-10Ampere, AC/DC.



Gambar 2.8 Amperemeter

2.2.6 Multimeter

Multimeter adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur listrik yang banyak digunakan oleh teknisi karena memiliki banyak fungsi yaitu mengukur resistansi, kapasitansi, arus listrik, tegangan AC maupun DC, menguji baik atau tidaknya suatu komponen, mengetahui sambungan pada rangkaian dan sebagainya (Martias, 2017)



Gambar 2.9 Multimeter

2.2.7 Saklar

Saklar merupakan suatu komponen kelistrikan yang berfungsi memutus dan menghubungkan arus listrik. Pada dasarnya sebuah saklar terdiri dari dua buah konduktor yang terpisah, dan pada saat keduanya dihubungkan maka akan menghubungkan arus listrik pada suatu rangkaian listrik, dan ketika konduktor dipisahkan maka Arus listrik pada rangkaian akan terputus. Pada modul ini saklar di hubungkan langsung dengan plug.



Gambar 2.10 Saklar

2.2.8 Resistor

Dalam kebanyakan rangkaian, terutama pada alat-alat listrik, resistor digunakan untuk mengatur besar arus. Resistor memiliki resistansi dari lebih kecil dari 1 ohm hingga jutaan ohm. Jenis utama resistor adalah “gulungan kawat” yang terdiri dari kumparan kawat halus, resistor “komposisi” yang biasanya terbuat dari karbon, resistor terbuat dari lapisan tipis karbon dan logam dan semikonduktor.



Gambar 2.11 Resistor

2.2.9 Kabel

Kabel adalah suatu alat yang berfungsi untuk menghantarkan arus listrik dari sumber listrik ke komponen-komponen kelistrikan yang ingin digunakan. Kabel sendiri memiliki lapisan isolator untuk melindungi pengguna dari induksi dari listrik. Adapun jenis kabel yang digunakan yaitu NYAF ukuran 2,5mm yang dihubungkan langsung dengan jack banana yang digunakan pada saat membuat suatu rangkaian.



Gambar 2.12 Kabel

2.3 Perancangan Modul Praktikum Pengukuran Listrik

2.3.1 Persamaan Hukum Ohm

Hukum Ohm menyatakan bahwa jatuh tegangan berbanding lurus dengan arus melalui resistor tersebut, sesuatu yang mempunyai sifat perlawanan yang dimiliki resistor tersebut “tahanan” atau “resistansi”. Jadi resistor adalah kata benda untuk nama bendanya sedangkan resistansi adalah benda untuk sifat perlawanannya. Secara matematis ditulis:

$$V \sim I \dots\dots\dots(2-12)$$

$$V = R \cdot I \dots\dots\dots(2-13)$$

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2-14)$$

Dimana :

V = tegangan yang diberikan pada tahanan

I = arus yang mengalir pada tahanan

R = resistansi dan resistor

2.3.2 Persamaan Hukum Kirchoff

Hukum kirchoff I menyatakan bahwa jumlah aljabar arus listrik di satu titik cabang sama dengan nol. Secara matematis hukum kirchoff I dapat ditulis:

$$\sum V = 0 \dots\dots\dots(2-15)$$

Persamaan diatas disebut pula “nodal equation” dan jika diterapkan maka akan menjadi:

$$i_1 - I_2 - i_3 - I_4 - i_5 = 0 \dots\dots\dots(2-16)$$

atau

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 + i_5 \dots\dots\dots(2-17)$$

dari persamaan diatas menghasilkan hukum kirchoff I yang berbunyi “Jumlah arus yang memasuki titik cabang sama besar dengan jumlah arus yang keluar dari titik cabang”.

Hukum Kirchoff II menyatakan jumlah aljabar jatuh tegangan dalam suatu rangkain tertutup adalah nol. Secara matematis hukum II Kirchoff ditulis :

$$\Sigma V = 0 \dots\dots\dots(2-18)$$

$$\Sigma I \cdot R - \Sigma E = 0 \dots\dots\dots(2-19)$$

$$\Sigma E = \Sigma I \cdot R \dots\dots\dots(2-20)$$

Dari persamaan diatas dapat diartikan jumlah aljabar dalam rangkaian tertutup sama besar dengan jumlah aljabar jatuh tegangan pada tahanan termasuk tahanan dalam sumber tegangan.

2.3.3 Persamaan Hukum Pembagi Tegangan

Pembagi tegangan adalah rangkaian resistor atau kapasitor yang dapat disadap pada titik perantara maupun untuk menghasilkan sebagian kecil tegangan yang diterapkan di antara ujung-ujungnya, kita dapat menggambar dengan beberapa cara, namun pada dasarnya semua harus berupa sirkuit yang sama. Dengan demikian rumus yang diberikan adalah sebagai berikut:

$$V_{keluar} = \frac{R_B}{R_A + R_B} \times V_{didalam} \dots\dots\dots(2-21)$$

Di mana:

V_{keluar} = Tegangan Keluaran

$V_{didalam}$ = Tegangan Masukan

R_A = Tahanan Masukan

R_B = Tahanan Keluaran

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \dots \dots \dots (2-22)$$

Di mana :

R_p = Resistansi Paralel

R_1, R_2 = tahanan-tahanan pada pembagi tegangan

$$V_o = \frac{R_1 V_i}{R_1 + R_2} \dots \dots \dots (2-23)$$

Di mana :

V_i = Tegangan masukan

V_o = Tegangan keluaran yang diinginkan

R_1, R_2 = tahanan-tahanan pada pembagi tegangan

$$k_d = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots \dots \dots (2-24)$$

Di mana :

k_d = Kadar / propotional

R_1, R_2 = Tahanan-tahanan pada pembagi tegangan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi tempat pembuatan dan penelitian modul praktikum pengukuran besaran listrik sebagai media pembelajaran ini dilakukan di kampus Lab Energi Kampus PNUP. Adapun perakitan dan pemasangan modul praktikum ini dilaksanakan pada waktu pelaksanaan tugas akhir yaitu pada bulan Februari – Juli 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan saat pembuatan modul praktikum pengukuran listrik.

3.2.1 Alat

Adapun alat – alat yang digunakan pada saat proses pengerjaan yaitu sebagai berikut:

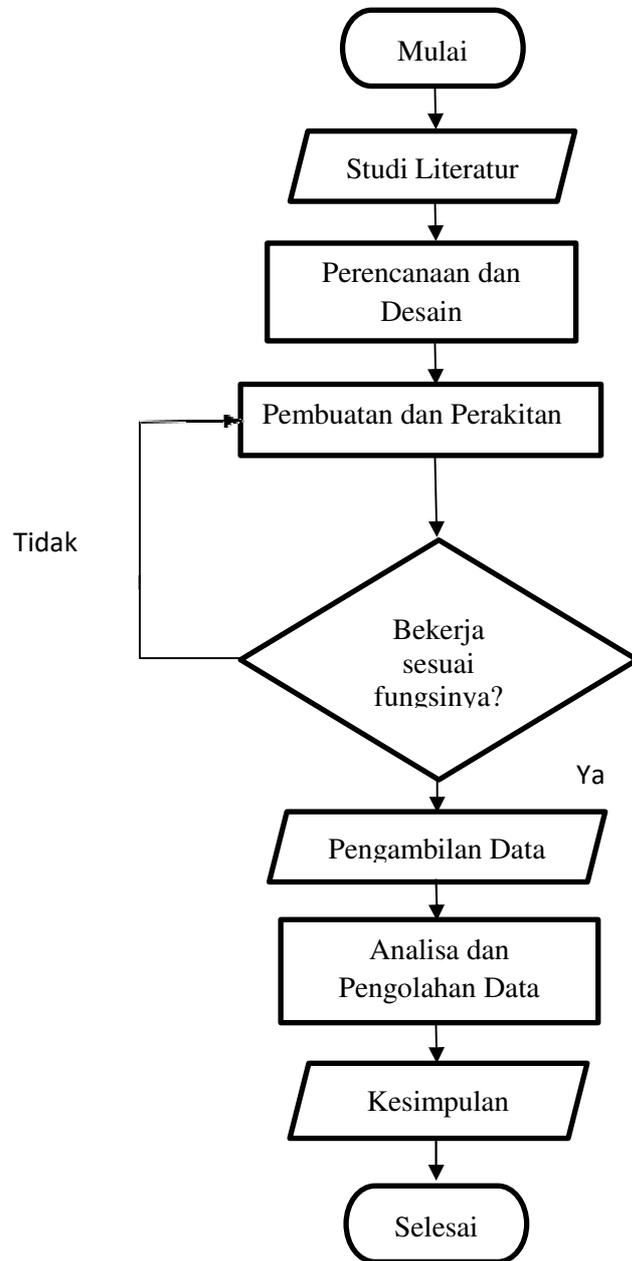
1. Amperemeter AC/DC
2. Voltmeter AC/DC
3. Multimeter
4. Resistor
5. Regulator
6. Gerinda
7. Mesin las

8. Bor

3.2.2 Bahan

1. Dioda
2. Kabel banana plug + jack solder
3. Tripleks melamin
4. Besi hollow
5. Saklar
6. Dempul
7. Amplas
8. Elektroda
9. Mistar siku

3.3 Prosedur Perancangan



Gambar 3.1 Diagram Kegiatan Tugas Akhir

3.3.1 Studi Literatur

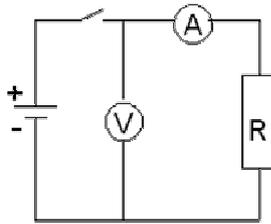
Tahap perencanaan awal pada proses pengerjaan tugas akhir yaitu dengan mempelajari dan mencari referensi mengenai modul praktikum pengukuran listrik khususnya pada percobaan Hukum Ohm, Hukum Kirchoff, dan Hukum Pembagi Tegangan guna untuk menjadi acuan dan sebagai pendukung dalam mengerjakan tugas akhir.

