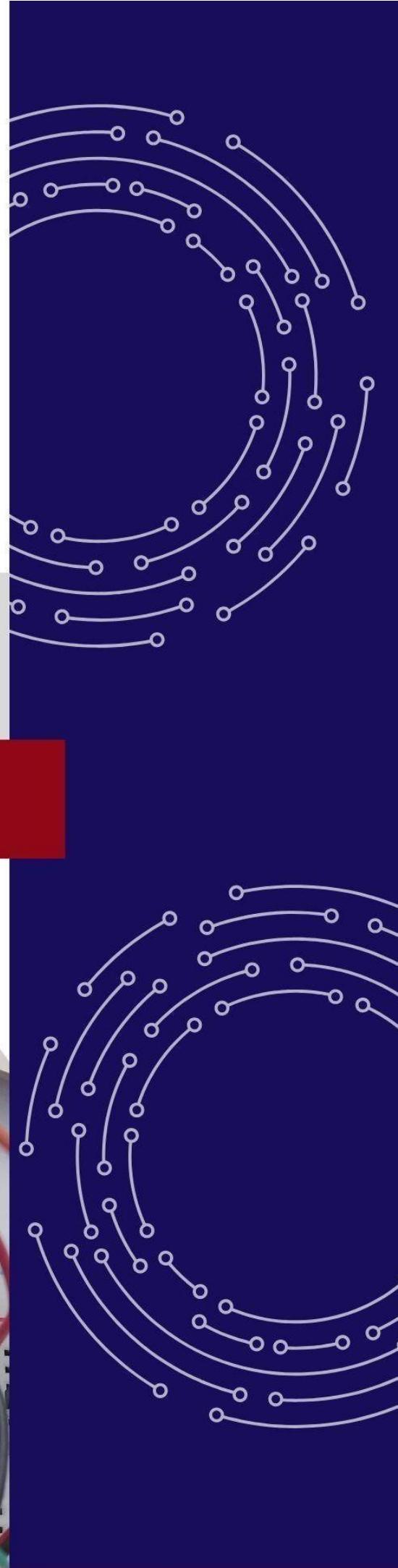
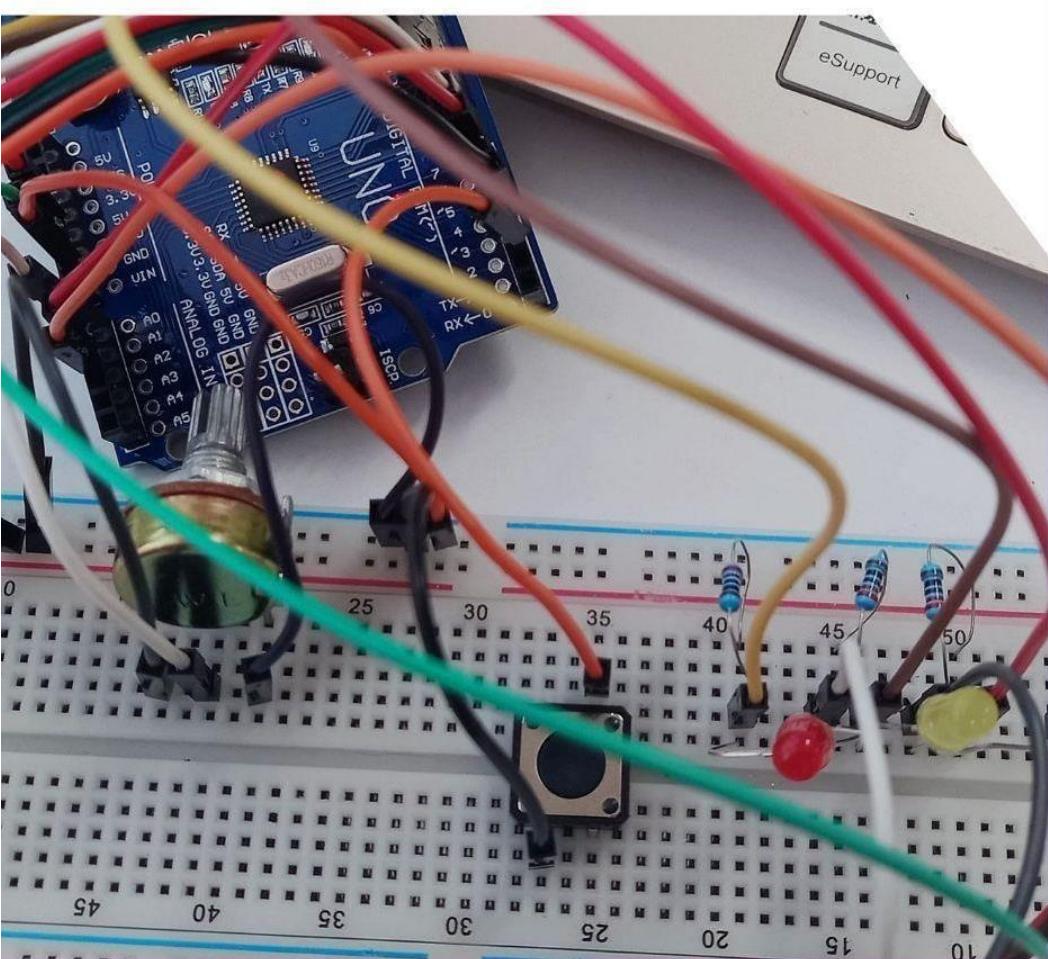


# MODUL PRAKTIKUM RANGKAIAN LISTRIK 2025

LABORATORIUM RANGKAIAN LISTRIK  
KELOMPOK KEAHLIAN SISTEM ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS TELKOM

HANYA DIGUNAKAN UNTUK  
TEKNIK ELEKTRO



## **TIM PENYUSUN MODUL PRAKTIKUM RANGKAIAN LISTRIK**

Kepala laboratorium	:	Dr. Rahmat Awaludin Salam
Pembina laboratorium	:	Mohamad Ramdhani, S.T., M.T.
Koordinator Asisten	:	Alfian Ramadhan Munthe
Wakil Koordinator Asisten	:	Daniel Parulian
Sekretaris	:	Mardianah Tanza
Sekretaris	:	Virgin Virana Paradise
Bendahara	:	Hilaliyah Ayu Faoziyah
Bendahara	:	Mahdiya Huda
Kordiv Praktikum	:	Dinda Amalia Lestari
Divisi Praktikum	:	Rheira Nisrina Abiyah
Divisi Praktikum	:	Najwa Syafira Firdaus
Divisi Praktikum	:	Rayhan Imannasywan Akbar
Divisi Praktikum	:	Kaysa Adara Karim
Divisi Praktikum	:	Liony Syafitri
Divisi Praktikum	:	Sebastian Cahyaputra
Divisi Praktikum	:	Haifa Mohammad Adam
Divisi Praktikum	:	Zaed Al Musthofa
Kordiv <i>Hardware</i>	:	Raadhii Tsaqib Rabbani
Divisi <i>Hardware</i>	:	Ahzami Muhammad Averous
Divisi <i>Hardware</i>	:	Iki Tayubi
Divisi <i>Hardware</i>	:	Keisha Mesmeralda Louis Silalahi
Divisi <i>Hardware</i>	:	Devin Marva Kusuma
Divisi <i>Hardware</i>	:	Daffa Aryaputra
Divisi <i>Hardware</i>	:	Haniyah Melati Utomo
Divisi <i>Hardware</i>	:	Muhammad Raffi Ibrahim
Divisi <i>Hardware</i>	:	Badar Zaki Baradja
Divisi <i>Hardware</i>	:	Rakha Tantra
Divisi <i>Hardware</i>	:	Arria Brata Sena Majid Budiyanto
Kordiv Admin	:	Ramzy Fawwaz
Divisi Admin	:	Mutia Azzahra Rahmadhani
Divisi Admin	:	Raissa Sadina Rendra
Divisi Admin	:	Myanda Piyay Nabila Putri
Divisi Admin	:	Muhammad Nur Hidayatullah
Divisi Admin	:	Nabilatul Inayah
Divisi Admin	:	Muhamad Naufal Jauhar Amjad
Kordiv <i>Research and Development</i>	:	Tasha Arafina Airyn
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Nisrina Putri Nadhira
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Abdurrasyid Ridho
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Patar Idaon Situmorang
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Mutia Maulida
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Indah Natalia Nadeak
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Zahra Ramadhina
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Najwa Bilqis Al Khalidah
Divisi <i>Research and Development</i>	:	Agastya Pristyanto

## ASISTEN PRAKTIKUM LAB. RANGKAIAN LISTRIK 2025/2026

*Tabel 0.1 Asisten Praktikum Lab. RL 2025/2026*

No	NIM	Nama Asisten	Jabatan
1	1102223011	Alfian Ramadhan Munthe	Koordinator Asisten
2	1102220192	Daniel Parulian	Wakil Koordinator Asisten
3	1105223086	Mardianah Tanza	Sekretaris
4	101022300077	Virgin Virana Paradise	Sekretaris
5	1102223025	Hilaliyah Ayu Faoziyah	Bendahara
6	101022330330	Mahdiya Huda	Bendahara
7	1101223188	Dinda Amalia Lestari	Kordiv Praktikum
8	1101223224	Rheira Nisrina Abiyah	Divisi Praktikum
9	1103223110	Najwa Syafira Firdaus	Divisi Praktikum
10	1105220107	Rayhan Imannasywan Akbar	Divisi Praktikum
11	101012330358	Kaysa Adara Karim	Divisi Praktikum
12	101012330035	Liony Syafitri	Divisi Praktikum
13	101022300014	Sebastian Cahyaputra	Divisi Praktikum
14	101012330060	Haifa Mohammad Adam	Divisi Praktikum
15	101022300219	Zaed Al Musthofa	Divisi Praktikum
16	1105220081	Raadhii Tsaqib Rabbani	Kordiv Hardware
17	1102223060	Ahzami Muhammad Averous	Divisi Hardware
18	1102223031	Iki Tayubi	Divisi Hardware
19	1102223081	Keisha Mesmeralda Louis Silalahi	Divisi Hardware
20	1102220124	Devin Marva Kusuma	Divisi Hardware
21	101022330009	Daffa Aryaputra	Divisi Hardware
22	101022300286	Haniyah Melati Utomo	Divisi Hardware
23	101032300020	Muhammad Raffi Ibrahim	Divisi Hardware
24	101012300080	Badar Zaki Baradja	Divisi Hardware
25	101022330198	Rakha Tantra	Divisi Hardware
26	101022300209	Arria Brata Sena Majid Budiyanto	Divisi Hardware
27	1102223113	Ramzy Fawwaz	Kordiv Admin
28	1101223137	Mutia Azzahra Rahmadhani	Divisi Admin
29	101022340183	Raissa Sadina Rendra	Divisi Admin
30	101052300045	Myanda Piyay Nabila Putri	Divisi Admin
31	101012300360	Muhammad Nur Hidayatullah	Divisi Admin
32	101022300231	Nabilatul Inayah	Divisi Admin
33	101022330222	Muhamad Naufal Jauhar Amjad	Divisi Admin
34	1102223008	Tasha Arafina Airyn	Kordiv Research and Development
35	1101220081	Nisrina Putri Nadhira	Divisi Research and Development
36	1103223041	Abdurrasyid Ridho	Divisi Research and Development
37	101012300016	Patar Idaon Situmorang	Divisi Research and Development
38	101022330063	Mutia Maulida	Divisi Research and Development
39	101022300167	Indah Natalia Nadeak	Divisi Research and Development
40	101052300086	Zahra Ramadhina	Divisi Research and Development
41	101032300186	Najwa Bilqis Al Khalidah	Divisi Research and Development
42	101022300229	Agastya Pristyanto	Divisi Research and Development

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Yang Maha Pengasih, dan Penyayang, karena berkat karunia dan hidayah-Nya Modul Praktikum Rangkaian Listrik dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusinya, sehingga Modul Praktikum Rangkaian Listrik dapat diterbitkan.

Kritik dan saran sangat kami harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Selamat membaca dan melaksanakan praktikum.

Bandung, 5 Agustus 2025

Tim Penyusun

---

## LEMBAR REVISI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Rahmat Awaludin Salam

NIP 14890058

Jabatan : Kepala Laboratorium Rangkaian Listrik

Dengan ini menyatakan pelaksanaan Revisi Modul Praktikum Rangkaian Listrik untuk prodi S1 Teknik Elektro, telah dilaksanakan dengan penjelasan sebagai berikut:

NO	Modul	Keterangan Revisi	Tanggal Revisi Terakhir
1		Penyesuaian <i>template</i> modul	5 Agustus 2025

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Rahmat Awaludin Salam

NIP 14890058

Jabatan : Kepala Laboratorium Rangkaian Listrik

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa modul praktikum ini telah di-review dan akan digunakan untuk pelaksanaan praktikum di Semester Ganjil Tahun Akademik 2025/2026 di Laboratorium Rangkaian Listrik Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom.

Bandung, 5 Agustus 2025

Menyetujui,

Kepala Laboratorium  
Rangkaian Listrik

Mengetahui,

Koordinator Asisten Laboratorium  
Rangkaian Listrik



Dr. Rahmat Awaludin Salam

NIP 14890058

Alfian Ramadhan Munthe

NIM 1102223011

## **VISI DAN MISI FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO**

### **VISI:**

Menjadi fakultas berstandar internasional yang berperan aktif dalam pengembangan pendidikan, riset, dan *entrepreneurship* di bidang teknik elektro dan teknik fisika, berbasis teknologi informasi.

### **MISI:**

1. Menyelenggarakan sistem pendidikan yang berstandar internasional di bidang Teknik elektro dan teknik fisika berbasis teknologi informasi.
2. Menyelenggarakan, menyebarluaskan, dan memanfaatkan hasil-hasil riset berstandar internasional di bidang teknik elektro dan fisika.
3. Menyelenggarakan program *entrepreneurship* berbasis teknologi bidang teknik elektro dan teknik fisika di kalangan sivitas akademika untuk mendukung Pembangunan ekonomi nasional.
4. Mengembangkan jejaring dengan perguruan tinggi dan industri terkemuka dalam dan luar negeri dalam rangka kerjasama pendidikan, riset, dan *entrepreneurship*.
5. Mengembangkan sumberdaya untuk mencapai keunggulan dalam pendidikan, riset, dan *entrepreneurship*

# **ATURAN PELAKSANAAN KEGIATAN PRAKTIKUM SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2025/2026 FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO**

Menindak lanjuti Surat Edaran Nomor: 358/AKD6/AKD-BAA/2022 tentang Pelaksanaan Model Perkuliahan. Berikut disampaikan Aturan Pelaksanaan Kegiatan Praktikum Semester Genap Tahun Akademik 2025/2026.