3.3.2 Tahap Perancangan

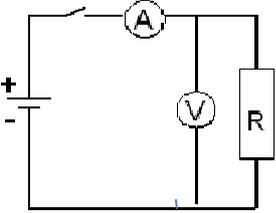
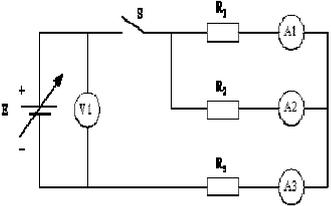
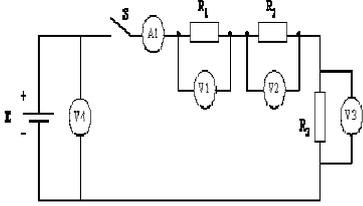
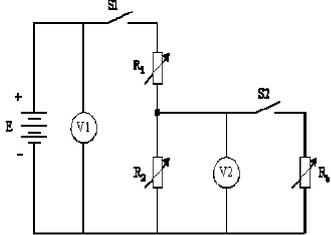
Alat yang kami rancang adalah modul praktikum yang digunakan dalam proses pembelajaran mengenai praktikum pengukuran listrik, yang sangat berguna untuk memudahkan mahasiswa dalam menerapkan teori.

Modul praktikum pengukuran listrik ini digunakan sebagai alat pembelajaran supaya mahasiswa dapat melihat langsung fenomena yang terjadi pada teori Hukum Ohm, Hukum Kirchoff, dan Hukum Pembagi Tegangan sehingga memudahkan mahasiswa dalam memahami teori dasar pada percobaan praktikum pengukuran listrik.

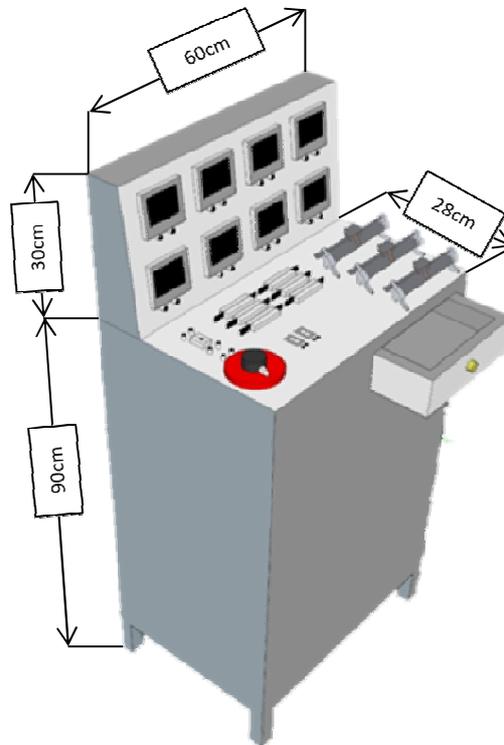
Tabel 3.1 Tabel Rangkaian dan Alat Yang Digunakan Pada Modul

No	Jenis Praktikum	Rangkaian Percobaan	Alat
1	Hukum Ohm		<ol style="list-style-type: none">1. Voltmeter2. Ampermeter3. Resistor

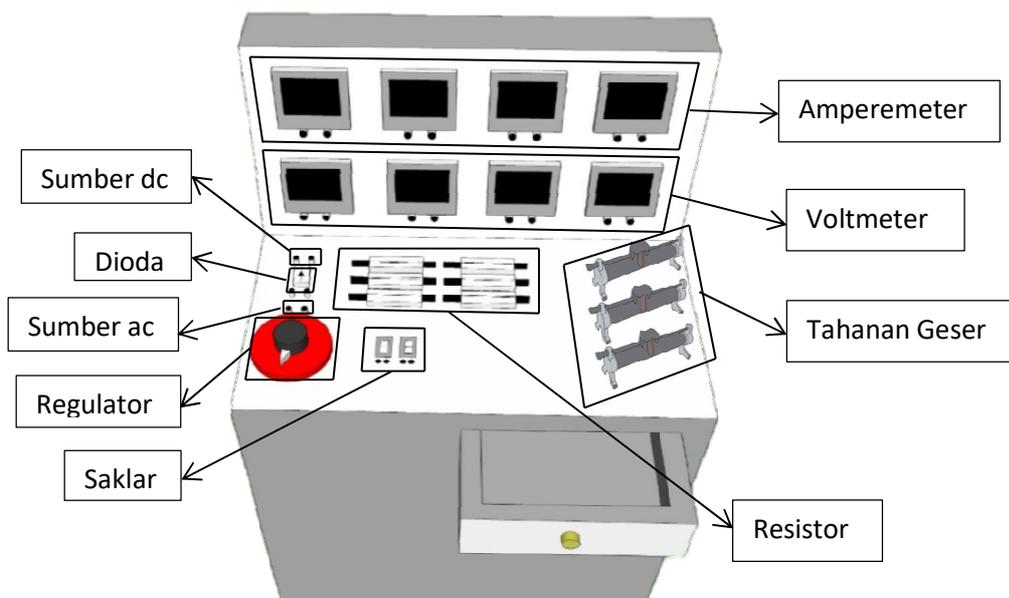
(Lanjutan pada halaman berikut)

		<p>Percobaan Tahanan Tinggi</p>  <p>Percobaan Tahanan Rendah</p>	<p>4. Saklar</p>
2	Hukum Kirchoff	<p>Percobaan Hukum Kirchoff I</p>  <p>Percobaan Hukum Kirchoff II</p> 	<p>1. Voltmeter 2. Amperemeter 3. Rsesitor 4. Saklar</p>
3	Pembagi Tegangan	<p>Rangkaian tanpa beban maupun ber-beban</p> 	<p>1. Voltmeter 2. Resistor Variabel 3. Saklar 4. Multimeter</p>

3.3.3 Tahap Perancangan dan Desain



Gambar 3.2 Desain 3D Rancangan Meja Modul Praktikum Pengukuran Listrik



Gambar 3.3 Desain 3D Modul Praktikum Pengukuran Listrik

Rancangan modul praktikum diatas di buat untuk memudahkan mahasiswa dalam proses praktikum dan dapat melihat langsung fenomena yang terjadi pada teori praktikum pengukuran listrik khususnya pada Hukum Ohm, Kirchoff, dan Pembagi tegangan.

Perancangan modul praktikum diatas di rancang sebagai patokan pembuatan modul praktikum Pengukuran listrik, untuk mengetahui komponen yang akan digunakan dalam pembuatan modul, dan perancangan ini juga bertujuan sebagai penunjuk bagi praktikan ketika mengoperasikan modul praktikum tersebut.

3.3.4 Langkah Pembuatan dan Perakitan

- a) Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- b) Memotong besi hollow sesuai dengan dimensi yg telah dibuat.
- c) Menyatukan besi hollow yang telah dipotong dengan cara pengelasan.
- d) Mengcover rangka yg telah dibuat menggunakan tripleks melamin .
- e) Setelah rangka modul sudah jadi, selanjutnya menempatkan alat ukur dan peralatan lainya sesuai skema yang telah ditentukan.
- f) Merangkai dan menambahkan input dan output pada alat ukur, tahanan ,dan sumber tegangan pada modul.

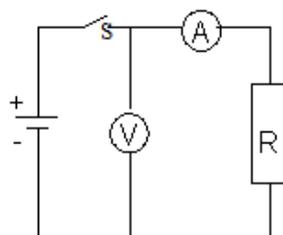
3.4 Prosedur Pengujian

Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah modul praktikum pengukuran listrik berfungsi dengan baik, dan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.