## **A. Syarat Mengikuti Praktikum**

Syarat mahasiswa yang mengikuti praktikum terdiri dari:

1. Mahasiswa dapat mengikuti praktikum jika mengambil SKS mata kuliah praktikum dan telah atau sedang mengambil SKS mata kuliah yang terkait
2. Mahasiswa yang tetap mengambil SKS mata kuliah praktikum tanpa memenuhi syarat poin 1 maka nilai praktikum tidak berlaku dan tidak dapat ditabung
3. Bagi mahasiswa yang tidak lulus pada mata kuliah praktikum tertentu, tidak diwajibkan mengambil keseluruhan mata praktikum, mahasiswa dapat mengulang hanya pada mata praktikum yang dinyatakan tidak lulus

## **B. Aturan Pelaksanaan Praktikum untuk Asisten Laboratorium**

Setiap asisten laboratorium yang menjalankan praktikum wajib mematuhi aturan sebagai berikut:

1. Asisten laboratorium wajib menggunakan **seragam resmi** Telkom University dan Membawa Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) yang masih berlaku
2. Seluruh asisten laboratorium yang **berambut panjang** wajib mengikat rambutnya
3. Asisten laboratorium dilarang **makan minum** di dalam ruangan selama praktikum
4. Asisten laboratorium yang tidak melaksanakan asistensi praktikum sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan dengan alasan apapun, maka diharuskan melapor ke OA Line seelabs

### **C. Aturan Pelaksanaan Praktikum untuk Praktikan**

Setiap praktikan yang mengikuti praktikum wajib mematuhi aturan sebagai berikut:

1. Semua Praktikan **WAJIB** menggunakan seragam resmi Telkom University.
2. Untuk keselamatan selama praktikum, rambut harus rapi dan praktikan berambut panjang wajib mengikat rambutnya
3. Praktikum dilaksanakan selama 2,5 jam sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan
4. Praktikan harus hadir 10 menit sebelum pelaksanaan praktikum dimulai
5. Keterlambatan praktikan di atas 20 menit, akan menyebabkan praktikan tidak diperbolehkan mengikuti kegiatan praktikum pada modul yang tengah dilaksanakan
6. Praktikan dapat melaksanakan praktikum setelah mendapatkan instruksi dari Asisten Praktikum
7. Selama praktikum berlangsung, Praktikan dilarang:
  - Makan, minum dan merokok
  - Membuat kegaduhan di dalam ruangan
  - Mengubah konfigurasi *software* atau *hardware*
  - Meninggalkan ruangan tanpa seizin Asisten Praktikum
  - Menggunakan *smart phone* tanpa seizin Asisten Praktikum
  - Segala tindakan yang tidak pantas dilakukan selama praktikum berlangsung
8. Melaksanakan “**aturan khusus**” alur pelaksanaan kegiatan praktikum sesuai dengan prosedur yang sudah diitetapkan oleh masing-masing laboratorium
9. Praktikan yang tidak praktikum karena alasan sakit, insiden atau kecelakaan, ibadah atau kegiatan kampus yang telah diizinkan Bagian Kemahasiswaan pusat (BK) harus melaporkan ke OA line seelabs maksimal tiga hari setelah ketidakhadiran, atau tiga hari sebelumnya.
10. Apabila Praktikan melanggar aturan 1 sampai dengan 9 di atas, maka Praktikan akan dikenakan sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku

### **D. Sistem Penilaian Praktikum**

1. Satu mata kuliah praktikum di Fakultas Teknik Elektro terdiri dari 12 modul praktikum dengan persentase penilaian sesuai dengan jumlah modul dari setiap mata praktikum yang diberikan

2. Secara khusus sistem penilaian praktikum bagi mahasiswa yang mengambil mata kuliah praktikum di Fakultas Teknik Elektro mengikuti aturan sebagai berikut:

**a). Kondisi Pertama**

Mata kuliah praktikum terdiri dari:

- a. 1 mata praktikum, berjumlah 12 modul praktikum
  - b. 2 mata praktikum, masing-masing 6 modul praktikum
  - c. 3 mata praktikum, masing-masing 4 modul praktikum
- Mahasiswa diberikan toleransi tidak mengikuti Praktikum, ***hanya 1 (satu) kali pertemuan untuk setiap mata praktikum.***
  - Jika ketidakhadiran melebihi dari ketentuan poin di atas maka nilai mata kuliah praktikum tersebut bernilai E

**b). Kondisi Kedua**

Mata kuliah praktikum terdiri dari 4 mata praktikum, masing-masing 3 modul praktikum

- Mahasiswa diwajibkan mengikuti seluruh pertemuan praktikum
- Jika tidak mengikuti ketentuan di atas maka nilai mata kuliah praktikum tersebut bernilai E

- 3. Komplain nilai pada modul tertentu hanya di akomodir di pekan modul terkait dan maksimal di pekan ke-16 perkuliahan
- 4. Bagi mahasiswa yang mengulang praktikum, wajib melakukan konfirmasi nilai mata praktikum yang telah lulus di tahun sebelumnya kepada laboran pada masa validasi nilai.

Bandung, Agustus 2025  
**Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Elektro,**

**Dr. Mamat Rokhmat, S.Si., M.T.**

## **ATURAN PERIZINAN PRAKTIKUM SUSULAN SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2025/2026 FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO**

- A. Mahasiswa yang mengikuti praktikum (praktikan) di Fakultas Teknik Elektro wajib mengikuti aturan Fakultas Teknik Elektro dan masing-masing laboratorium terkait serta patuh terhadap sanksi yang telah ditetapkan
- B. Syarat pengajuan izin praktikum susulan hanya berlaku bagi yang memenuhi kriteria sebagai berikut:
  1. Sakit
    - a. Dirawat Inap
      - Praktikan wajib melampirkan surat keterangan rawat inap dari rumah sakit/puskesmas/instansi terkait
      - Praktikan wajib memproses pengajuan praktikum susulan maksimal tujuh hari setelah massa rawat inap selesai
    - b. Penyakit Kronis
      - Praktikan wajib melampirkan surat sakit dari rumah sakit/puskesmas/instansi terkait dan memberikan bukti rekam medis yang menunjukkan penyakit telah diderita dalam kurun waktu yang lama
    - c. Rawat Jalan
      - Praktikan yang berada di wilayah Bandung dan Sekitarnya wajib melampirkan surat keterangan dari dokter "**Telkomedika Kampus**" yang menyatakan sakit dan membutuhkan istirahat
      - Praktikan yang berada di luar wilayah Bandung wajib memberikan surat yang menyatakan sakit dan membutuhkan istirahat dari dokter yang menanganinya, serta *melampirkan bukti photo resep dan administrasinya*
      - Praktikan **tidak diperkenankan** melampirkan surat keterangan sakit dari klinik/dokter **Online**
      - Tanggal di surat sakit **harus sesuai** dengan jadwal praktikum yang tidak

hadir

- Praktikan hanya diberikan kesempatan **satu kali** praktikum susulan

2. Dispensasi Akademik

Praktikan wajib melampirkan salinan bukti approval dispensasi dari i-Gracias yang telah disetujui oleh Badan Kemahasiswaan

3. Musibah

a. Kematian Keluarga Inti

- Praktikan wajib melampirkan surat kematian maksimal tujuh hari setelah berita duka terjadi dan bukti Kartu Keluarga. Keluarga inti terdiri dari orang tua, kakak, dan adik.
- Perizinan susulan diperbolehkan apabila rentang waktu antara kejadian dan jadwal praktikum maksimal  $h+2$  setelah kematian keluarga inti.

b. Kecelakaan

- Praktikan disarankan mendokumentasikan tempat kejadian perkara/bukti kecelakaan lainnya yang berkaitan sebagai bukti pengajuan praktikum susulan.
- Praktikan yang tidak sempat mendokumentasikan tempat kejadian perkara/bukti kecelakaan lainnya wajib membuat surat pernyataan bermaterai disertai keterangan pengesahan dari pihak yang dituakan di sekitar tempat kejadian perkara.

4. Ibadah

Praktikan wajib melampirkan salinan bukti *approval* dispensasi dari i-Gracias yang telah disetujui oleh Badan Kemahasiswaan

C. Alur pengajuan praktikum susulan sebagai berikut:

- a. Praktikan mengajukan praktikum susulan secara online ke OA Line seelabs
- b. Laboran mengecek alasan pengajuan praktikum susulan
- c. Laboran menentukan keputusan pengajuan praktikum susulan disetujui atau ditolak
- d. Hanya praktikan yang telah disetujui laboran yang diizinkan untuk mengikuti

- praktikum susulan
- e. Laboran mencatat data praktikum susulan
  - f. Pengumuman daftar praktikan yang mengikuti praktikum susulan diinfokan melalui OA Line seelabs dan Info Praktikum FTE di Telegram
  - g. Asisten laboratorium terkait menentukan dan menginfokan jadwal praktikum susulan
  - h. Pelaksanaan praktikum susulan
- D. Penentuan keputusan perihal pengajuan praktikum susulan pada poin C oleh Laboran FTE selaku perwakilan dari Fakultas Teknik Elektro bersifat mutlak dan tidak dapat diganggu gugat.

Bandung, Agustus 2025

**Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Elektro,**

**Dr. Mamat Rokhmat, S.Si., M.T.**

# ATURAN LABORATORIUM RANGKAIAN LISTRIK

## Tujuan

Setelah membaca Aturan Laboratorium Rangkaian Listrik, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Memahami peraturan kegiatan praktikum.
2. Memahami Hak dan Kewajiban praktikan dalam kegiatan praktikum.
3. Memahami komponen penilaian kegiatan praktikum.

## Peraturan Praktikum Offline

1. Praktikum di bawah bimbingan **Dosen Mata Kuliah Praktikum** dan dibantu oleh **Asisten Laboratorium dan Asisten Praktikum Rangkaian Listrik**.
2. Praktikum dilaksanakan di Laboratorium Rangkaian Listrik sesuai jadwal yang ditentukan.
3. Praktikan wajib membawa **modul praktikum, kartu praktikum, dan alat tulis**.
4. Praktikan wajib mengisi **daftar hadir** dan **BAP (Berita Acara Pemeriksaan) praktikum**.
5. Durasi kegiatan praktikum = **2,5 jam (120 menit)**.
  - a. 15 menit untuk pengerjaan Tes Awal
  - b. 105 menit untuk pelaksanaan praktikum dilanjutkan dengan pengerjaan jurnal
6. Praktikan **diperbolehkan tidak hadir maksimal 1 kali** dari seluruh pertemuan praktikum di lab. Jika total kehadiran kurang dari 75% maka nilai Praktikum Rangkaian Listrik = 0.
7. Praktikan yang datang terlambat:
  - ≤ 10 menit : diperbolehkan mengikuti praktikum, tetapi tidak ada tambahan waktu pengerjaan Tugas Awal.
  - 10 – 20 menit : diperbolehkan mengikuti praktikum dengan nilai TA=0
  - 20 menit : tidak diperbolehkan mengikuti praktikum.
8. Saat praktikum berlangsung, asisten praktikum dan praktikan:
  - Wajib menggunakan **seragam** sesuai aturan Institusi dan **tidak memakai celana jeans**.

- Untuk **praktikan rambut harus rapi** (tidak gondrong untuk mahasiswa dan rambut diikat ke belakang bagi mahasiswa).
  - Wajib mematikan atau men-silent semua alat komunikasi (*smartphone*, tab, iPad, dsb).
  - Dilarang **membuka aplikasi yang tidak berhubungan** dengan praktikum.
  - Dilarang **mengubah setting software maupun hardware** komputer tanpa ijin.
  - Dilarang **membawa makanan maupun minuman** ke ruang praktikum.
  - Dilarang **memberikan jawaban ke praktikan lain** (*pre-test*, TP, jurnal, dan *post-test*).
  - Dilarang **menyebarluaskan soal** *pre-test*, jurnal, dan *post-test*.
  - Dilarang **membuang sampah/sesuatu apapun** di ruangan praktikum.
9. Setiap praktikan dapat mengikuti praktikum susulan maksimal 1 modul untuk satu praktikum.
- a. Praktikan yang dapat mengikuti praktikum susulan hanyalah praktikan yang memenuhi syarat sesuai ketentuan Institusi, yaitu rawat inap di Rumah Sakit (menunjukkan bukti rawat inap dan resep obat dari RS), tugas dari Institusi (menunjukkan surat dinas dari Institusi), atau mendapat musibah (menunjukkan surat keterangan dari orang tua/ wali mahasiswa).
  - b. Persyaratan untuk praktikum susulan diserahkan sesegera mungkin ke Laboran Fakultas Teknik Elektro untuk keperluan administrasi.
10. Pelanggaran terhadap peraturan praktikum ini akan ditindak secara tegas secara berjenjang di lingkup Kelas, Laboratorium, Program Studi, Fakultas, hingga Institusi.
11. Untuk praktikan yang tidak mengikuti praktikum dengan alasan tertentu, dapat mengikuti praktikum susulan jika mendapat persetujuan dari Laboran.

### **Penilaian Praktikum**

1. Satu mata kuliah praktikum di Fakultas Teknik Elektro terdiri dari 12 modul praktikum dengan persentase penilaian sesuai dengan jumlah modul dari setiap mata praktikum yang diberikan.
2. Secara khusus sistem penilaian praktikum bagi mahasiswa yang mengambil mata

kuliah praktikum di Fakultas Teknik Elektro mengikuti aturan sebagai berikut:

**a). Kondisi Pertama**

Mata kuliah praktikum terdiri dari:

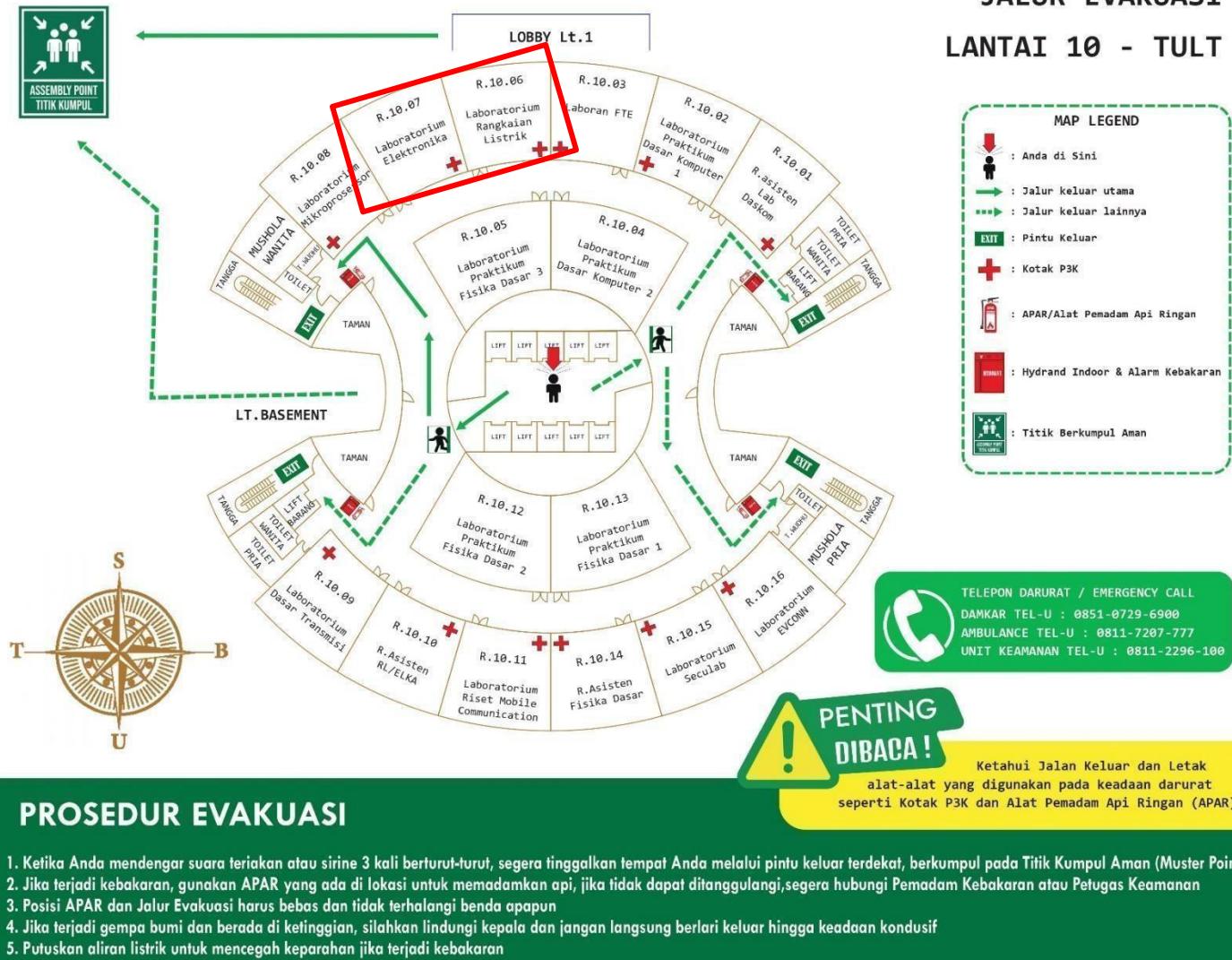
- a. 1 mata praktikum, berjumlah 12 modul praktikum
  - b. 2 mata praktikum, masing-masing 6 modul praktikum
  - c. 3 mata praktikum, masing-masing 4 modul praktikum
- Mahasiswa diberikan toleransi tidak mengikuti Praktikum, hanya 1 (satu) kali pertemuan dari keseluruhan praktikum
  - Jika ketidakhadiran melebihi dari ketentuan poin di atas maka nilai mata kuliah praktikum tersebut bernilai E

**b). Kondisi Kedua**

Mata kuliah praktikum terdiri dari 4 mata praktikum, masing-masing 3 modul praktikum

- Mahasiswa diwajibkan mengikuti seluruh pertemuan Praktikum
- Jika tidak mengikuti ketentuan di atas maka nilai mata kuliah praktikum tersebut bernilai E

## DENAH LOKASI LABORATORIUM RANGKAIAN LISTRIK



# **PANDUAN UMUM KESELAMATAN DAN PENGGUNAAN PERALATAN LABORATORIUM**

## **Bahaya Listrik**

### **1. Pengenalan dan Pengawasan Sumber Listrik**

- Sebelum memulai praktikum, praktikan harus mengenali lokasi *stop-kontak* dan circuit breaker di laboratorium. Ini penting agar praktikan tahu di mana sumber listrik berada dan bagaimana cara mengoperasikan atau mematikannya jika diperlukan.
- Praktikan harus mempelajari cara menyala-matikan sumber listrik dengan benar untuk menghindari risiko kesalahan operasional yang dapat berbahaya.
- Jika ada kerusakan pada instalasi listrik atau peralatan yang berpotensi menimbulkan bahaya, segera laporan kepada asisten. Jangan mencoba memperbaiki sendiri karena dapat meningkatkan risiko kecelakaan.

### **2. Pencegahan Sengatan Listrik**

- Hindari kontak dengan area atau benda yang berpotensi menimbulkan sengatan listrik, seperti kabel yang terkelupas atau peralatan yang rusak.
- Jangan melakukan tindakan yang dapat membahayakan diri sendiri atau orang lain, seperti memegang peralatan listrik dengan tangan basah.
- Pastikan bagian tubuh yang basah, seperti akibat keringat atau sisa air wudhu, kering sebelum menyentuh peralatan listrik.
- Selalu waspada terhadap potensi bahaya listrik dalam setiap aktivitas praktikum. Perhatikan lingkungan sekitar dan pastikan semua alat dalam kondisi baik sebelum digunakan.

### **3. Tindakan Darurat Saat Tersengat Arus Listrik**

- Jangan panik. Panik dapat memperburuk situasi dan membuat tindakan penyelamatan menjadi lebih sulit.
- Segera matikan semua peralatan elektronik dan sumber listrik di sekitar meja yang terkena sengatan untuk mengurangi risiko lebih lanjut.
- Bantu praktikan yang tersengat untuk melepaskan diri dari sumber listrik dengan aman. Gunakan bahan isolator, seperti kayu atau plastik, untuk memutus kontak korban dengan sumber listrik.
- Segera laporan insiden kepada asisten atau orang di sekitar untuk mendapatkan bantuan medis dan tindakan lebih lanjut.

## **Bahaya Api atau Panas Berlebih**

### **1. Pencegahan Kebakaran**

- Jangan membawa benda mudah terbakar (korek api, gas, dll.) ke dalam ruang praktikum kecuali benar-benar diperlukan.
- Hindari tindakan yang dapat menimbulkan api, percikan api, atau panas berlebih, seperti menggunakan alat tanpa pengawasan atau meletakkan benda mudah terbakar dekat peralatan panas.
- Selalu waspada terhadap bahaya kebakaran dalam setiap aktivitas praktikum. Perhatikan tanda-tanda awal adanya potensi kebakaran, seperti bau terbakar atau asap.

### **2. Tindakan Darurat Saat Terjadi Bahaya Api**

- Jangan panik. Tetap tenang dan fokus pada langkah-langkah penyelamatan.
- Segera laporan insiden kepada asisten atau orang di sekitar untuk mendapatkan bantuan.
- Matikan semua peralatan elektronik dan sumber listrik di area praktikum untuk menghindari penyebaran api.

- Evakuasi diri dari ruang praktikum dengan tertib, mengikuti jalur evakuasi yang telah ditentukan. Jangan menggunakan lift dalam keadaan darurat kebakaran.

## **Penggunaan Peralatan Praktikum**

### **1. Petunjuk Penggunaan Alat**

- Sebelum menggunakan alat-alat praktikum, pahami petunjuk penggunaan yang disediakan. Bacalah manual atau instruksi dengan seksama.
- Perhatikan dan patuhi peringatan (*warning*) yang biasanya tertera pada badan alat. Peringatan ini penting untuk menghindari kesalahan penggunaan yang dapat berbahaya.
- Pahami fungsi atau peruntukan alat-alat praktikum dan gunakanlah alat-alat tersebut hanya untuk aktivitas yang sesuai dengan fungsinya. Menggunakan alat di luar fungsinya dapat menyebabkan kerusakan dan bahaya keselamatan.

### **2. Perawatan Alat**

- Pahami rating dan jangkauan kerja alat-alat praktikum dan gunakanlah alat-alat tersebut sesuai dengan spesifikasinya. Menggunakan alat di luar ratingnya dapat menyebabkan kerusakan dan bahaya.
- Pastikan seluruh peralatan praktikum yang digunakan aman dari benda atau logam tajam, api, panas berlebih, atau kondisi lain yang dapat merusak alat.
- Jangan melakukan aktivitas yang dapat menyebabkan kotor, coretan, goresan, atau sejenisnya pada badan alat-alat praktikum.

### **3. Tanggung Jawab Kerusakan**

- Kerusakan alat menjadi tanggung jawab bersama kelompok praktikum yang bersangkutan. Alat yang rusak harus diganti oleh kelompok tersebut.
- Jika terjadi kerusakan, segera laporan kepada asisten dan koordinasikan penggantian alat yang rusak untuk memastikan kelancaran praktikum berikutnya.

## **Langkah Bila Terjadi Gempa**

### **1. Hindari Kepanikan dan Mencoba Tenang**

- Jika terjadi gempa bumi, penting untuk menjaga diri agar tetap tenang. Sikap tenang akan membuat kita bisa berpikir jernih mengenai tindakan apa yang harus dilakukan.

### **2. Gunakan Tangga Darurat**

Jika menggunakan tangga darurat, ada beberapa hal yang perlu teman-teman perhatikan.

- Pertama, berpeganglah pada sisi tangga. Kedua, jangan berlari. Berlari bisa meningkatkan risiko terjatuh saat sedang menuruni tangga.
- Ingatkan perempuan seperti teman atau dosen untuk melepaskan sepatu yang ber-hak tinggi karena bisa berbahaya.

### **3. Jangan Gunakan Lift**

- Jangan pernah menggunakan lift jika terjadi gempa bumi. Gempa bumi bisa membuat kita terjebak di dalam lift.
- Jika teman-teman merasa ada gempa ketika berada di dalam lift, segeralah pencet semua tombol dan keluar ke lantai berapa pun.
- Setelah pintu terbuka, segera cari tempat untuk berlindung. Namun, jika pintu tidak bisa dibuka, tekan tombol darurat dan hubungi petugas gedung melalui *interphone* dalam lift yang tersedia.

### **4. Berlindung dari Reruntuhan dalam Gedung**

- Jika berada di gedung yang tinggi dan tidak bisa segera keluar dari gedung, segera lindungi tubuh dari reruntuhan.

- Teman-teman harus berlindung di bawah meja, atau disudut ruangan yang kuat seperti dinding.
- Hindari benda-benda yang bisa jatuh seperti jendela, lemari, atau barang lainnya.

## **Langkah Bila Terjadi Kebakaran**

### **1. Mencegah terjadinya kebakaran**

- Tidak menyalakan korek dan sejenisnya tanpa perintah asisten. Bila akan menyalakannya jangan dekat dengan bahan yang mudah terbakar seperti buku, tirai, dsb
- Hindari memasang terlalu banyak perangkat elektronik di dalam satu kabel extension.

### **2. Cara menanggulangi kebakaran**

- Berusalahlah untuk tetap tenang (jangan panik) ketika tiba-tiba terjadi kebakaran di sekitar teman-teman.
- Apabila kebakaran tersebut masih bisa diatasi dengan menggunakan APAR sebaiknya segera gunakan alat tersebut atau bisa juga dengan menggunakan karung goni/kain yang telah dibasahi menggunakan air. Kebakaran skala kecil biasanya bisa diatasi dengan menggunakan alat tersebut tetapi pastikan teman-teman melakukannya dengan segera agar kebakaran tidak semakin menjalar.
- Apabila ternyata kebakaran tersebut disebabkan oleh adanya konsleting listrik sebaiknya segera matikan saklar utama Listrik.
- Segera tutup ruangan yang sedang mengalami kebakaran agar tidak menjalar ke ruangan lainnya. Sebaiknya jangan kunci ruangan yang terbakar tersebut agar petugas lebih mudah dalam memadamkan api.
- Jika kebakaran yang terjadi merupakan kebakaran berskala besar sebaiknya segera selamatkan diri dan langsung berusaha keluar bangunan. Hindari kesibukan menyelamatkan barang-barang berharga karena hal tersebut justru sangat membahayakan nyawa teman-teman.
- Pada saat terjadi kebakaran upayakan agar teman-teman tidak menghirup asap tebal yang muncul dari kebakaran tersebut. teman-teman bisa berjalan merangkak serta

bernafas dengan menundukkan kepala ke lantai. Selain itu gunakan kain yang basah untuk menutupi hidung sehingga akan lebih mudah ketika bernafas.

- Mencari jalan melalui tangga darurat dan perhatikan juga untuk menempelkan belakang telapak tangan pada pintu agar mengetahui suhunya. Selain itu peganglah *handle* pintu jika sudah terasa panas sebaiknya pergi ke tangga darurat lain yang aman dari kobaran api.
- Segera hubungi petugas pemadam kebakaran dengan menelepon pada nomor 112 apabila api memang sudah mulai sulit untuk dikendalikan.

## DAFTAR ISI

TIM PENYUSUN MODUL PRAKTIKUM RANGKAIAN LISTRIK .....	i
ASISTEN PRAKTIKUM LAB. RANGKAIAN LISTRIK 2025/2026.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
VISI DAN MISI FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO.....	vi
ATURAN PELAKSANAAN KEGIATAN PRAKTIKUM SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2025/2026 FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO .....	vii
ATURAN PERIZINAN PRAKTIKUM SUSULAN SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2025/2026 FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO .....	x
ATURAN LABORATORIUM RANGKAIAN LISTRIK .....	xiii
DENAH LOKASI LABORATORIUM RANGKAIAN LISTRIK .....	xvi
PANDUAN UMUM KESELAMATAN DAN PENGGUNAAN PERALATAN LABORATORIUM.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xxiii
DAFTAR GAMBAR.....	xxviii
DAFTAR TABEL .....	xxxii
MODUL 1 Pembacaan dan Pengukuran Resistor .....	1
1.1    Tujuan .....	1
1.2    Alat dan Bahan .....	1
1.3    Dasar Teori .....	1
1.3.1    Resistor .....	1
1.3.2    Multimeter .....	9
1.4    Prosedur Praktikum.....	12
1.4.1    Pembacaan dan Pengukuran Resistor .....	12
1.4.2    Pembacaan dan pengukuran Resistor Variabel.....	12

xxiii

1.4.3	Pembacaan dan Pengukuran LDR .....	13
MODUL 2 Pengukuran Besaran Arus dan Tegangan .....		15
2.1	Tujuan .....	15
2.2	Alat dan Bahan .....	15
2.3	Dasar Teori .....	15
2.3.1	Multimeter .....	15
2.3.2	<i>Project Board</i> .....	17
2.4	Prosedur Praktikum.....	24
2.4.1	Rangkaian Seri .....	24
2.4.2	Rangkaian Paralel.....	26
MODUL 3 Pengenalan Aplikasi <i>Circuit Simulator</i> .....		28
3.1	Tujuan .....	28
3.2	Alat dan Bahan .....	28
3.3	Dasar Teori .....	28
3.4	Tutorial Instalasi .....	29
3.5	Prosedur Praktikum.....	43
3.5.1	Rangkaian Seri .....	43
3.5.2	Rangkaian Paralel.....	44
MODUL 4 Teorema Substitusi dan Superposisi .....		46
4.1	Tujuan .....	46
4.2	Alat dan Bahan .....	46
4.3	Dasar Teori .....	46
4.3.1	Rangkaian Superposisi.....	46
4.3.2	Rangkaian Substitusi .....	48
4.4	Prosedur Praktikum.....	48
4.4.1	Rangkaian Superposisi.....	48
4.4.2	Rangkaian Substitusi .....	52

MODUL 5 Teorema Thevenin, Norton, dan Transfer Daya Maksimum .....	54
5.1    Tujuan .....	54
5.2    Alat dan Bahan .....	54
5.3    Dasar Teori .....	54
5.3.1    Teorema Thevenin.....	54
5.4    Prosedur Praktikum.....	57
5.4.1    Pengukuran Arus Langsung .....	57
5.4.2    Teorema Thevenin.....	59
5.4.3    Teorema Norton .....	61
MODUL 6 Pengukuran Kapasitor dan Induktor pada Rangkaian AC .....	64
6.1    Tujuan .....	64
6.2    Alat dan Bahan .....	64
6.3    Dasar Teori .....	64
6.3.1    Kapasitor.....	64
6.3.2    Induktor .....	69
6.3.3    Rangkaian & Sumber AC .....	70
6.3.4    Osiloskop .....	71
6.3.5 <i>Function Generator</i> .....	76
6.4    Prosedur Praktikum.....	76
6.4.1    Pembacaan dan Pengukuran Kapasitor.....	76
6.4.2    Pembacaan dan Pengukuran Induktor .....	77
6.4.3    Pengukuran Tegangan sumber AC/Arus Bolak-Balik Memakai Osiloskop.....	78
6.4.4    Pengukuran Tegangan sumber AC/Arus Bolak-Balik Memakai Multimeter ...	78
6.4.5    Pengukuran Beda Phasa pada komponen C dengan Osiloskop .....	79
MODUL 7 Pengukuran Arus, Tegangan, dan Impedansi pada AC .....	81
7.1    Tujuan .....	81
7.2    Alat dan Bahan .....	81