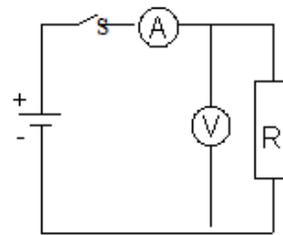
Langkah langkah pengujian modul praktikum pengukuran listrik adalah sebagai berikut:

3.4.1 Percobaan Hukum Ohm

- 1) Meneliti semua alat sebelum digunakan
- 2) Membuat rangkaian seperti pada gambar untuk nilai R tertentu
- 3) Dalam keadaan saklar terbuka, menghidupkan sumber tegangan dan dalam keadaan tegangan keluarannya minimum, menutup saklar
- 4) Menaikan tegangan Sumber secara bertahap, dan setiap tahap mengamati penunjukan pada Voltmeter dan Amperemeter. Memasukan data yang diperoleh pada tabel hasil percobaan.
- 5) Melakukan langkah nomor(4) untuk nilai-nilai tahanan lainnya
- 6) Mengulangi langkah no (2) sampai (5) diatas, tetapi dengan menggunakan rangkaian seperti gambar (b)
- 7) Jika percobaan telah selesai, membuka saklar serta mematikan sumber Tegangan
- 8) Mengulangi melakukan langkah (2) sampai (7) di atas, tetapi dengan menggunakan sumber tegangan Ac variabel



(a) Tahanan Tinggi

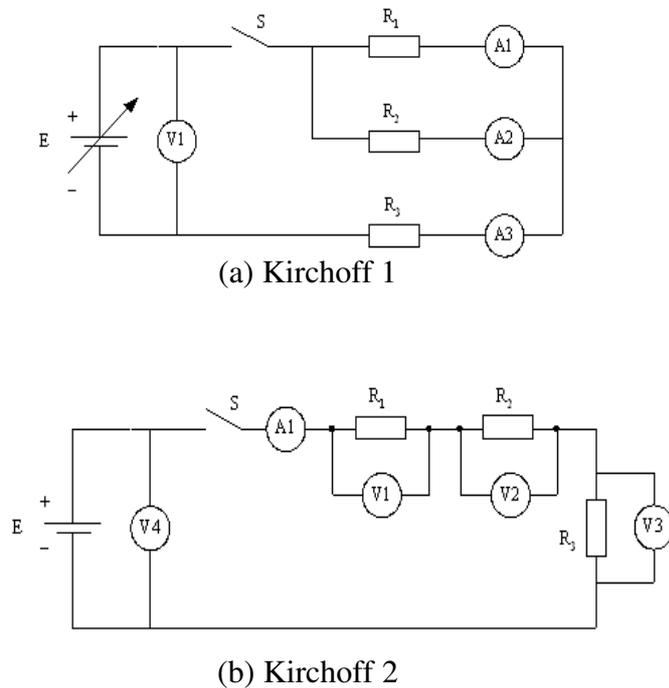


(b) Tahanan Rendah

Gambar 3.4 Rangkaian Percobaan Hukum Ohm

3.4.2 Percobaan Hukum Kirchoff

- 1) Meneliti semua alat sebelum digunakan.
- 2) Membuat rangkaian seperti pada gambar (a) untuk nilai-nilai R_1 , dan R_2 yang tertentu.
- 3) Dalam keadaan saklar terbuka, menghidupkan sumber tegangan dan dalam keadaan penunjukan V_1 minimum menutup saklar.
- 4) Menaikkan tegangan sumber secara bertahap, dan pada setiap tahap mengamati pertunjukan pada amperemeter-amperemeter A_1 , A_2 , dan A_3 , dan memasukan data yang diperoleh ke dalam tabel.
- 5) Mengubah rangkaian pada langkah nomor (2) diatas menjadi seperti gambar (b).
- 6) Dalam keadaan saklar terbuka, menghidupkan sumber tegangan dan dalam keadaan penunjukan V_4 minimum tutup saklar.
- 7) Menaikkan tegangan sumber secara bertahap, dan pada setiap tahap amati penunjukan pada voltmeter-voltmeter V_1 , V_2 , dan V_3 serta Amperemeter A_1 .
- 8) Jika percobaan telah selesai, buka saklar serta off kan semua sumber tegangan.
- 9) Mengulangi melakukan langkah no (2) sampai (8) di atas, tetapi dengan menggunakan sumber tegangan AC variabel.



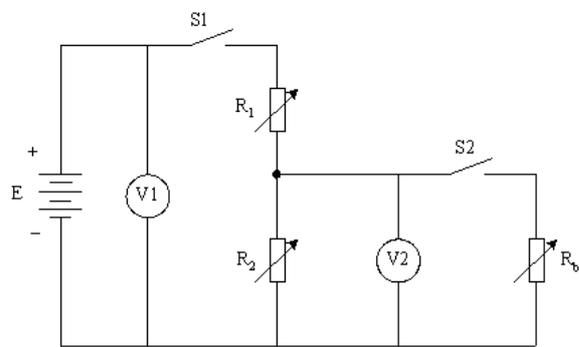
Gambar 3.5 Rangkaian Percobaan Hukum Kirchoff I dan II

3.4.3 Percobaan Hukum Pembagi Tegangan

- 1) Membuat rangkaian seperti pada gambar rangkaian.
- 2) Membagi tahanan tahanan geser yang digunakan dalam beberapa bagian skala dengan cara memberi beberapa tanda atau titik padanya sambil mengukur resistansinya.
- 3) Dalam keadaan saklar S1 dan S2 terbuka, Menghidupkan sumber tegangan.
- 4) Dari beberapa titik pada tahanan geser R_1 , ambil yang terkecil, dan dalam keadaan tegangan sumber minimum menutup saklar S1, kemudian menaikannya sumber tegangan ke suatu nilai tertentu yang di tetapkan, lalu mengamati penunjukan voltmeter. {Catatan: nilai R_1 dengan Tegangan sumber dikonstankan}.

- 5) Melakukan beberapa tahap menurut titik pada tahanan geser R_2 dimulai dari titik dengan Tahanan terkecil, dan pada setiap tahanan lalu mengamati penunjukan voltmeter V_2 . Kemudian mencantumkan hasil pengamatan ke dalam tabel pengamatan.
- 6) Setelah percobaan selesai, membuka saklar S1.
Mengulang langkah nomor (4) sampai (6) diatas untuk nilai R_1 yang lainya.
- 7) Mengulang langkah no (3) diatas.
- 8) Pada suatu nilai R_1 , R_2 , dan R_3 yang tertentu serta dalam keadaan tegangan sumber minimum, menutup saklar S1 dan S2, {Dalam percobaan ini, nilai $R_2/(R_1+R_2)$ serta tegangan sumber dikonstankan. Catatan: R_1 dan R_2 boleh juga berupa resistor-resistor yang telah diketahui nilainya.
- 9) Menaikan tegangan sumber ke suatu nilai tertentu yang telah di tetapkan. kemudian mengamati penunjukan Voltmeter V_1 .
- 10) Melakukan beberapa tahap menurut titik pada tahanan geser R_3 dimulai dari titik dengan tahanan terkecil, dan pada setiap tahap mengamati penunjukan voltmeter V_2 . Lalu mencantumkan hasil pengamatan pada tabel pengamatan.
- 11) Setelah percobaan telah selesai, membuka saklar S1 dan S2.
- 12) Pada suatu nilai R_1 dan R_2 yang lebih kecil yaitu masing masing 2 kali terhadap nilai-nilai R_1 dan R_2 dalam langka no (9), Ulangi melakukan langkah nomor (3) kemudian (9) sampai (12) di atas.

- 13) Pada suatu nilai R_1 dan R_2 yang lebih kecil yaitu masing masing $\frac{1}{2}$ kali terhadap nilai R_1 dan R_2 dalam langka no (9), lalu melakukan langka no (3) kemudian (9) sampai (12) di atas.
- 14) mencantumkan kembali data yang telah diperoleh dengan langka nomor (9) sampai (11) ke dalam tabel pengamatan.
- 15) Berdasarkan nilai R_1 dan R_2 dalam langkah nomor (9), maka $R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ yang akan dikonstantkan. Pada nilai R_2 yang lebih besar, kalkulasikan nilai R_1 yang harus dipasang, Kemudian lakukan langkah nomor (3) di atas.
- 16) Melakukan beberapa tahap menurut titik pada tahanan geser R_3 dimulai dari titik dengan tahanan terkecil, dan pada setiap tahanan mengamati penunjukan voltmeter V_2 . Lalu mencantumkan hasil pengamatan kedalam tabel.
- 17) Lakukan langkah nomor (12).
- 18) mengulangi langkah nomor (16) diatas tetapi dengan R_2 yang lebih kecil dari nilai R_2 dalam langka nomor (9), sambil mengkalkulasi nilai R_1 yang dipasang.
- 19) Mengulangi langkah nomor (17) dan (12).



Gambar 3.6 Rangkaian Percobaan Hukum Pembagi Tegangan

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

Kegiatan awal pada penelitian ini diawali dengan pembuatan kerangka modul dan rancangan modul praktikum pengukuran listrik dengan 3 percobaan diantaranya Percobaan Hukum Ohm, Percobaan Hukum Kirchoff, dan Percobaan Hukum Pembagi Tegangan.

4.1.1 Hasil Rancangan Rangka Modul

Hasil rancangan rangka modul dapat dilihat pada gambar di bawah ini, dimana rangka tersebut dibuat sebagai tempat untuk menyimpan dan merangkai alat yang akan digunakan untuk melakukan praktikum pengukuran listrik di antaranya Percobaan Hukum Ohm, Percobaan Hukum Kirchoff, dan Percobaan Hukum Pembagi Tegangan. Ukuran rangka modul yaitu, tinggi 120cm dengan lebar 60cm menggunakan besi siku hollow dan ditutupi menggunakan tripleks melamin. Rangka tersebut dirancang untuk mempermudah pada saat melakukan praktikum pengukuran listrik.