7.3	Dasar Teori .....	81
7.3.1	Impedansi Rangkaian.....	81
7.3.2	Perbedaan Impedansi, Reaktansi, dan Resistansi .....	82
7.3.3	Beda Fasa pada rangkaian RLC .....	83
7.4	Prosedur Praktikum.....	84
7.4.1	Menghitung secara manual menggunakan rumus .....	84
7.4.2	Perhitungan menggunakan Multimeter dan Function Generator.....	85
7.4.3	Mengukur nilai Tegangan dan Arus menggunakan Osiloskop .....	85
7.4.4	Mengukur nilai Beda Phasa menggunakan Osiloskop .....	87
MODUL 8 Rangkaian Filter Sederhana Pada Rangkaian RL dan Rangkaian RC .....		88
8.1	Tujuan .....	88
8.2	Alat dan Bahan .....	88
8.3	Dasar Teori .....	88
8.3.1	Fungsi Transfer .....	88
8.3.2	Frekuensi Cut-Off .....	89
8.3.3	Filter .....	89
8.3.4	Bentuk Gelombang Rangkaian Diferensiator dan Integrator .....	91
8.4	Prosedur Praktikum.....	92
8.4.1	Pengukuran Tegangan sumber AC/Arus Bolak-Balik Memakai Osiloskop .....	92
8.4.2	Pengukuran Beda Phasa pada komponen C dengan Osiloskop .....	93
8.4.3	Pengukuran Output C Rangkaian RC (Integrator) .....	93
8.4.4	Pengukuran Output L Rangkaian RL (Diferensiator).....	94
MODUL 9 Resonansi dan Pengukuran <i>Bandwidth</i> .....		97
9.1	Tujuan .....	97
9.2	Alat dan Bahan .....	97
9.3	Dasar Teori .....	97
9.3.1	Resonansi.....	97

9.4	Prosedur Praktikum.....	102
9.4.1	Rangkaian Seri RLC .....	102
9.4.2	Rangkaian Paralel RLC .....	103
9.4.3	Rangkaian Seri Paralel.....	105
MODUL 10 Rangkaian Kutub Empat .....		106
10.1	Tujuan .....	106
10.2	Alat dan Bahan .....	106
10.3	Dasar Teori .....	106
10.3.1	Parameter Z (Impedansi) .....	107
10.3.2	Parameter Y (Admitansi) .....	109
10.3.3	Parameter h&g ( <i>Hybrid</i> ) .....	110
10.3.4	Parameter Transmisi (ABCD).....	111
10.4	Prosedur Praktikum.....	111
10.4.1	Pengukuran Parameter Z .....	111
10.4.2	Pengukuran Parameter Y .....	115
TUGAS BESAR.....		120

## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 0. 1 Denah Lokasi Lab. RL</i>	xvii
<i>Gambar 1. 1 Tabel pita warna resistor</i>	2
<i>Gambar 1. 2 Resistor Surface Mount Device (SMD)</i>	2
<i>Gambar 1. 3 Bentuk dan simbol resistor tetap (fixed resistor)</i>	3
<i>Gambar 1. 4 Bentuk dan simbol resistor tidak tetap (variable resistor)</i>	3
<i>Gambar 1. 5 Potensiometer</i>	4
<i>Gambar 1. 6 Potensiometer B10K</i>	5
<i>Gambar 1. 7 Trimmer Potentiometer</i>	7
<i>Gambar 1. 8 Trimmer Potentiometer 103</i>	8
<i>Gambar 1. 9 Bentuk dan simbol Thermistor PTC dan NTC</i>	9
<i>Gambar 1. 10 Bentuk dan simbol LDR (Light Dependent Resistor)</i>	9
<i>Gambar 2. 1 Skema pengukuran tegangan</i>	16
<i>Gambar 2. 2 Contoh lain skema pengukuran tegangan</i>	16
<i>Gambar 2. 3 Rangkaian pengukuran arus</i>	17
<i>Gambar 2. 4 Konsep Project Board</i>	18
<i>Gambar 2. 5 Project Board</i>	18
<i>Gambar 3. 1 Memilih file sesuai operating system</i>	28
<i>Gambar 3. 2 Lokasi "Extract All.."</i>	29
<i>Gambar 3. 3 Pilih file untuk menyimpan file Extract</i>	29
<i>Gambar 3. 4 Software circuitjss.exe</i>	29
<i>Gambar 3. 5 Default Circuit Simulator</i>	30
<i>Gambar 3. 6 New Blank Circuit</i>	30
<i>Gambar 3. 7 Tampilan setelah "New Blank Circuit"</i>	31
<i>Gambar 3. 8 Tampilan layar full screen</i>	32
<i>Gambar 3. 9 Menu "New Blank Circuit"</i>	32
<i>Gambar 3. 10 Menu "Draw"</i>	33

<i>Gambar 3. 11 Mengubah besaran komponen</i>	33
<i>Gambar 3. 12 Menu "Edit"</i>	33
<i>Gambar 3. 13 Menghubungkan komponen</i>	34
<i>Gambar 3. 14 Menu "Export As Text"</i>	34
<i>Gambar 3. 15 Menyimpan file ".txt"</i>	35
<i>Gambar 3. 16 Menu "Import from Text"</i>	35
<i>Gambar 3. 17 Memasukkan file dari teks hasil copy</i>	35
<i>Gambar 3. 18 Membuka file lama</i>	36
<i>Gambar 3. 19 Membuka file dalam bentuk tautan</i>	36
<i>Gambar 3. 20 File rangkaian bentuk teks.</i>	37
<i>Gambar 3. 21 Tampilan utama Circuit Simulator</i>	38
<i>Gambar 3. 22 Rangkaian Pengukur Arus</i>	42
<i>Gambar 3. 23 Rangkaian Pengukur Tegangan</i>	42
<i>Gambar 3. 24 Rangkaian Pengukur Arus</i>	43
<i>Gambar 3. 25 Rangkaian Pengukur Tegangan</i>	43
<i>Gambar 4. 1 Rangkaian dua sumber bebas</i>	45
<i>Gambar 4. 2 Sumber arus dijadikan open circuit</i>	45
<i>Gambar 4. 3 Rangkaian Short Circuit</i>	45
<i>Gambar 4. 4 Ilustrasi Rangkaian Subtitusi</i>	46
<i>Gambar 5. 1 Rangkaian pengganti Thevenin</i>	53
<i>Gambar 5. 2 Rangkaian pengganti Norton</i>	54
<i>Gambar 6. 1 Contoh fisik kapasitor polar (ELCO)</i>	64
<i>Gambar 6. 2 Contoh fisik Kapasitor Keramik</i>	65
<i>Gambar 6. 3 Contoh fisik Kapasitor Mylar</i>	65
<i>Gambar 6. 4 Perhitungan Simbol pada Kapasitor Polyester</i>	66
<i>Gambar 6. 5 Contoh rangkaian kapasitor secara seri</i>	67
<i>Gambar 6. 6 Contoh rangkaian kapasitor secara seri</i>	68
<i>Gambar 6. 7 Contoh fisik Induktor Gelang</i>	68

<i>Gambar 6. 8 Contoh fisik Induktor Tabung</i>	69
<i>Gambar 6. 9 Siklus nilai arus AC</i>	70
<i>Gambar 6. 10 Osiloskop</i>	70
<i>Gambar 6. 11 Bagian-bagian osiloskop</i>	71
<i>Gambar 6. 12 Keterangan plot osiloskop</i>	72
<i>Gambar 6. 13 Tampilan gelombang osiloskop</i>	72
<i>Gambar 6. 14 Beda fasa gelombang</i>	74
<i>Gambar 6. 15 Tampilan Function generator</i>	74
<i>Gambar 7. 1 Rangkaian RLC</i>	80
<i>Gambar 8. 1 Band Stop Filter</i>	88
<i>Gambar 8. 2 Band Pass Filter</i>	89
<i>Gambar 8. 3 Low Pass Filter</i>	89
<i>Gambar 8. 4 High Pass Filter</i>	90
<i>Gambar 9. 1 Rangkaian Resonansi Seri</i>	100
<i>Gambar 9. 2 BPF</i>	101
<i>Gambar 9. 3 BSF</i>	102
<i>Gambar 9. 4 Rangkaian Resonansi Paralel</i>	102
<i>Gambar 10. 1 Skema rangkaian kutub empat</i>	107
<i>Gambar 10. 2 Kutub empat sumber arus</i>	108
<i>Gambar 10. 3 Kutub empat sumber tegangan</i>	108
<i>Gambar 10. 4 Rangkaian parameter Z</i>	109
<i>Gambar 10. 5 Rangkaian parameter Y</i>	110

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 0. 1 Asisten Praktikum Lab. RL 2025/2026	ii
Tabel 3. 1 Menu "File" Circuit Simulator	38
Tabel 3. 1 Menu "File" Circuit Simulator	39
Tabel 3. 1 Menu "File" Circuit Simulator	39
Tabel 3. 4 Menu "Scopes" Circuit Simulator	40
Tabel 3. 5 Menu "Options" Circuit Simulator	40
Tabel 3. 6 Menu "Circuits" Circuit Simulator	41
Tabel 8. 1 Rangkaian RC	90
Tabel 8. 2 Rangkaian RL	91

# MODUL 1

## Pembacaan dan Pengukuran Resistor

### 1.1 Tujuan

Setelah mengikuti praktikum ini mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mampu mengoperasikan Ohmmeter.
2. Mampu membaca komponen resistor kode warna kode angka untuk jenis *fixed resistor* dan *variable resistor*.
3. Memahami cara mengukur berbagai jenis resistor dengan Ohmmeter.

### 1.2 Alat dan Bahan

1. Resistor
2. Potentiometer
3. Trimmer Potentiometer (Trimpot)
4. Thermistor (PTC-NTC)
5. LDR
6. *Project Board*
7. Multimeter
8. Kabel *Probe*

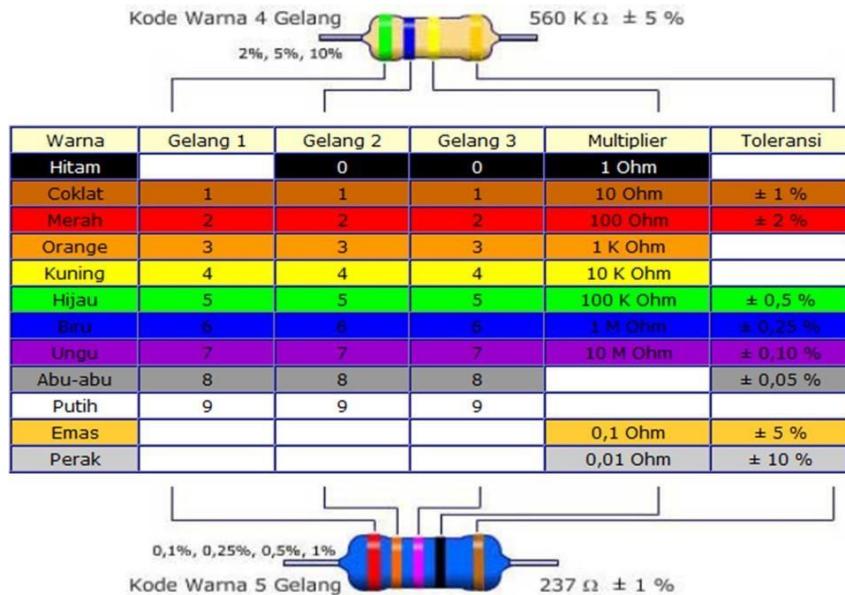
### 1.3 Dasar Teori

#### 1.3.1 Resistor

Resistor merupakan komponen pasif yang berfungsi pokok untuk membagi tegangan dan membagi arus dalam rangkaian listrik. Satuan atau nilai resistansi suatu resistor disebut Ohm dan dilambangkan dengan simbol Omega ( $\Omega$ ). Hukum Ohm menyatakan bahwa resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya.

Nilai atau besar hambatan pada resistor berbeda-beda, nilai tersebut dapat diketahui melalui gelang-gelang kode warna pada resistor. Salah satu cara

untuk mengetahui harga resistansi suatu resistor adalah dengan membaca kode warnanya.



*Gambar 1. 1 Tabel pita warna resistor*

Jenis resistor berdasarkan nilainya, dapat dibedakan menjadi 4 yaitu:

1. *Fixed Resistor*
  2. *Variable Resistor*
  3. Thermistor
  4. LDR (*Light Dependent Resistor*)

### A. *Fixed Resistor*

*Fixed Resistor* atau Resistor tetap adalah jenis Resistor yang memiliki nilai resistansinya tetap.

Contoh cara menghitung nilai *Fixed Resistor* berdasarkan kode angka:



*Gambar 1. 2 Resistor Surface Mount Device (SMD)*

Resistor *Surface Mount Device* (SMD) dengan kode 473, maka nilai resistor tersebut adalah:

$$47 \times 10^3 \text{ ohm} = 47.000 \text{ ohm} = 47 \text{ K } \Omega$$

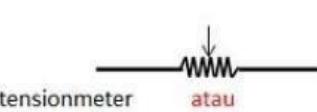
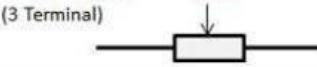
Selain dari resistor SMD, juga terdapat jenis *resistor fixed* lainnya seperti berikut:

Simbol Fixed Resistor	Bentuk Fixed Resistor
 atau 	 Carbon Composition Resistor  Carbon Film Resistor  Metal Film Resistor

Gambar 1. 3 Bentuk dan simbol resistor tetap (fixed resistor)

### B. Variable Resistor

*Variable Resistor* atau Resistor tidak tetap adalah jenis Resistor yang nilai resistansinya dapat berubah dan diatur sesuai dengan keinginan.

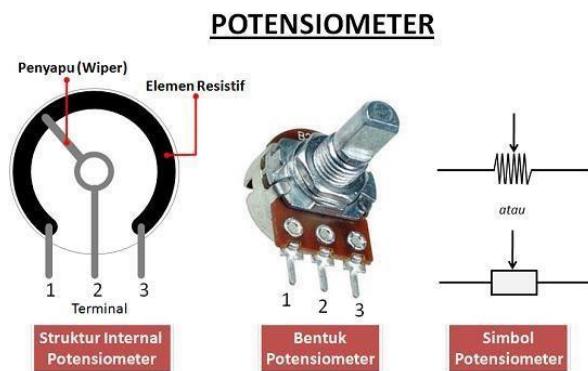
Simbol Variable Resistor	Bentuk Variable Resistor
 atau  atau 	 Rheostat  Trimpot  Potensiometer  Rheostat

Gambar 1. 4 Bentuk dan simbol resistor tidak tetap (variable resistor)

Pada umumnya *Variable Resistor* terbagi menjadi Potensiometer dan Trimpot (*Trimmer Potentiometer*).

## 1. Potensiometer

Potensiometer (POT) adalah salah satu jenis resistor yang nilai resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan rangkaian listrik ataupun kebutuhan pemakainya. Potensiometer merupakan keluarga resistor yang tergolong dalam kategori variable resistor. Secara struktur, potensiometer terdiri dari 3 kaki terminal dengan sebuah *shaft* atau tuas yang berfungsi sebagai pengaturnya.



Gambar 1. 5 Potensiometer

Kode-kode pada potensiometer umumnya terdapat kombinasi huruf dan angka, contohnya potensiometer berkode B10k, A100k, C10k.

kode letter/huruf:

- Kode A: kode ini untuk mewakili/meng-kodekan pots/potensiometer jenis/tipe logaritmis
- Kode B: kode ini untuk mewakili/meng-kodekan pots/potensiometer jenis/tipe linier
- Kode C: kode ini untuk mewakili/meng-kodekan pots/potensiometer jenis/tipe reverse log
- Kode K: kode ini simbol untuk simbol nilai resistansi potensiometer tersebut

Peng-kodean angka pada potensio adalah untuk menyatakan berapa nilai resistansi pada potensiometer tersebut.



Gambar 1. 6 Potensiometer B10K

Pada gambar potensiometer diatas terdapat kode B10K, kode huruf B yang artinya tipe linier dan kode angkanya 10k yang artinya sama dengan  $10.000\Omega$ ,  $10.000\Omega$  dapat kita persingkat dengan menambah huruf K $\Omega$ , menjadi 10K $\Omega$ .

Berdasarkan bentuknya, Potensiometer dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

- a. **Potensiometer Slider**, yaitu Potensiometer yang nilai resistansinya dapat diatur dengan cara menggesekan Wiper-nya dari kiri ke kanan atau dari bawah ke atas sesuai dengan pemasangannya. Biasanya menggunakan Ibu Jari untuk menggesek wiper-nya.
- b. **Potensiometer Rotary**, yaitu Potensiometer yang nilai resistansinya dapat diatur dengan cara memutarkan Wiper-nya sepanjang lintasan yang melingkar. Biasanya menggunakan Ibu Jari untuk memutar wiper tersebut. Oleh karena itu, *Potensiometer Rotary* sering disebut juga dengan *Thumbwheel Potentiometer*.

Hubungan antara kaki-kaki pada *potensiometer rotary*:

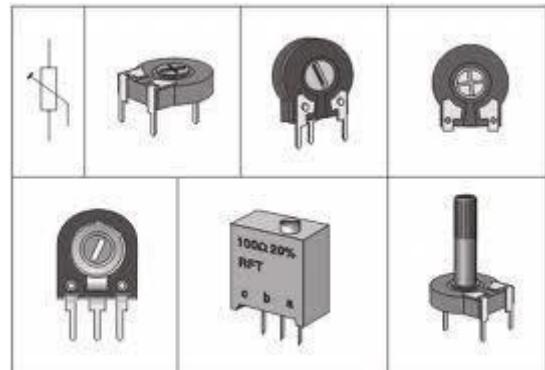
- Kaki 1 disebut terminal 1
- Kaki 2 disebut wiper
- Kaki 3 disebut terminal 3

Selain itu, ada beberapa hal yang diperhatikan, diantaranya adalah sebagai berikut.

- **Jika terminal 1 dan wiper terhubung** dengan sebuah komponen, maka berlaku: memutar potensio berlawanan arah jarum jam akan mengurangi nilai resistansinya, sedangkan memutar potensio searah jarum jam maka akan menambah nilai resistansinya.
  - **Jika terminal 3 dan wiper terhubung** dengan sebuah komponen, maka berlaku: memutar potensio berlawanan arah jarum jam akan menambah nilai resistansinya, sedangkan memutar potensio searah jarum jam akan mengurangi nilai resistansinya.
  - **Jika terminal 1 dan terminal 3 terhubung** dengan sebuah komponen, maka nilai resistansinya akan tetap pada nilai maksimal dari resistansi tersebut.
- c. **Potensiometer Trimmer**, yaitu Potensiometer yang bentuknya kecil dan harus menggunakan alat khusus seperti Obeng (*screwdriver*) untuk memutarnya. Potensiometer Trimmer ini biasanya dipasangkan di PCB dan jarang dilakukan pengaturannya.

## 2. Trimpot (*Trimmer Potentiometer*)

Trimpot adalah singkatan dari *Trimmer Potentiometer*. Ini adalah resistor yang dapat disesuaikan yang biasa ditemukan dalam proyek desain elektronik. Pada dasarnya, fungsi trimpot pada rangkaian adalah untuk memberikan kontrol yang baik atas level tegangan sinyal output, dan pada dasarnya, Trimpot menyesuaikan nilai resistansi total di dalamnya.



Gambar 1. 7 Trimmer Potentiometer

Ada 2 jenis trimpot dasar yang digunakan, seperti:

1. *Trimpot Single-turn = Trimpot single-turn* adalah trimpot yang paling umum dan digunakan di mana resolusi satu putaran sudah cukup. Dari sisi harga, ini adalah resistor variabel yang harganya cukup murah.
2. *Trimpot Multi-turn = Trimpot multi-turn* atau putaran adalah opsi yang lebih serbaguna. Dengan memiliki jumlah putaran berbeda yang tersedia.

Pada Resistor Variabel jenis *Trimmer Potentiometer*, perhitungan kode angka digit ketiga berfungsi sebagai pengali atau mudahnya digit ketiga merupakan banyaknya nol (0).

Contoh cara menghitung nilai *Trimmer Potentiometer* berdasarkan kode angka:



Gambar 1. 8 Trimmer Potentiometer 103

Kode angka Trimpot adalah 103

$$\text{Maka: } 103 = 10 \times 10^3 \Omega = 10.000\Omega = 10k\Omega$$

### C. Thermistor (Thermal Resistor)

Thermistor adalah salah satu jenis resistor yang nilai resistansi atau nilai hambatannya dipengaruhi oleh suhu (*temperature*). Thermistor merupakan singkatan dari “*thermal resistor*” yang artinya adalah tahanan (*resistor*) yang berkaitan dengan panas (*thermal*).

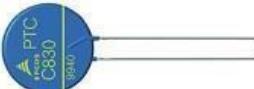
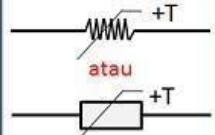
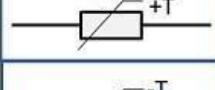
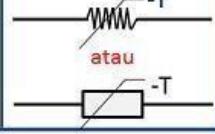
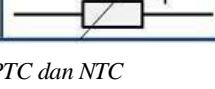
Thermistor terdiri dari 2 jenis, yaitu:

#### 1. Thermistor NTC (*Negative Temperature Coefficient*).

Nilai resistansi thermistor NTC akan turun jika suhu di sekitar Thermistor NTC tersebut tinggi (berbanding terbalik / Negatif).

#### 2. Thermistor PTC (*Positive Temperature Coefficient*).

Nilai resistansi thermistor PTC, semakin tinggi suhu di sekitarnya, semakin tinggi pula nilai resintansinya (berbanding lurus / positif).

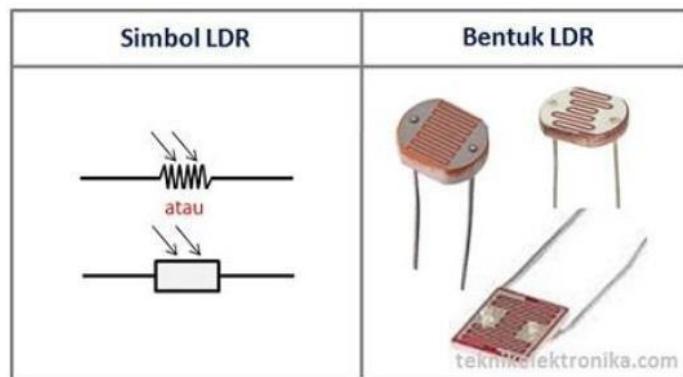
Nama Komponen	Gambar	Simbol
Thermistor PTC		 atau 
Thermistor NTC		 atau 

Gambar 1. 9 Bentuk dan simbol Thermistor PTC dan NTC

### D. LDR

LDR atau *Light Dependent Resistor* adalah jenis resistor yang nilai hambatan atau nilai resistansinya tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Semakin rendah intensitas cahaya yang diterima, maka nilai resistansi LDR akan semakin besar. Sebaliknya, semakin tinggi

intensitas cahaya yang diterima LDR, maka nilai resistansi LDR akan semakin kecil.



Gambar 1. 10 Bentuk dan simbol LDR (Light Dependent Resistor)

Fungsi LDR adalah sebagai sebuah sensor cahaya yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai jenis perangkat atau rangkaian elektronik dengan biaya rendah, seperti saklar otomatis menggunakan cahaya yang jika sensor terkena cahaya maka arus listrik akan mengalir (ON) dan sebaliknya jika sensor dalam kondisi cahaya gelap maka aliran listrik akan terhambat (OFF).

### 1.3.2 Multimeter

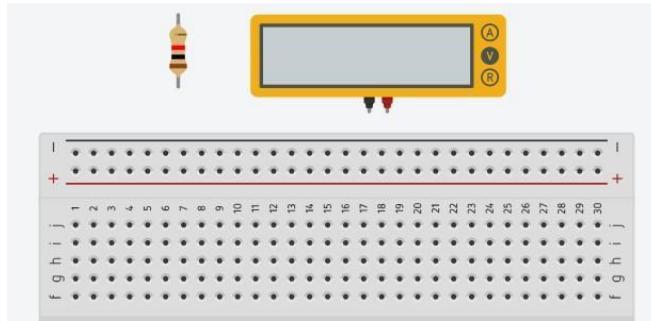
Multimeter adalah alat ukur yang dapat mengukur besaran listrik. Besaran listrik yang diukur umumnya ada tiga, yakni arus, tegangan, dan hambatan. Untuk mengukur ketiga besaran listrik tersebut, ada tiga mode yang dapat kita pilih pada multimeter, yakni:

1. Voltmeter (mengukur tegangan).
2. Amperemeter (mengukur arus)
3. Ohmmeter (mengukur resistansi/tahanan).

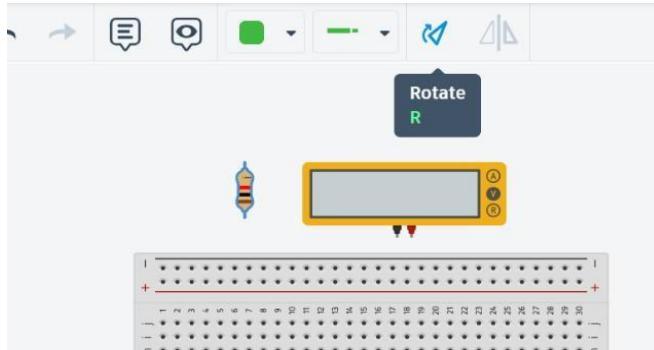
Pada praktikum modul ini kita mengoperasikan mode Ohmmeter untuk mengukur berbagai jenis resistor.

## **Tutorial Menggunakan Ohmmeter.**

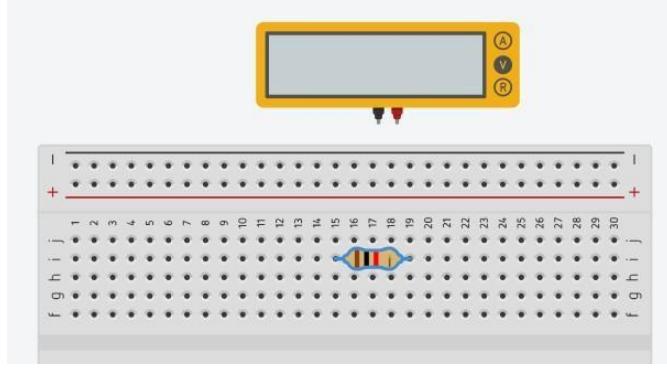
1. Pada kolom Search, ketikkan Breadboard, Multimeter dan Resistor > tempatkan pada lembar kerja.



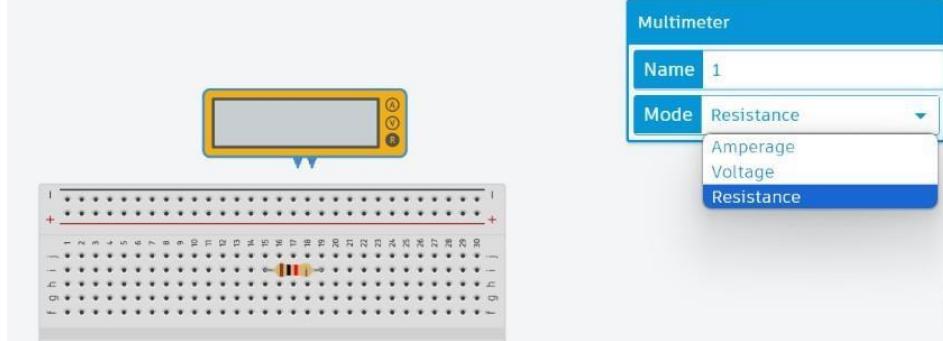
2. Untuk memutar komponen, tekan komponen yang dipilih lalu klik ikon *rotate*.



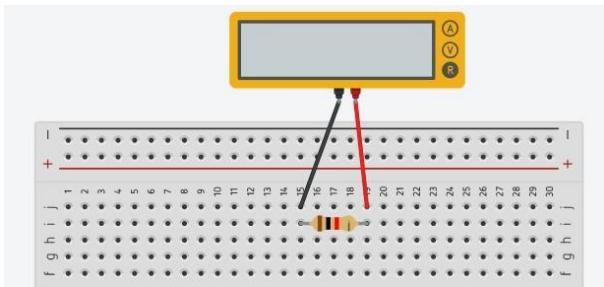
3. Tempatkan resistor pada breadboard dengan posisi horizontal.



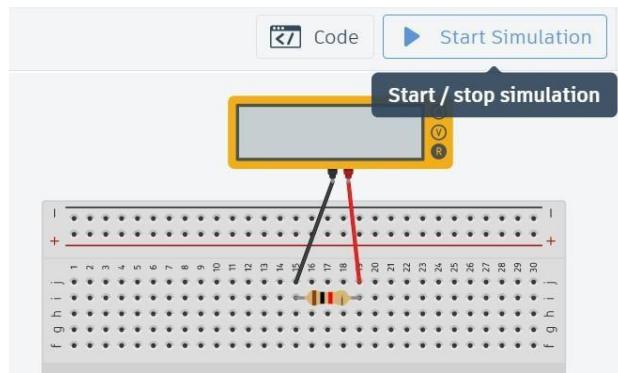
4. Pada multimeter ubah menjadi mode Resistance dengan cara menekan multimeter > mode = Resistance.



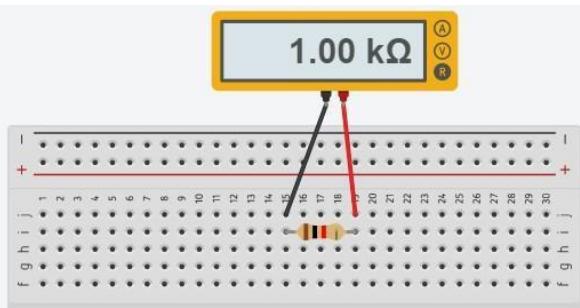
5. Hubungkan ujung kutub multimeter pada lubang breadboard yang terhubung dengan tiap kaki-kaki resistor.