Gambar 4.1 Rangka Modul Praktikum

4.1.2 Hasil Rancangan Modul Praktikum Pengukuran Listrik

Dimana pada rangkaian modul pengamatan ini merupakan tempat untuk melakukan beberapa percobaan pada praktikum pengukuran listrik diantaranya yaitu Percobaan Hukum Ohm, Percobaan Hukum Kirchoff, dan Percobaan Hukum Pembagi Tegangan yang di rancang agar dapat memudahkan pada saat pengambilan data seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.3 tersebut.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada beberapa rangkaian percobaan praktikum pengukuran listrik pada tabel 3.1, maka dapat di simpulkan bahwa alat yang akan digunakan pada praktikum pengukuran listrik yaitu:

1. Voltmeter 4 untuk mengukur tegangan
2. Amperemeter 4 buah untuk mengukur arus

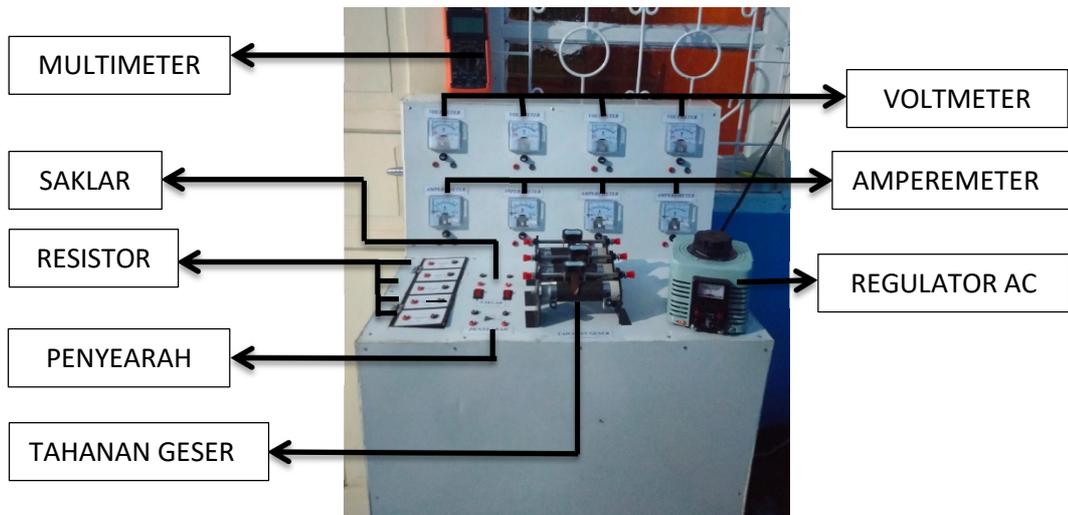
3. Multimeter sebagai alat ukur jika arus ataupun tegangan terlalu kecil atau tidak dapat terbaca pada voltmeter maupun amperemeter, dan juga digunakan untuk mengukur tahanan pada tahanan geser
4. Resistor dan tahanan geser 3 buah
5. Regulator AC untuk mengatur tegangan AC sesuai yang diinginkan
6. Saklar 2 biji sebagai pemutus tegangan
7. Penyearah bertujuan untuk mengubah arus AC menjadi DC yang akan digunakan sebagai sumber dc

Adapun langkah-langkah perakitan modul praktikum pengukuran listrik yaitu:

1. Pemasangan alat ukur Voltmeter dan Amperemeter yang dilakukan dengan menyambung secara paralel antara alat ukur dengan plug
2. Pembuatan stan resistor menggunakan plug dan penjepit buaya
3. Pemasangan saklar secara seri dengan plug
4. Pemasangan penyearah pada modul seperti pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Rangkaian Penyearah



Gambar 4.3 Modul Praktikum Pengukuran Listrik

4.2 Hasil Pengujian Modul Praktikum Pengukuran Listrik

Pengujian dilakukan dengan 3 percobaan, yaitu percobaan Hukum Ohm, Percobaan Hukum Kirchoff, dan Percobaan Hukum Pembagi Tegangan

4.2.1 Percobaan Hukum Ohm

Pada pengujian Hukum Ohm terdapat 2 percobaan yaitu Percobaan Tahanan Tinggi dan Percobaan Tahanan Rendah yang dapat dilihat pada tabel 3.1, pada percobaan ini dilakukan 5 kali pengambilan data dengan tegangan yang berbeda serta menggunakan 3 resistansi yang berbeda.

Hasil pengujian Percobaan Hukum Ohm tahanan tinggi dapat dilihat pada tabel 4.1, dan Percobaan Hukum Ohm Tahanan Rendah dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Percobaan Hukum Ohm Tahanan Tinggi

NO	Volt (V)	R=17 Ω	R=20 Ω	R=23 Ω
		Ampere (A)	Ampere (A)	Ampere (A)
1	5	0,29	0,26	0,22
2	10	0,59	0,51	0,45
3	15	0,89	0,75	0,68
4	20	1,18	1	0,88
5	25	1,48	1,26	1,11

Tabel 4.2 Percobaan Hukum Ohm Tahanan Rendah

NO	Volt (V)	R=17Ω	R=20Ω	R=23Ω
		Ampere (A)	Ampere (A)	Ampere (A)
1	5	0,29	0,27	0,23
2	10	0,58	0,51	0,43
3	15	0,89	0,77	0,68
4	20	1,18	1,02	0,88
5	25	1,46	1,27	0,10

4.2.2 Percobaan Hukum Kirchoff

Pada pengujian Hukum Kirchoff terdapat 2 percobaan dengan 5 kali pengujian, yaitu Percobaan Hukum Kirchoff 1 dan Percobaan Hukum Kirchoff 2, dimana pada Percobaan Hukum Kirchoff 1 melakukan pengukuran arus pada 3 resistansi yang berbeda, sedangkan pada Percobaan Hukum Kirchoff 2 melakukan pengukuran tegangan pada 3 resistansi yang berbeda.

Hasil pengujian Percobaan Hukum Kirchoff 1 dapat dilihat pada tabel 4.3, dan Percobaan Hukum Kirchoff 2 dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Percobaan Hukum Kirchoff 1

No.	V _s [V]	R ₁ = 20Ω,	R ₂ = 20Ω,	R ₃ = 30Ω
		I ₁ [A]	I ₂ [A]	I ₃ [A]
1.	5	0,11	0,11	0,13

(Lanjutan pada halaman berikut)

2.	10	0,21	0,21	0,25
3.	15	0,32	0,35	0,41
4.	20	0,44	0,47	0,55
5.	25	0,56	0,59	0,69

Tabel 4.4 Hasil Percobaan Hukum Kirchoff 2

No.	V_s [V]	$R_1 = 20 \Omega,$	$R_2 = 30 \Omega,$	$R_3 = 40\Omega$	I_1 [A]
		V_1 [V]	V_2 [V]	V_3 [V]	
1.	5	1,2	1,7	2,2	0,05
2.	10	2,2	3,2	4	0,1
3.	15	3,2	4,6	6,2	0,15
4.	20	4,4	6,5	8,2	0,21
5.	25	5,2	7,4	11	0,25

4.2.3 Percobaan Hukum Pembagi Tegangan

Pada Percobaan Hukum Pembagi Tegangan terdapat 3 percobaan yaitu percobaan tanpa beban dapat dilihat pada tabel 4.5, percobaan berbeban dengan R_1 dan R_2 konstan dapat dilihat pada tabel 4.6, dan percobaan berbeban dengan R_1 dan R_2 yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Penentuan Tegangan Keluar Pembagi Tegangan Dalam Keadaan Tanpa Beban (V_1 Dan R_1 Konstan).

No.	$V_1 = 12V; R_1 = 13 \Omega$			No.	$V_1 = 12V; R_1 = 30\Omega$		
	R_2 [Ω]	V_0 [V]	V_2 [V]		R_2 [Ω]	V_0 [V]	V_2 [V]
1	13	6	6	1	13	3,67	3,65
2	20	7,27	7,28	2	20	4,80	4,81
3	35	8,75	8,77	3	35	6,46	6,40
4	40	9,05	9,03	4	40	6,85	6,80

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Penentuan Tegangan Keluar Pembagi Tegangan Dalam Keadaan Berbeban Dengan (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)

No.	$V_1 = 12V ; R_1 = 15\Omega ; R_2 = 15\Omega$ $K_d = 0,5\Omega ; R_p = 7,5\Omega$			No.	$V_1 = 12V ; R_1 = 30\Omega ; R_2 = 30\Omega$ $K_d = 0,5\Omega ; R_p = 15\Omega$		
	R_b [Ω]	V_o [V]	V_2 [V]		R_b [Ω]	V_o [V]	V_2 [V]
1	13	3,80	3,78	1	13	2,78	2,76
2	20	4,36	4,37	2	20	3,42	3,42
3	35	4,94	4,95	3	35	4,20	4,24
4	40	5,05	5,03	4	40	4,36	4,36

(Lanjutan pada halaman berikut)

No.	$V_1 = 12V ; R_1 = 7,5\Omega ; R_2 = 7,5\Omega$ $K_d = 0,5\Omega ; R_p = 3,75\Omega$		
	R_b $[\Omega]$	V_0 $[V]$	V_2 $[V]$
1	13	4,65	4,65
2	20	5,05	5,05
3	35	5,42	5,42
4	40	5,48	5,48

Tabel 4. 7Hasil Pengujian Penentuan Tegangan Keluar Pembagi Tegangan Dalam Keadaan Berbeban Dengan (V_1 dan $R_1R_2/(R_1 + R_2)$)