6. Klik *Start Simulation*.

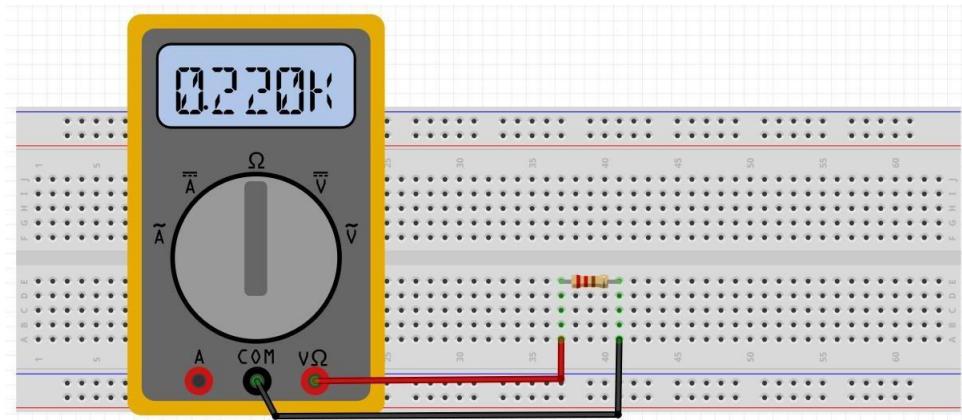


7. Multimeter akan menunjukkan nilai resistor.



## 1.4 Prosedur Praktikum

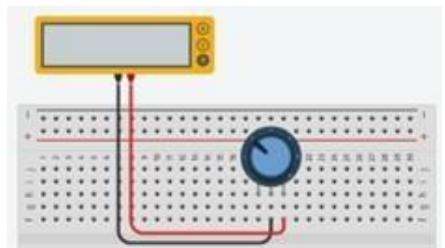
### 1.4.1 Pembacaan dan Pengukuran Resistor



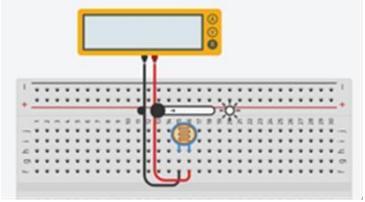
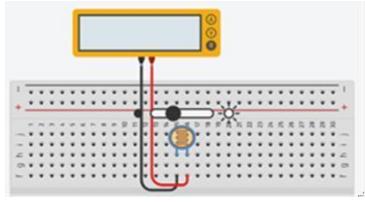
Komponen	Pembacaan kode warna	Pengukuran ohmmeter								
Contoh: 	<table border="1"> <tr> <td>Merah</td> <td>Merah</td> <td>Coklat</td> <td>Emas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>x10</td> <td>5%</td> </tr> </table> <p>Nilai = <math>220 \pm 5\%</math> Range = 219,95 – 220,05</p>	Merah	Merah	Coklat	Emas	2	2	x10	5%	0,220k
Merah	Merah	Coklat	Emas							
2	2	x10	5%							

### 1.4.2 Pembacaan dan pengukuran Resistor Variabel

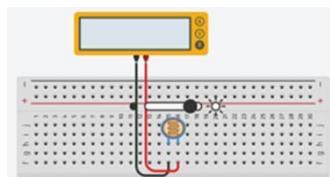
Komponen	Pembacaan kode angka	Instruksi Pengukuran dengan Ohmmeter
	<p><b>B10K</b> Potensiometer linier dengan maksimum besar tahanan 10k</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rangkail pengukuran seperti gambar berikut untuk kaki potensiometer di kaki 1 dan 2,</li> <li>- Posisi tombol full ke arah kiri</li> <li>- Putar 45 derajat potensio ke arah kanan dan ukur besar tahanan</li> </ul>

	<b>103</b> Trimpot dengan maksimum besar tahanan 10K	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Set multimeter pada pengukuran hambatan.</li> <li>- Resistor variabel pada posisi putar paling kiri</li> <li>- Ukur <b>kaki 1 dan kaki 2</b> dengan multimeter</li> <li>- Putar resistor variabel kira-kira <b>45 derajat</b></li> <li>- Tuliskan nilai yang tertera pada multimeter</li> </ul> 
---	---	---

#### 1.4.3 Pembacaan dan Pengukuran LDR

Komponen	Kondisi Cahaya	Pengukuran ohmmmeter
	<b>Gelap</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rangkai pengukuran seperti gambar di samping</li> <li>- Geser Posisi pengatur cahaya tersebut, semakin kiri di geser maka cahaya akan semakin gelap</li> <li>- Hasil pengukuran tersebut akan terlihat di multimeter</li> </ul>
	<b>Sedikit cahaya</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rangkai pengukuran seperti gambar di samping</li> <li>- Geser Posisi pengatur cahaya tersebut, untuk kondisi sedikit cahaya geser hingga tengah/posisi netral</li> <li>- Hasil pengukuran tersebut akan terlihat di multimeter</li> </ul>

**Terang**



- Rangkai pengukuran seperti gambar di samping
- Geser Posisi pengatur cahaya tersebut. Semakin kanan di geser maka cahaya akan semakin terang
- Hasil pengukuran tersebut akan terlihat di multimeter.

## **MODUL 2**

### **Pengukuran Besaran Arus dan Tegangan**

#### **2.1 Tujuan**

Setelah mengikuti praktikum ini mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mampu mengoperasikan sumber tegangan DC dan multimeter.
2. Mampu membaca skematik rangkaian sederhana dengan resistor dan mengimplementasikan pada papan sirkuit
3. Mampu melakukan pengukuran besaran arus dan tegangan.

#### **2.2 Alat dan Bahan**

1. Multimeter
2. Resistor  $1\text{ k}\Omega$ ,  $4\text{k7 }\Omega$  dan  $2\text{k2 }\Omega$
3. Sumber Tegangan DC
4. Project Board
5. Kabel Jumper

#### **2.3 Dasar Teori**

##### **2.3.1 Multimeter**

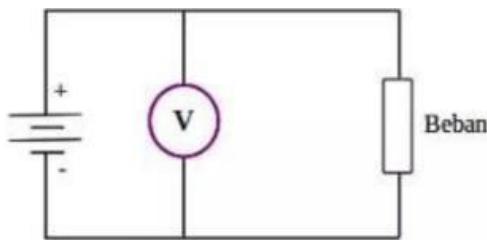
Multimeter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui nilai besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, hambatan, frekuensi, dan lainnya. Terdapat 2 jenis multimeter, yaitu analog dan digital. Dalam multimeter terdapat 3 mode pengukuran yang dapat dipilih, diantaranya voltmeter, amperemeter, dan ohmmeter. Karena pada modul 1 kita sudah mempelajari mengenai ohmmeter, maka pada modul ini kita akan mempelajari mengenai voltmeter dan amperemeter.

## A. Voltmeter

Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan dari terminal atau ujung dari suatu rangkaian dan ditempatkan secara paralel terhadap beban rangkaian yang hendak diketahui tegangannya. Sesuai sifat dari rangkaian paralel, merangkai rangkaian secara paralel akan membuat tegangan yang ada di voltmeter akan sama dengan tegangan komponen yang diukur,

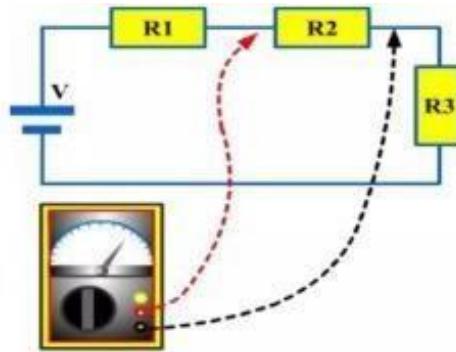
Voltmeter yang baik adalah voltmeter yang mempunyai hambatan dalam ( $R_V$ ) yang besar, semakin besar semakin baik, karena hambatan dalam voltmeter harus sebesar mungkin untuk menghindari adanya arus yang terbagi dalam rangkaian yang menyebabkan tegangan yang diukur bukanlah tegangan sebenarnya.

### Rangkaian Pengukuran Tegangan



Gambar 2. 1 Skema pengukuran tegangan

Voltmeter V dihubungkan secara paralel dengan beban. Cara mengukur tegangan yaitu komponen atau rangkaian diantara 2 buah titik yang akan diukur tegangannya, harus dihubungkan paralel dengan alat ukur voltmeter.



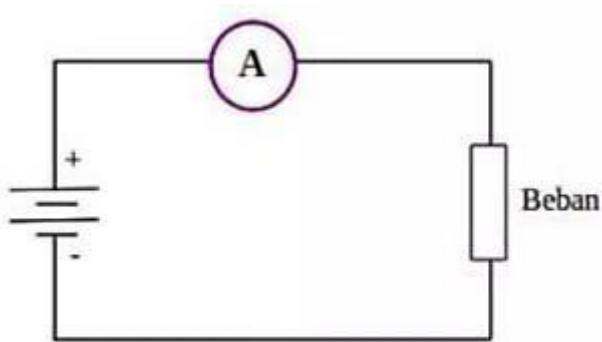
Gambar 2. 2 Contoh lain skema pengukuran tegangan

## B. Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur arus dari suatu rangkaian dan dirangkai secara seri dengan rangkaian yang akan diukur arusnya. Merangkai secara seri akan membuat arus yang melalui amperemeter akan sama dengan arus yang diukur (sifat rangkaian seri).

Amperemeter yang baik adalah amperemeter yang memiliki hambatan dalam ( $R_a$ ) yang kecil, semakin kecil semakin baik, karena ( $R_a$ ) harus sekecil mungkin untuk menghindari drop tegangan pada rangkaian (ada tegangan yang terbagi) sehingga arus yang diukur bukanlah arus yang akan diukur sebenarnya.

### Rangkaian Pengukuran Arus

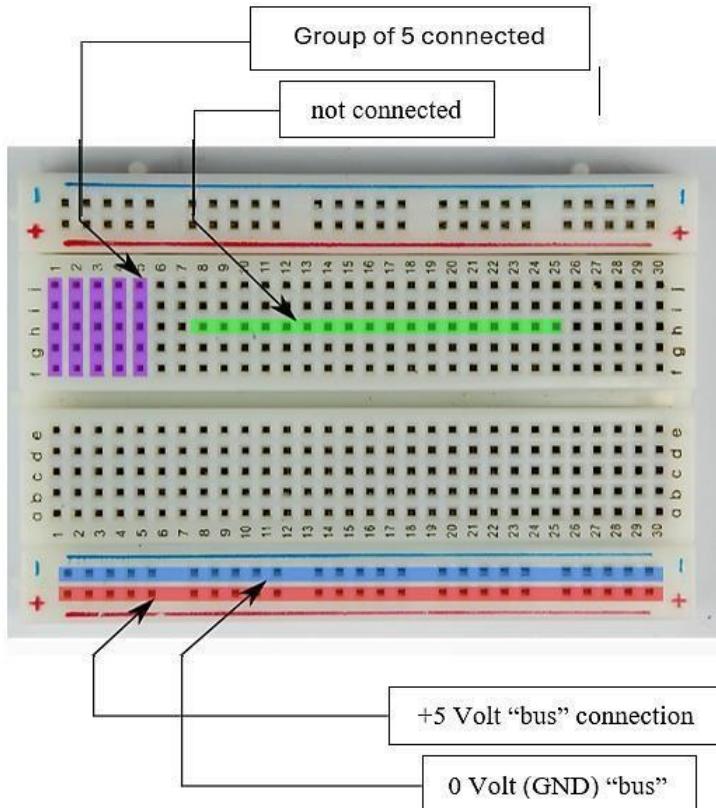


Gambar 2. 3 Rangkaian pengukuran arus

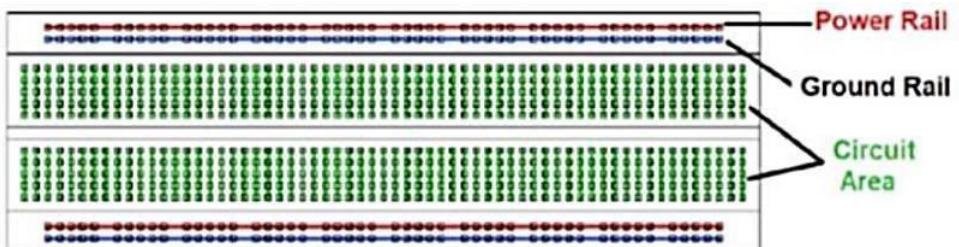
Amperemeter A dihubungkan seri dengan beban. Cara mengukur arus yaitu dengan komponen atau cabang rangkaian yang akan diukur arusnya, harus dibuka/diputus kemudian dihubungkan secara seri dengan alat ukur amperemeter.

### 2.3.2 Project Board

*Project board* digunakan untuk membuat prototipe sirkuit elektronik, dengan *project board* komponen mudah diganti dan dapat dipergunakan kembali untuk proyek lain karena komponen tidak perlu disolder.



Gambar 2. 4 Konsep Project Board



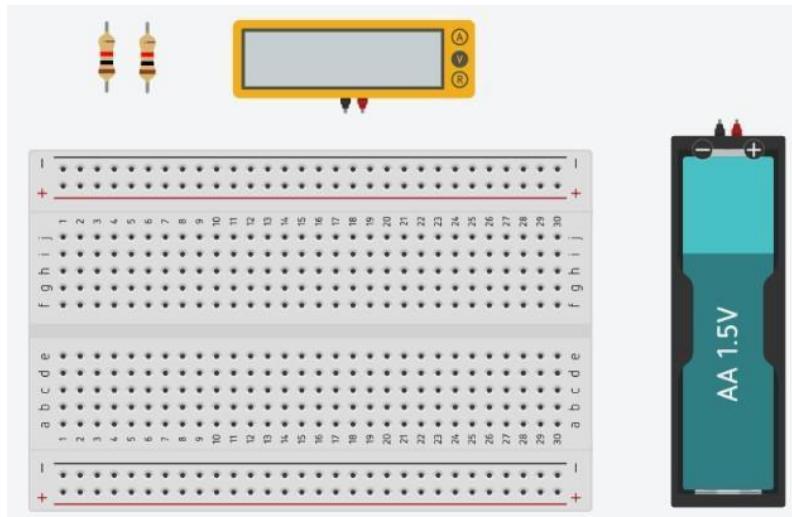
Gambar 2. 5 Project Board

Pada *project board* lubang di bagian atas terhubung berderet ke samping yang ditandai dengan garis merah dan biru digunakan untuk jalur catu daya, merah untuk jalur positif catu daya sedangkan biru untuk jalur negatif catu daya. Lubang bagian tengah terhubung berderet ke bawah dan digunakan untuk menempatkan komponen.