No.	$V_1 = 12V ; R_1 = 10\Omega ; R_2 = 30\Omega$ $K_d = 9,5\Omega ; R_p = 0,15\Omega$			No.	$V_1 = 12V ; R_1 = 30\Omega ; R_2 = 10\Omega$ $K_d = 0,25\Omega ; R_p = 7,5\Omega$		
	R_b $[\Omega]$	V_0 $[V]$	V_2 $[V]$		R_b $[\Omega]$	V_0 $[V]$	V_2 $[V]$
1	13	5,71	5,71	1	13	1,90	1,91
2	20	6,54	6,55	2	20	2,18	2,19
3	35	7,41	7,46	3	35	2,47	2,48
4	40	7,57	7,53	4	40	2,52	2,50

4.3 Analisa Data

4.3.1 Percobaan Hukum Ohm

A. Percobaan Hukum Ohm Tahanan Tinggi

Dengan menggunakan data ke 1 pada tabel 4.1 percobaan hukum ohm tahanan tinggi, maka di peroleh :

Untuk menghitung arus yang masuk menggunakan persamaan:

$$I_{R1} = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{5}{17}$$

$$= 0,29 \text{ A}$$

$$I_{R2} = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{5}{20}$$

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

$$I_{R3} = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{5}{23}$$

$$= 0,21 \text{ A}$$

Untuk tegangan dan resistansi lainnya pada percobaan Hukum Ohm Tahanan Tinggi dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Analisa Hukum Ohm Tahanan Tinggi

NO	Volt (V)	R = 17 Ω		R = 20 Ω		R = 23 Ω	
		I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)
1	5	0,29	0,29	0,26	0,25	0,22	0,21
2	10	0,59	0,58	0,51	0,50	0,45	0,43
3	15	0,89	0,88	0,75	0,75	0,68	0,65
4	20	1,18	1,17	1	1	0,88	0,86
5	25	1,48	1,47	1,26	1,25	1,11	0,08

B. Percobaan Hukum Ohm Tahanan Rendah

Dengan menggunakan data ke 1 pada tabel 4.2 percobaan hukum ohm tahanan rendah, maka di peroleh :

Untuk menghitung arus yang masuk menggunakan persamaan:

$$I_{R1} = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{5}{17}$$

$$= 0,29 A$$

$$I_{R2} = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{5}{20}$$

$$= 0,25 A$$

$$I_{R3} = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{5}{23}$$

$$= 0,21 A$$

Untuk tegangan dan resistansi lainnya dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Hasil Analisa Hukum Ohm Tahanan Rendah

NO	Volt (V)	R = 17 Ω		R = 20 Ω		R = 23 Ω	
		I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)
1	5	0,29	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21
2	10	0,58	0,58	0,51	0,50	0,43	0,43
3	15	0,89	0,88	0,77	0,75	0,68	0,65
4	20	1,18	0,17	1,02	1	0,88	0,86
5	25	1,46	0,47	1,27	1,25	1,10	1,08

4.3.2 Percobaan Hukum Kirchoff

1. Percobaan Hukum Kirchoff 1

Berdasarkan data ke (1) dengan tegangan 5 Volt, maka:

$$\begin{aligned}R_t &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 \\&= \frac{20 \times 25}{20 + 25} + 30 \\&= 41,1\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_3 &= \frac{V_s}{R_t} \\&= \frac{5}{41,1} \\&= 0,12\text{A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_1 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I_3 \\&= \frac{25}{20 + 25} \times 0,12 \\&= 0,06\text{A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_2 &= I_3 - I_1 \\&= 0,12 - 0,06 \\&= 0,06\text{A}\end{aligned}$$

Untuk data percobaan hukum kirchoff 1 yang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Hasil Analisa Hukum Kirchoff 1

NO	V_S	$R_1 = 20\Omega$		$R_2 = 25\Omega$		$R_3 = 30\Omega$	
		I_1 (A)	I_1 (A)	I_2 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)	I_3 (A)
		Percobaan	Analisa	Percobaan	Analisa	Percobaan	Analisa
1	5	0,07	0,06	0,06	0,06	0,14	0,12
2	10	0,14	0,13	0,12	0,11	0,25	0,24
3	15	0,22	0,19	0,18	0,17	0,40	0,36
4	20	0,30	0,26	0,24	0,22	0,54	0,48
5	25	0,37	0,33	0,30	0,27	0,68	0,60

B. Percobaan Hukum Kirchoff 2

Berdasarkan data ke -1 pada percobaan hukum kirchoff 2, maka:

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{R_1}{R_{Total}} \times V_s \\
 &= \frac{20}{100} \times 5 \\
 &= 1V
 \end{aligned}$$

Selisih = nilai praktek - nilai teori

$$= 1,2 - 1$$

$$= 0,2V$$

$$\text{Error} = \frac{\text{selisih}}{\text{teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,02}{1} \times 100\%$$

$$= 0,2\%$$

Untuk V_2 dengan, $V_s = 5V$; Tahanan = 30Ω

$$V_2 = \frac{R_2}{R_{Total}} \times V_s$$

$$= \frac{30}{100} \times 5$$

$$= 1,5V$$

Selisih = nilai praktek - nilai teori

$$= 1,7 - 1,5$$

$$= 0,2V$$

$$\text{Error} = \frac{\text{selisih}}{\text{teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2}{1,5} \times 100\%$$

$$= 0,13\%$$

Untuk V_3 dengan, $V_s = 5V$; Tahanan = 40Ω

$$V_3 = \frac{R_3}{R_{Total}} \times V_s$$

$$= \frac{40}{100} \times 5$$

$$= 2V$$

Selisih = nilai praktek - nilai teori

$$= 2,2 - 2$$

$$= 0,2V$$

$$\text{Error} = \frac{\text{selisih}}{\text{teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,02}{2} \times 100\%$$

$$= 0,1\%$$

Untuk data yang lainnya pada percobaan Hukum Kirchoff 2 dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil Analisa Hukum Kirchoff 2

NO	V_S (V)	I (A)	VR_1 (V)		VR_2 (V)		VR_3 (V)	
			Perc	Analisa	Perc	Analisa	Perc	Analisa
1	5	0,05	1,2	1	1,7	1,5	2,2	2
2	10	0,10	2,2	2	3,2	3	4	4
3	15	0,15	3,2	3	4,6	4,5	6,2	6
4	20	0,21	4,4	4	6,5	6	8,2	8
5	25	0,25	5,2	5	7,4	7,5	11	10

4.3.3 Percobaan Hukum Pembagi Tegangan

Berdasarkan data 1 percobaan tanpa beban dengan (V_1 dan R_1) konstan maka:

Untuk $R_1 = 13\Omega$

$$1. \frac{V_2}{V_1} = \frac{6}{12} \\ = 0,5V$$

$$2. \frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{13}{13+13} \\ = 0,5 \Omega$$

Untuk $R_1 = 30\Omega$

$$1. \frac{V_2}{V_1} = \frac{35}{12} \\ = 0,30V$$

$$2. \frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{13}{30+13} \\ = 0,30 \Omega$$

Untuk hasil perhitungan data berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Perhitungan V_2/V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ dalam keadaan Tanpa Beban

NO	$V_1 = 12 V ; R_1 = 13 \Omega$			NO	$V_1 = 12V ; R_1 = 30 \Omega$		
	R_2 (Ω)	V_2/V_1 (V)	K_d (Ω)		R_2 (Ω)	V_2/V_1 (V)	K_d (Ω)
1	13	0,50	0,50	1	13	0,30	0,30
2	20	0,60	0,60	2	20	0,40	0,40
3	35	0,73	0,72	3	35	0,53	0,55
4	40	0,75	0,75	4	40	0,56	0,57

Perhitungan P_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)

1. Untuk $R_1 = 15\Omega$; $R_2 = 15\Omega$

$$P_b = \frac{V_2^2}{R_b} = \frac{(3,74V)^2}{13\Omega}$$

$$= 1,099W$$

2. Untuk $R_1 = 30\Omega$; $R_2 = 30\Omega$

$$P_b = \frac{V_2^2}{R_b} = \frac{(2,76V)^2}{13\Omega}$$

$$= 0,585W$$

3. Untuk $R_1 = 7,5\Omega$; $R_2 = 7,5\Omega$

$$P_b = \frac{V_2^2}{R_b} = \frac{(4,65V)^2}{13\Omega}$$

$$= 1,663W$$

Untuk hasil perhitungan data berikutnya, dapat dilihat pada table 4.13

Tabel 4.13 Perhitungan P_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)

NO	$V_1 = 12V$; $R_1 = 15\Omega$		$V_1 = 12V$; $R_1 30 \Omega$		$V_1 = 12V$; $R_1 7,5\Omega$	
	$R_2 = 15\Omega$		$R_2 = 30\Omega$		$R_2 = 7,5 \Omega$	
	R_B (Ω)	P_B (W)	R_B (Ω)	P_B (W)	R_B (Ω)	P_B (W)
1	13	1,099	13	0,585	13	1,663
2	20	0,954	20	0,584	20	1,275
3	35	0,700	35	0,513	35	0,839
4	40	0,632	40	0,475	40	0,750

Perhitungan P_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)