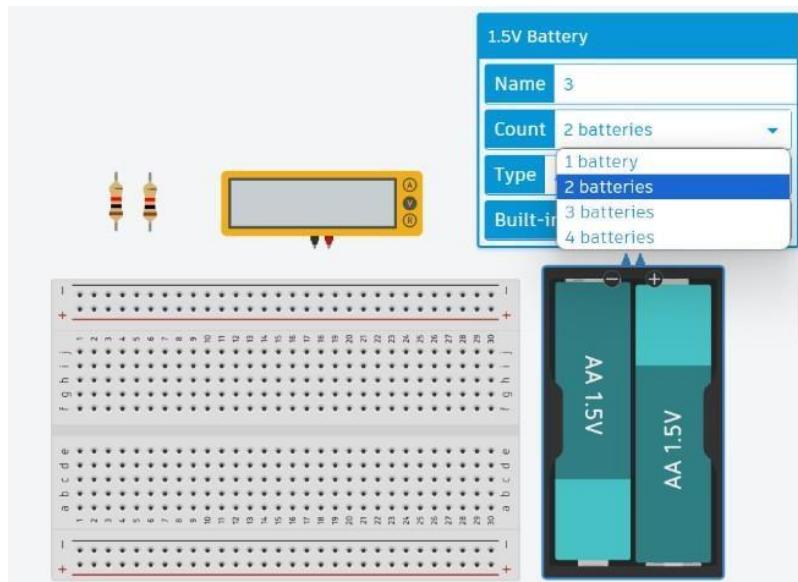
## Tutorial Menggunakan Voltmeter dan Amperemeter.

### a) Voltmeter

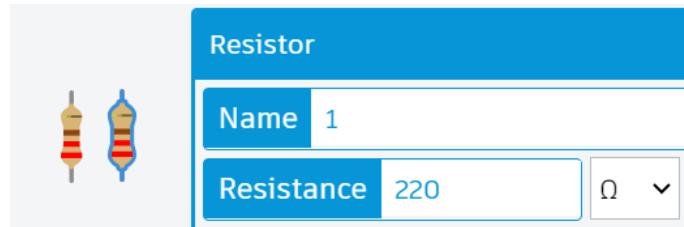
1. Pada kolom *Search*, ketikkan Breadboard, Multimeter, Resistor dan Baterai 1.5v > tempatkan pada lembar kerja



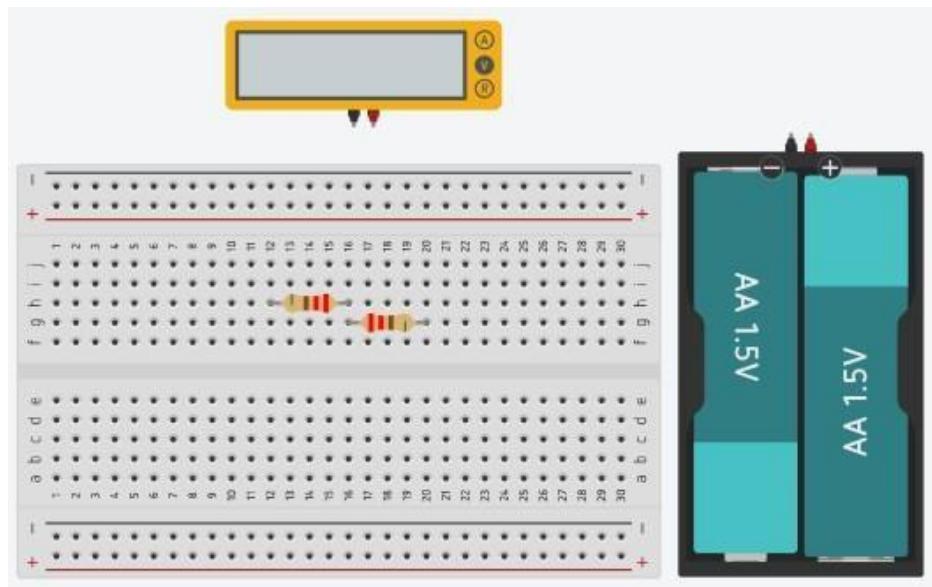
2. Mengubah nilai baterai dapat mengklik baterai > ubah count menjadi 2



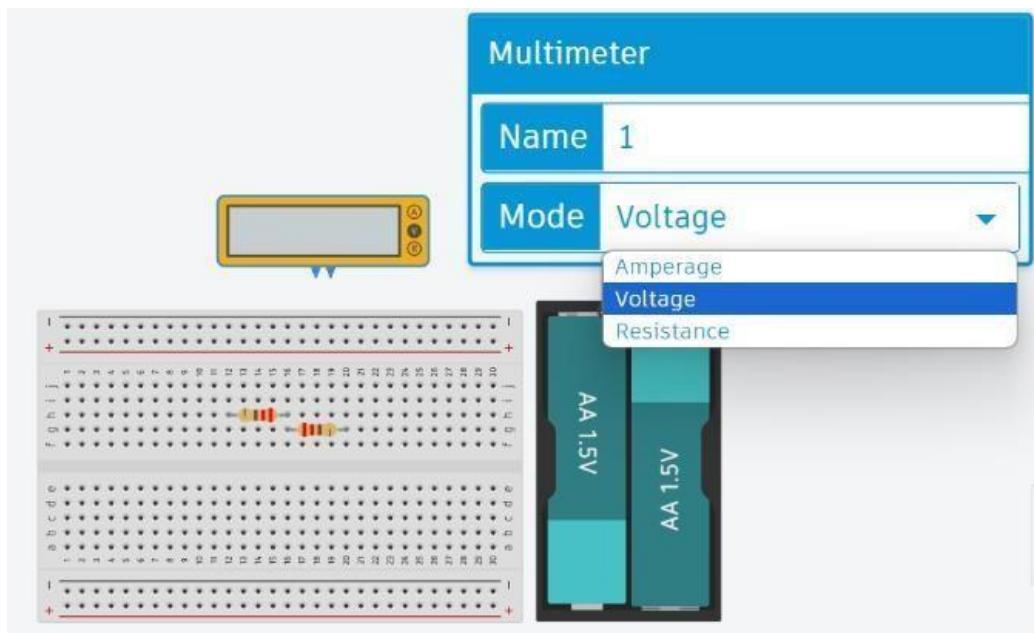
3. Untuk mengubah nilai resistor, tekan pada resistor > ubah menjadi 220 Ohm



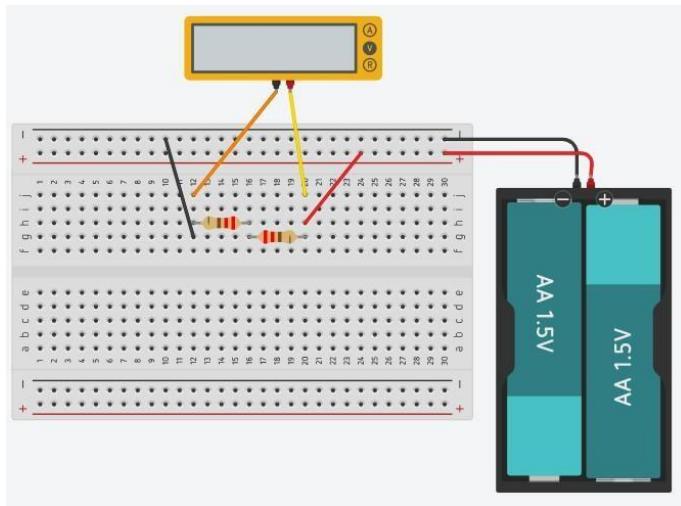
4. Tempatkan resistor pada breadboard dengan posisi Horizontal.



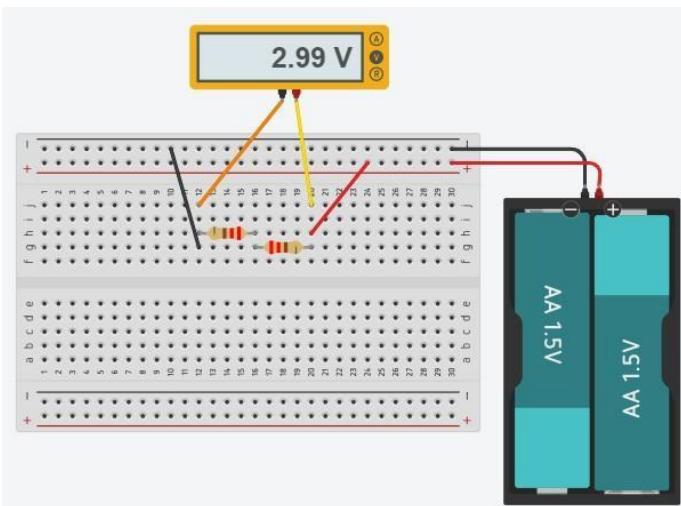
5. Pada multimeter ubah menjadi mode Voltmeter dengan cara menekan multimeter > mode = Voltmeter.



6. Hubungkan kutub positif dari baterai ke power (+) dan kutub negatif ke ground (-).
7. Rangkai resistor secara seri. Tempatkan sisi positif dan negatif multimeter pada ujung setiap resistor untuk menghitung tegangan total

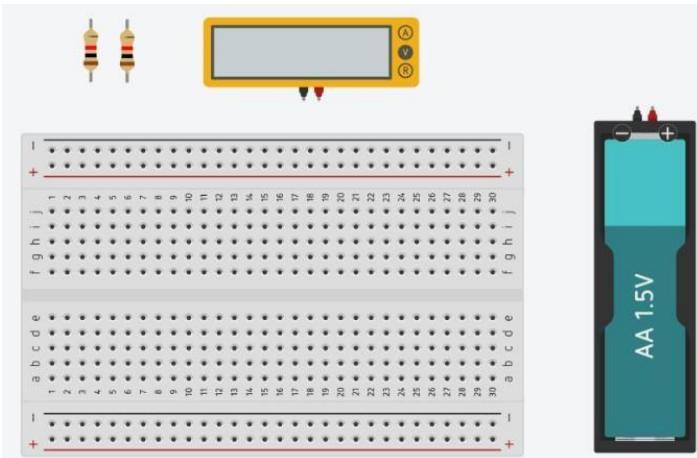


8. Klik Start Simulation, Multimeter akan menampilkan nilai tegangan

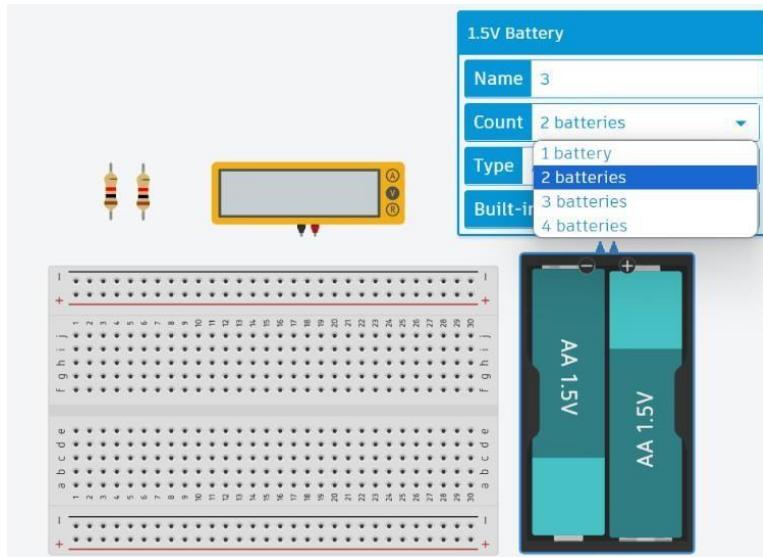


### b) Amperemeter

- Pada kolom Search, ketikkan Breadboard, Multimeter, Resistor dan Baterai 1.5v > tempatkan pada lembar kerja.



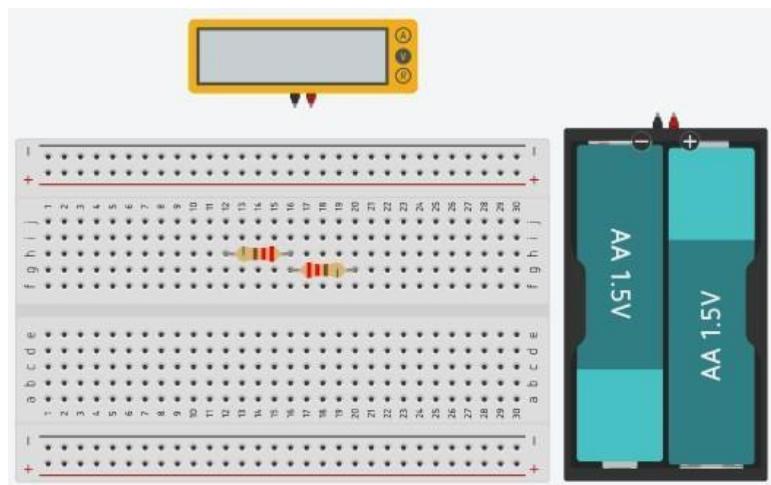
2. Mengubah nilai baterai dapat mengklik baterai > ubah count menjadi 2



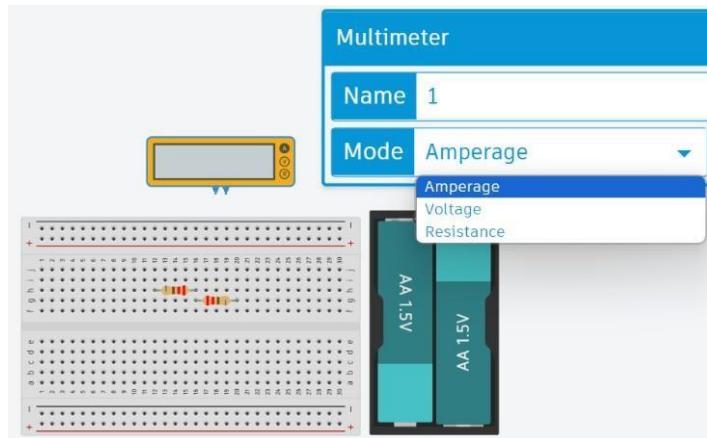
3. Untuk mengubah nilai resistor, tekan pada resistor > ubah menjadi 220 Ohm



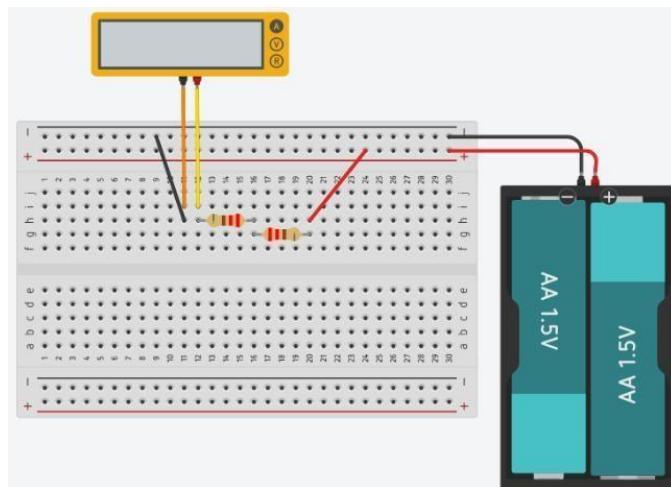
4. Tempatkan resistor pada breadboard dengan posisi Horizontal