1. Untuk $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 30\Omega$

$$P_b = \frac{V_2^2}{R_b} = \frac{(5,71V)^2}{13\Omega}$$

$$= 2,508W$$

2. Untuk $R_1 = 30\Omega$; $R_2 = 10\Omega$

$$P_b = \frac{V_2^2}{R_b} = \frac{(1,91V)^2}{13\Omega}$$

$$= 0,280W$$

Untuk hasil perhitungan data berikutnya, dapat dilihat pada tabel 4.14

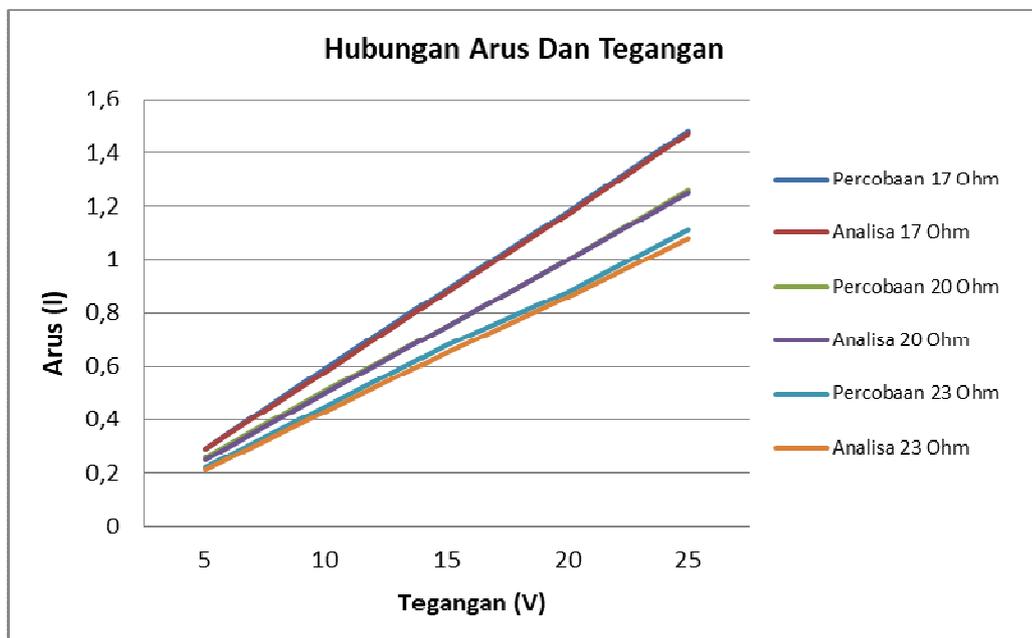
Tabel 4.14 Hasil Ph Dalam Keadaan Berbeban Dengan (V_1 dan $R_1R_2/(R_1 + R_2)$ Konstan)

NO	$V_1 = 12 V$; $R_1 = 10\Omega$ $R_2 = 30 \Omega$		$V_1 = 12 V$; $R_1 = 30\Omega$ $R_2 = 10\Omega$	
	R_B	P_B	R_B	P_B
	(Ω)	(W)	(Ω)	(W)
1	13	2,508	13	0,280
2	20	2,145	20	0,239
3	35	1,590	35	0,175
4	40	1,417	40	0,156

4.4 Grafik Dan Pembahasan

4.4.1 Grafik Hukum Ohm

Berdasarkan grafik hubungan antara arus dan tegangan, maka di peroleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Hukum Ohm Hubungan Antara Arus dan Tegangan

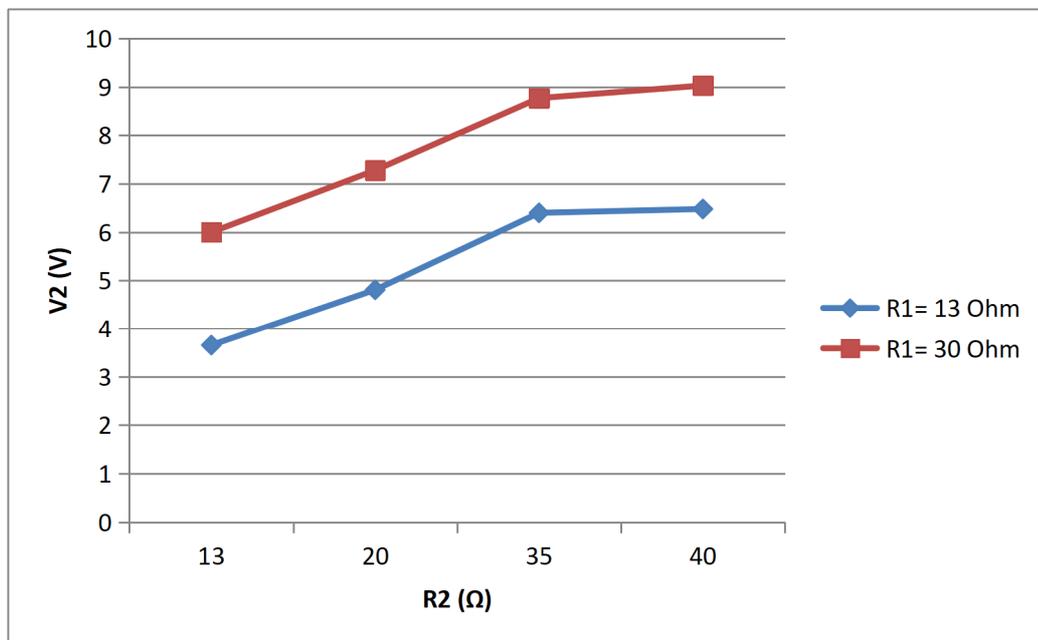
Berdasarkan grafik hubungan antara arus dengan tegangan, maka dapat di simpulkan bahwa arus berbanding lurus dengan tegangan, dimana semakin besar tahanan yang di berikan maka arus yang di dapatkan semakin kecil, pernyataan tersebut juga dapat di perkuat menggunakan persamaan $I = \frac{V}{R}$, pada grafik di atas di dapatkan eror pada tahanan $17\ \Omega$ sebesar 0,01, $20\ \Omega$ sebesar 0,01, $23\ \Omega$

sebesar 0,03. Berdasarkan data tersebut modul dapat digunakan sebagai alat praktikum pengukuran listrik.

4.4.2 Grafik Hukum Pembagi Tegangan

Berdasarkan tabel 4.5 maka di dapatkan grafik $\frac{V_2}{V_1}$ sebagai fungsi dari

$\frac{R_2}{R_1+R_2}$ Yaitu :

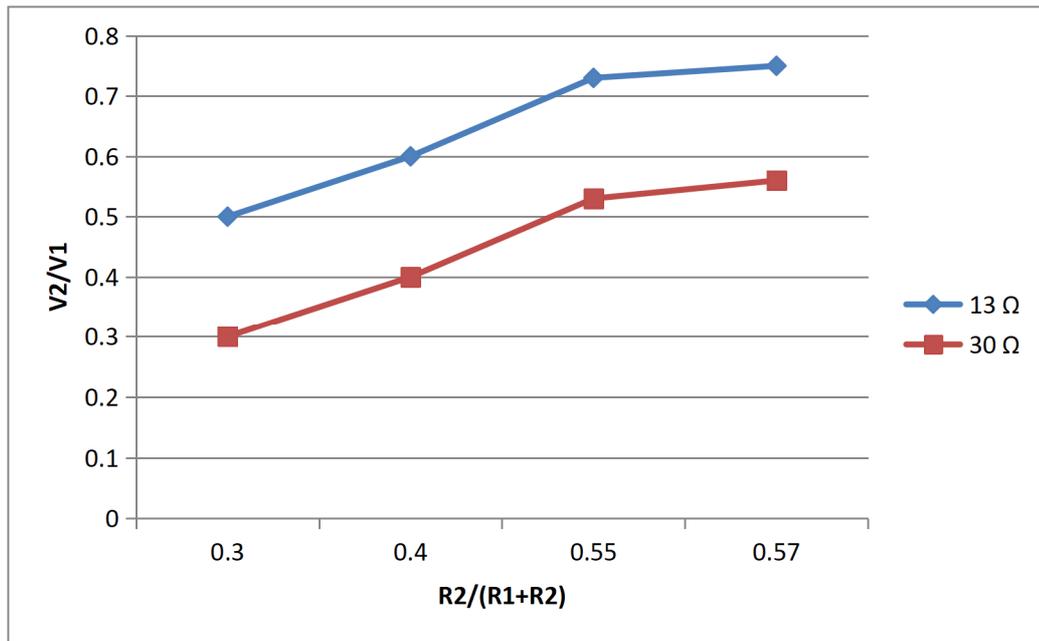


Gambar 4.5 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana ($\frac{V_2}{V_1}$ sebagai fungsi dari

$$\left(\frac{R_2}{R_1+R_2} \right)$$

Berdasarkan grafik di atas di simpulkan bahwa pada (R1= 13 Ohm, dan R1= 30 Ohm) tegangan pada V2 akan semakin besar seiringan dengan semakin besarnya nilai resistansi pada R2.

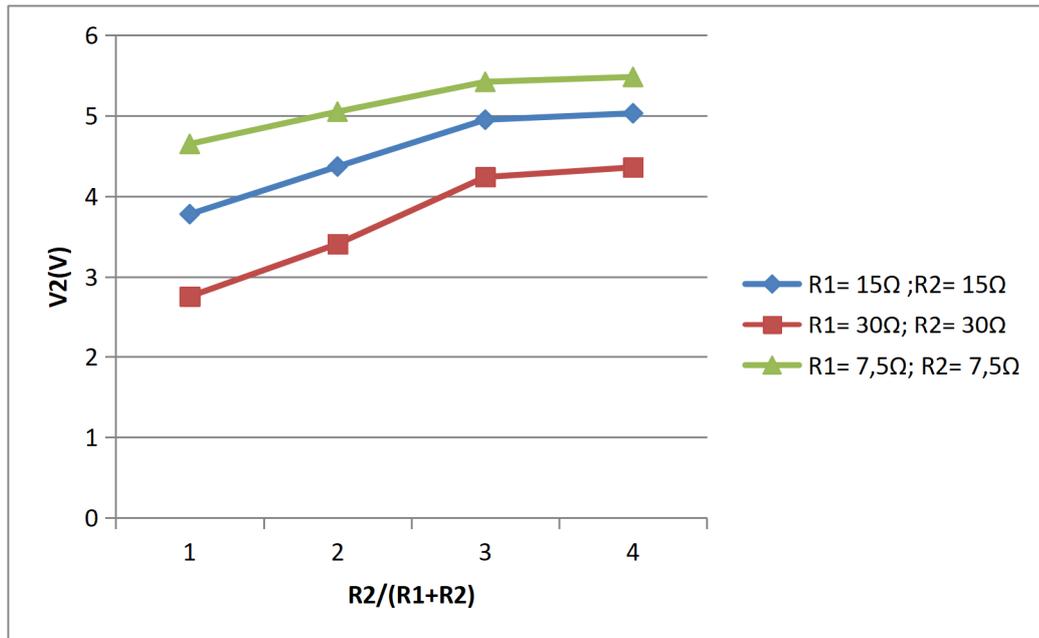
Berdasarkan tabel 4.7 maka, gambar grafik V_2/V_1 sebagai fungsi dari $\frac{R_2}{R_1+R_2}$ sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana (V_2/V_1 sebagai fungsi dari $\frac{R_2}{R_1+R_2}$)

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai resistansi pada R_2/R_1+R_2 mempengaruhi kenaikan tegangan pada V_2/V_1 .

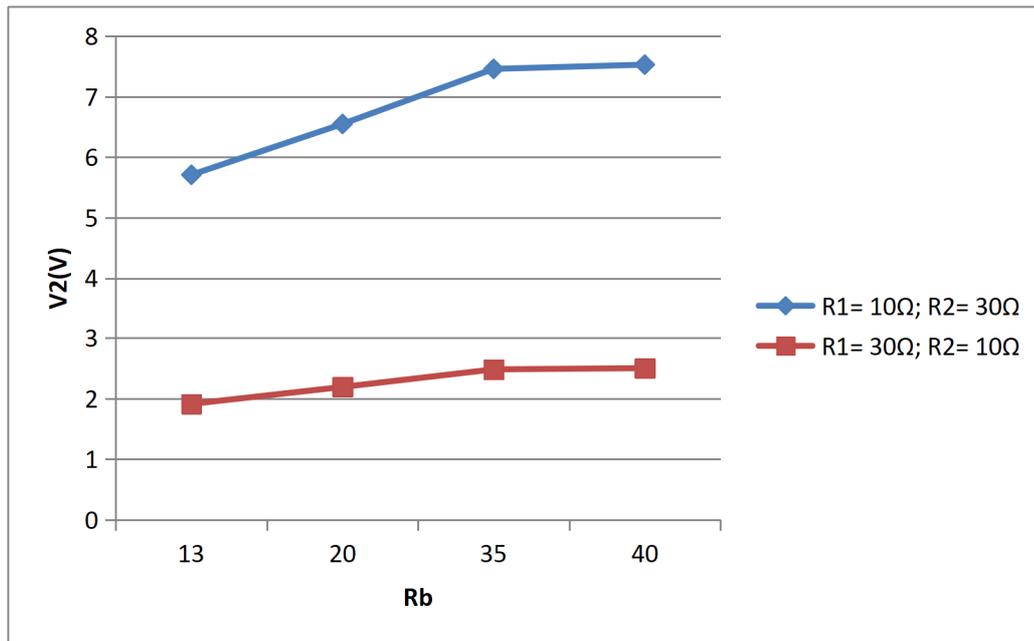
Berdasarkan tabel 4.6 maka, gambar grafik V_2 sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan), sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana V_2 sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)

Berdasarkan grafik di atas dapat di simpulkan bahwa besar tegangan pada setiap nilai resistansi R_1 , di pengaruhi oleh besarnya nilai resistansi R_2 . Semakin besar nilai pada resistansi R_2 maka semakin besar pula tegangan pada V_2 .

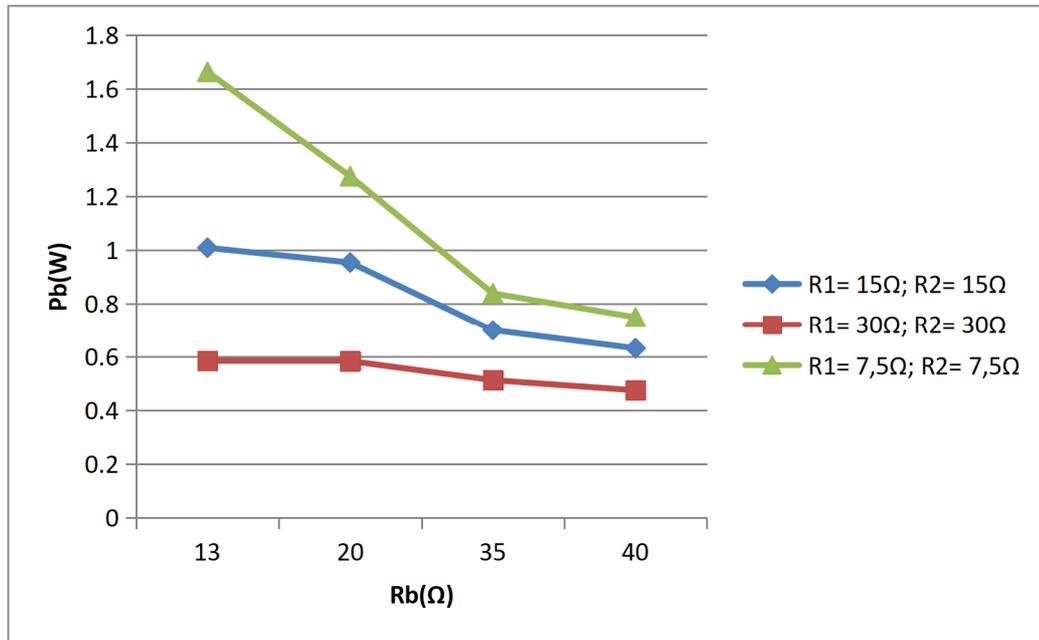
Berdasarkan tabel 4.7 maka, gambar grafik V_2 sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_1 R_2/(R_1 + R_2)$) konstan sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana V_2 sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_1 R_2/(R_1 + R_2)$) konstan

Berdasarkan grafik di atas maka dapat di simpulkan bahwa pada nilai V_2 pada ($R_1= 30 \text{ Ohm} ; R_2= 10 \text{ Ohm}$) mengalami kenaikan yang tidak signifikan pada setiap nilai R_b yang di berikan, sedangkan nilai V_2 pada ($R_1 = 10 \text{ Ohm} ; R_2= 30 \text{ Ohm}$) mengalami kenaikan yang signifikan pada setiap nilai R_b yang di berikan kecuali pada nilai R_b 40 Ohm.

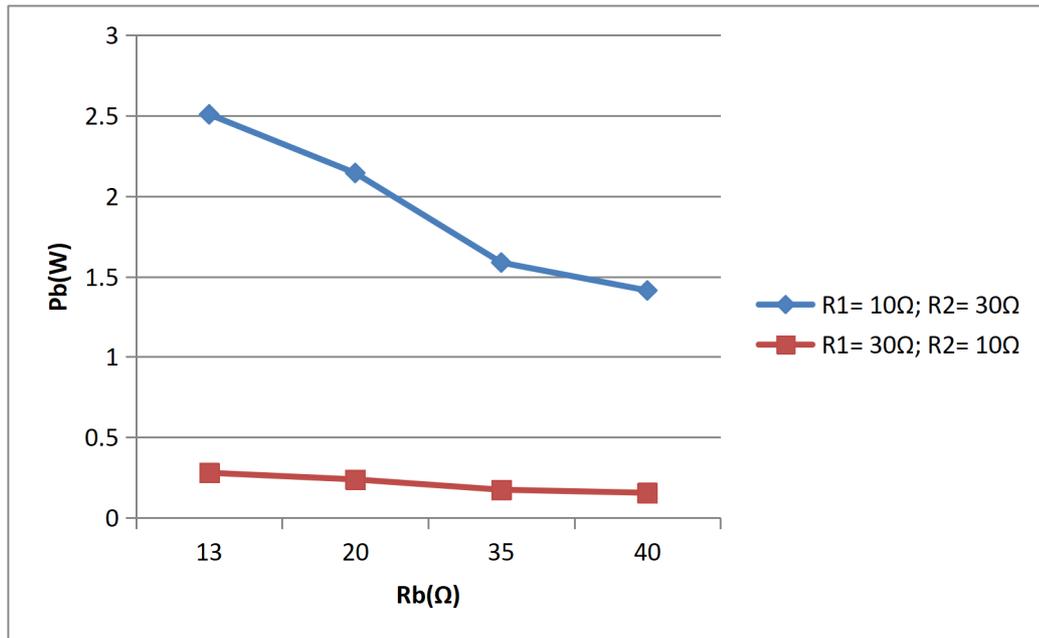
Berdasarkan tabel 4.13 maka, gambar grafik P_b sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan) sebagai berikut:



Gambar 4.9 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana P_b sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa pada setiap resistansi yang digunakan bahwa semakin besar nilai pada R_b maka semakin kecil daya yang di dapatkan.

Berdasarkan tabel 4.14 maka, gambar grafik P_b sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_1R_2/(R_1 + R_2)$ konstan) sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik Hukum Pembagi Tegangan dimana P_b sebagai fungsi dari R_b dalam keadaan berbeban (V_1 dan $R_1R_2/(R_1 + R_2)$ konstan)

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa pada nilai resistansi ($R_1=30 \text{ Ohm}$; $R_2= 10 \text{ Ohm}$) daya yang digunakan sangat kecil dan semakin menurun seiringan dengan semakin besarnya nilai R_b , daya yang di dapatkan. Pada ($R_1=10 \text{ Ohm}$; $R_2= 30 \text{ Ohm}$) daya yang digunakan cukup besar dan semakin menurun seiringan dengan semakin besarnya nilai R_b yang digunakan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil rancangan modul praktikum pengukuran listrik di peroleh 1 buah modul untuk melakukan 3 percobaan pada praktikum pengukuran listrik di antaranya Percobaan Hukum Ohm, Percobaan Hukum Kirchoff, dan Percobaan Hukum Pembagi Tegangan.
2. Berdasarkan hasil dari pengambilan data dan hasil analisa, maka dapat di simpulkan bahwa Modul tersebut dapat digunakan sebagai alat praktikum pengukuran listrik khususnya pada Percobaan ukum Ohm, Percobaan Hukum Kirchoff, dan Percobaan Hukum Pembagi tegangan.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penyempurnaan modul praktikum pengukuran listrik ini sebagai berikut :

1. Modul praktikum ini hanya bisa digunakan untuk percobaan hukum ohm, percobaan hukum kirchoff, dan percobaan hukum pembagi tegangan, maka dari hal tersebut perlu pengembangan alat agar dapat digunakan pada percobaan-percobaan yang lain.
2. Perlu pengembangan tampilan modul agar lebih praktis dan mudah digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Adistiana, Karina Dwi;. (2018). Penjelasan Lengkap Hukum I dan II Kirchoff.

Anggara Nugrah Pradana. (2017). Pembuatan Modul Teknik Listrik Sub Bahasan Hukum Ohm dan Hukum Kirchoff Dengan Bantuan Program Livewire dan Implementasinya di SMK Panca Bhakti Banjarnegara.

Ardutech. (2019, September). Rangkaian Pembagi Tegangan.

Daryanto. (2013). Menyusun Modul Bahan Ajar Untuk Persiapan Guru Dalam Mengajar. *Gava media*.

Fuada, Syifaul;. (2022). Analisis Rangkaian Pembagi Tegangan dan Perbandingan Hasil Simulasinya Menggunakan Simulator Offline.

Jobsheet Pengukuran Listrik : Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T.,M.Eng.Sc.,Ph.D.,
Ir. Lewi, M.T.. Ir. Remigius. T, MEngSc.

M.Ishaq. (2002). Listrik Dinamik 1: Hukum Ohm, Rangkaian Hambatan & Hukum Kirchoff.

Martias. (2017). Penerapan dan Penggunaan Alat Ukur Multimeter Pada Pengukuran Komponen Elektronika.

Puriyanto, Riki Dwi; Rosyady, Phisca Aditya;. (2021). *Pengukuran Besaran Listrik*. (B. Ashari, Ed.) Yogyakarta.

Suprianto. (2015). Rheostat.

Widodo, Mh Sapto;. (2013). Dasar Dan Pengukuran Listrik.

LAMPIRAN

Tabel L1 Tabel Hasil Analisa Hukum Ohm Percobaan Tahanan Tinggi AC

NO	Volt (V)	R = 17 Ω		R = 20 Ω		R = 23 Ω	
		I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)
1	5	0,28	0,29	0,26	0,25	0,21	0,21
2	10	0,58	0,58	0,5	0,5	0,43	0,43
3	15	0,89	0,88	0,78	0,75	0,68	0,65
4	20	1,19	1,17	1	1	0,89	0,86
5	25	1,47	1,47	1,27	1,25	1,09	1,08

Tabel L2 Tabel Hasil Analisa Hukum Ohm Percobaan Tahanan Rendah AC

NO	Volt (V)	R = 17 Ω		R = 20 Ω		R = 23 Ω	
		I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)	I (Perc)	I (Analisa)
1	5	0,29	0,29	0,27	0,25	0,22	0,21
2	10	0,60	0,58	0,52	0,5	0,42	0,43
3	15	0,70	0,88	0,79	0,75	0,67	0,65
4	20	1,18	1,17	1	1	0,70	0,86
5	25	1,48	1,47	1,26	1,25	1,08	1,08

Tabel L3 Tabel Hasil Analisa Hukum Kirchoff 1 AC

NO	V_S	$R_1 = 20\Omega$		$R_2 = 25\Omega$		$R_3 = 30\Omega$	
		I_1 (A)	I_1 (A)	I_2 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)	I_3 (A)
		Percobaan	Analisa	Percobaan	Analisa	Percobaan	Analisa
1	5	0,07	0,06	0,07	0,06	0,13	0,12
2	10	0,14	0,13	0,13	0,11	0,24	0,24
3	15	0,23	0,19	0,16	0,17	0,49	0,36
4	20	0,30	0,26	0,24	0,22	0,54	0,48
5	25	0,36	0,33	0,30	0,27	0,67	0,60

Tabel L4 Tabel Hasil Analisa Hukum Kirchoff 2 AC

NO	V_S (V)	I (A)	VR_1 (V)		VR_2 (V)		VR_3 (V)	
			Perc	Analisa	Perc	Analisa	Perc	Analisa
1	5	0,05	1	1	1,6	1,5	2	2
2	10	0,10	2	2	3	3	4	4
3	15	0,15	3	3	5	4,5	6,6	6
4	20	0,21	4	4	7	6	9	8
5	25	0,25	5,6	5	9	7,5	11	10



Gambar L5 Proses Pemotongan Besi Hollow



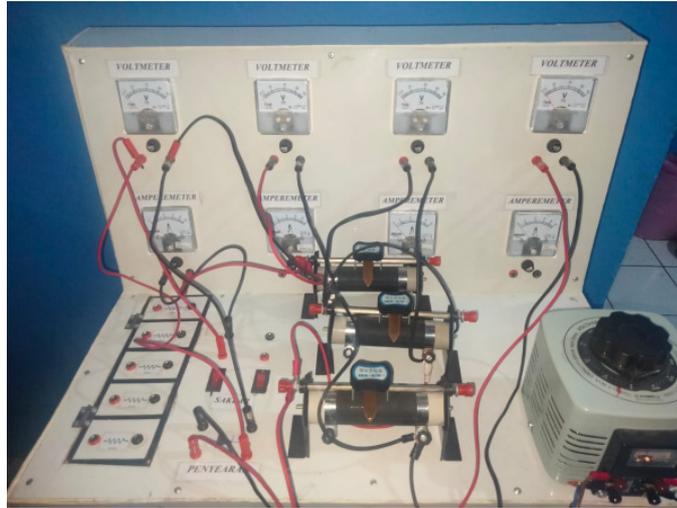
Gambar L6 Proses Penyambungan Besi Menggunakan Las Listrik



Gambar L7 Proses Pengujian Modul Praktikum Pengukuran Listrik



Gambar L8 Rangkaian Hukum Ohm



Gambar L9 Rangkaian Hukum Kirchoff

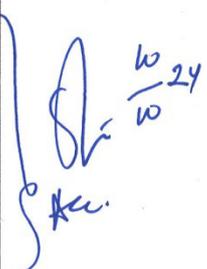


Gambar L10 Rangkaian Hukum Pembagi Tegangan

**LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN
UJIAN SIDANG LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama : Arjuna Reksady Yuga Kadenganan/Muh. Ahsa Nur Rijal
NIM : 34221055/34221060

Catatan/Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Musrady Mulyadi, S.T., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> - Gambar 3.9. - Spesifikasi Alat yg digunakan - Deskripsi Grafik / pendataan grafik. - Perbaiki saran terkait pengembangan 4/ ribot berikutnya, bukan kurvegen dan prosuk - Lampiran terakhir 	
2.	Sekema Abadi, S.T., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> - Spesifikasi Alat yg digunakan - Dokumentasi pensearch - Gambar 4.3 di perbaiki detailnya - Prosedur percobaan lebih rinci terkait penggunaan alat sumber AC & DC - perbaiki saran - Lampiran 1. 	
3.	Sri Suwanti, S.T., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> - alat harus di simpan di Lab. ✓ - absheet. ✓ - isi alat yg di sertikan / tim pengisi ✓ - format & font penulisan ✓ - hal. 21 langsung gambar alat beserta fungsinya. ✓ - hal. 43 background yg rapi, ✓ 	

Makassar, 02 Oktober 2024
Ketua Ujian Sidang,



Sri Suwanti, S.T., M.T.
~~Souong, S.T., M.T.~~
NIP 196212021992031002