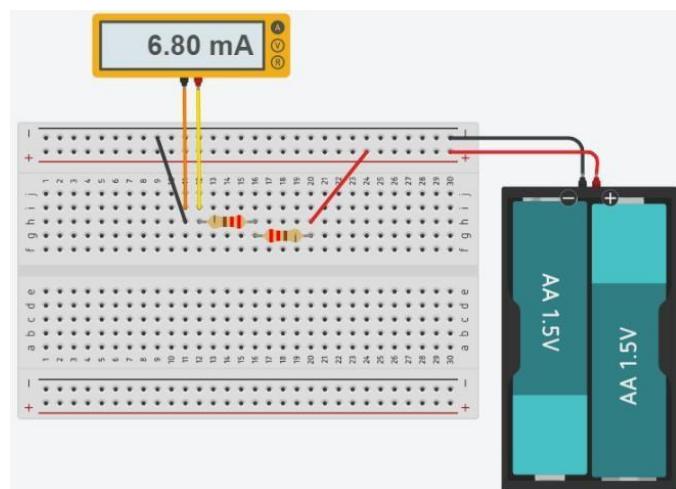
5. Pada multimeter ubah menjadi mode Amperemeter dengan cara menekan multimeter > mode = Ampereage



6. Hubungkan kutub positif dari baterai ke power (+) dan kutub negatif ke ground (-)
7. Rangkai resistor secara seri dengan multimeter



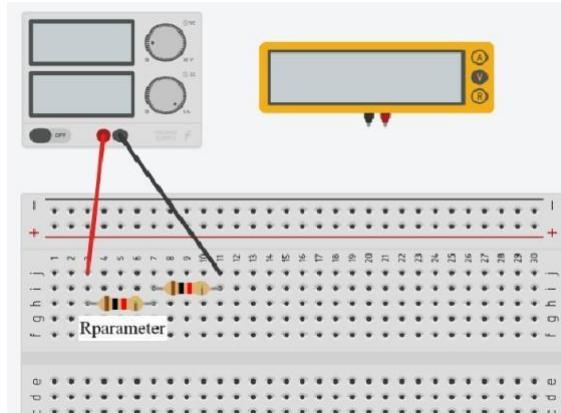
8. Klik Start Simulation, Multimeter akan menampilkan nilai arus



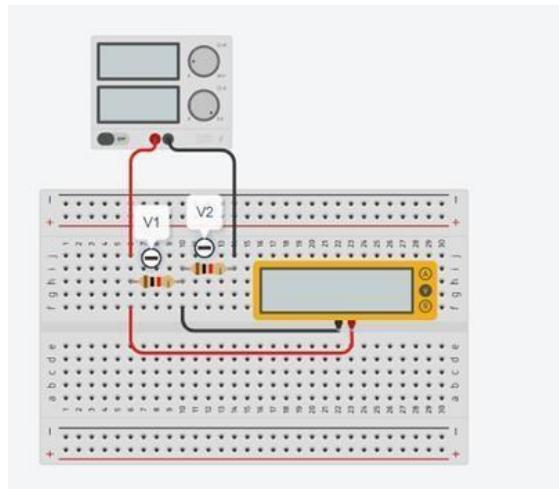
## 2.4 Prosedur Praktikum

### 2.4.1 Rangkaian Seri

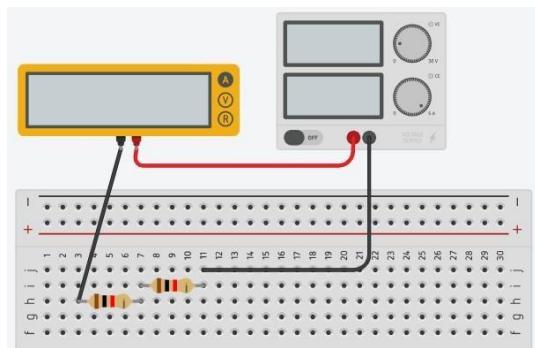
- Buatlah rangkaian seperti gambar berikut. ( $R$  parameter =  $1\text{ k}\Omega$ .)



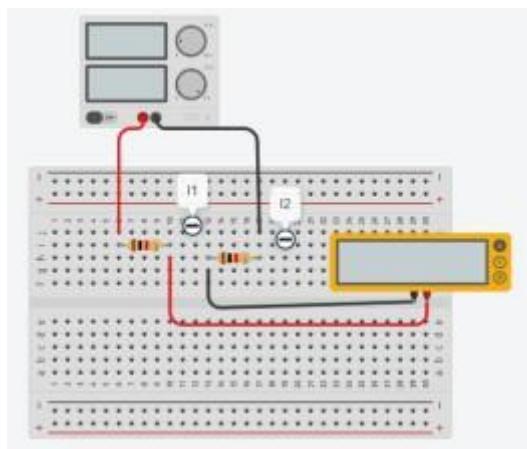
- Ukurlah nilai tegangan pada resistor parameter menggunakan multimeter dengan cara menghubungkan paralel antara multimeter dengan resistor seperti pada gambar, ikuti langkah yang sama untuk mengukur tegangan resistor berikutnya.



- Ganti resistor parameter menjadi resistor  $2\text{k}2\Omega$  kemudian ulangi langkah nomor 2 (Pengukuran Tegangan).
- Ganti resistor parameter menjadi resistor  $4\text{k}7\Omega$  kemudian ulangi langkah nomor 2 (Pengukuran Tegangan).
- Ukurlah nilai arus pada resistor parameter.



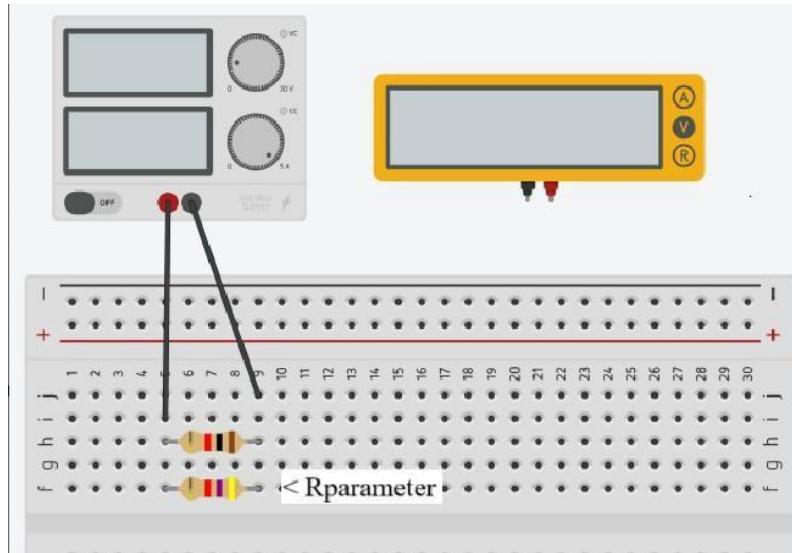
6. Ukurlah nilai arus  $I_1$  pada resistor parameter menggunakan multimeter dengan menghubungkan seri antara multimeter dengan resistor seperti pada gambar, ikuti langkah yang sama untuk mengukur arus  $I_2$ .



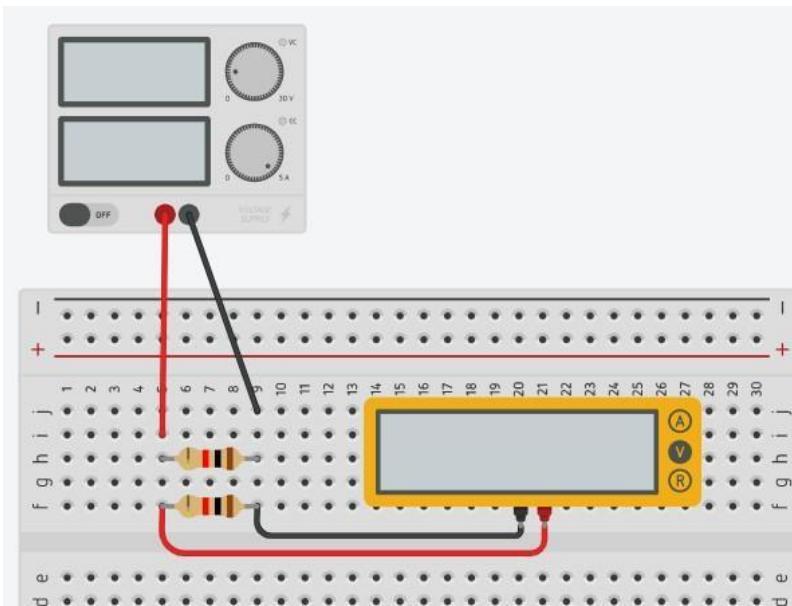
7. Ganti resistor parameter menjadi resistor  $2k2\Omega$  kemudian ulangi langkah 6 (Pengukuran arus).
8. Ganti resistor parameter menjadi resistor  $4k7\Omega$  kemudian ulangi langkah 6 (Pengukuran arus).

## 2.4.2 Rangkaian Paralel

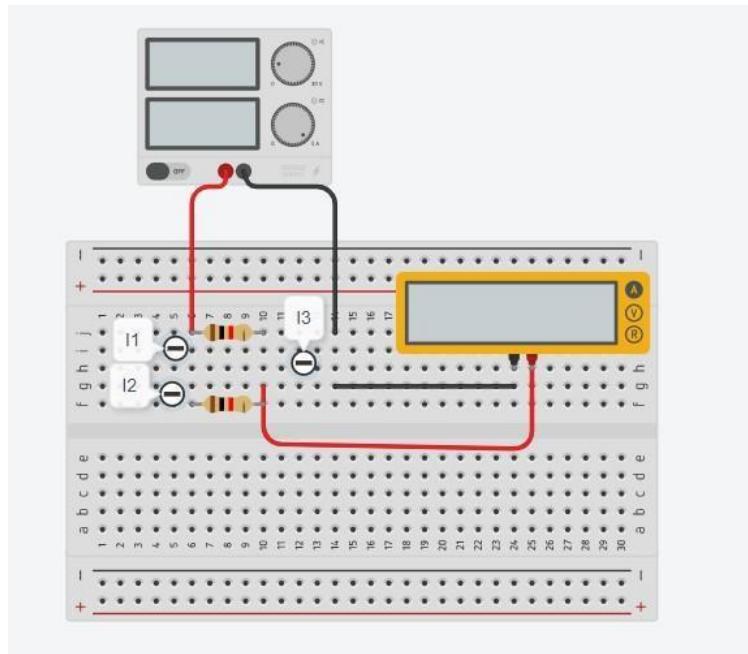
- Buatlah rangkaian seperti gambar berikut. ( $R$  parameter =  $1\text{ k}\Omega$ .)



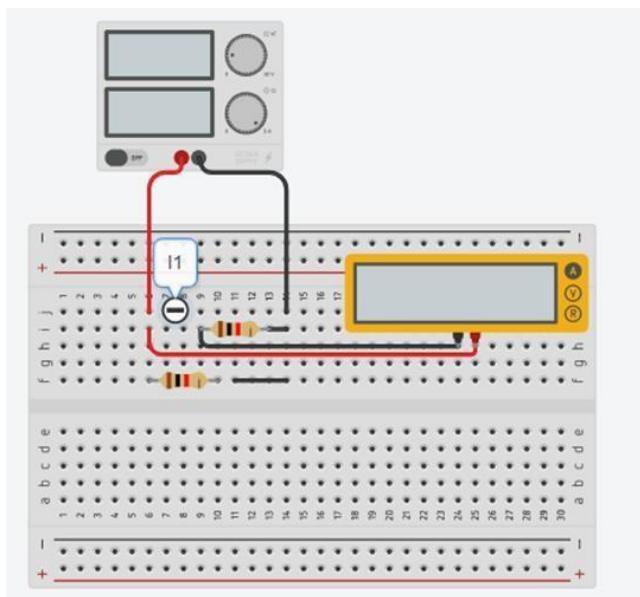
- Ukurlah nilai tegangan pada resistor parameter menggunakan multimeter dengan cara menghubungkan paralel antara multimeter dengan resistor seperti pada gambar, ikuti langkah yang sama untuk mengukur resistor berikutnya.



- Ganti resistor parameter menjadi resistor  $2\text{k}2\Omega$  kemudian ulangi langkah nomor 2 (Pengukuran Tegangan).
- Ganti resistor parameter menjadi resistor  $4\text{k}7\Omega$  kemudian ulangi langkah nomor 2 (Pengukuran Tegangan).
- Ukurlah nilai arus pada resistor parameter.



6. Ukurlah nilai arus I1 pada resistor parameter menggunakan multimeter dengan menghubungkan seri antara multimeter dengan resistor seperti pada gambar, ikuti langkah yang sama untuk mengukur arus I2 dan I3.



7. Ganti resistor parameter menjadi resistor  $2k2\Omega$  kemudian ulangi langkah nomor 5 (Pengukuran arus).  
 8. Ganti resistor parameter menjadi resistor  $4k7\Omega$  kemudian ulangi langkah nomor 5 (Pengukuran arus).

## **MODUL 3**

### **Pengenalan Aplikasi *Circuit Simulator***

#### **3.1 Tujuan**

Setelah mengikuti praktikum ini mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mampu menggunakan aplikasi *circuit* simulator.
2. Mampu mensimulasikan rangkaian sederhana pada modul 1 dan 2.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

1. Laptop

#### **3.3 Dasar Teori**

*Circuit Simulator* adalah sebuah perangkat lunak yang dirilis oleh Java yang mempunyai fungsi untuk melakukan simulasi rangkaian yang akan dibuat perangkat kerasnya. *Circuit Simulator* pada saat rilis dalam bentuk versi 2.8.1js. Perangkat lunak ini diciptakan oleh Paul Falstad dan berfungsi untuk melakukan simulasi berbagai macam rangkaian listrik dan elektronika.

Aplikasi ini dijalankan menggunakan JavaScript secara gratis dan dapat diakses melalui web browser. Perangkat lunak ini tersedia dalam bentuk *online* dan *offline* yang dapat diunduh secara *standalone*. *Circuit Simulator* menerapkan pendekatan model matematika untuk mensimulasikan tingkah laku komponen/perangkat dari rangkaian yang dibuat.

*Circuit* simulator adalah aplikasi yang menawarkan kemampuan untuk mensimulasikan berbagai jenis rangkaian analog maupun digital. Aplikasi ini dilengkapi dengan fitur *file-sistem* yang lengkap, memungkinkan pengguna untuk membuka salah satu *file* contoh yang telah dibuat sebelumnya pada jendela *applet*. Selain itu, terdapat built Editor sirkuit yang memudahkan pengguna untuk membuat desain sendiri. Pengguna juga dapat mengimpor dan mengekspor *file* desain sirkuit ini dengan *copy* dan *paste* dari *file* teks. Pengguna bahkan dapat menyesuaikan simulator dengan menciptakan menu *pull-down* sirkuit sendiri, yang memungkinkan pengguna untuk menambahkan kreasi untuk sistem sirkuit menu yang ada.

*Circuit Simulator* menawarkan berbagai pilihan untuk membuka dan menyimpan file simulasi, termasuk kemampuan untuk memilih dari berbagai sirkuit sampel, dan impor atau ekspor desain pengguna. Pengguna dapat memuat semua contoh sirkuit yang tersedia dari sirkuit menu *drop-down*.

*Circuit Simulator* juga banyak menyediakan komponen seperti *switch* dan *input* digital dapat diaktifkan dengan mengklik pada menu. *Input* analog pun juga dapat diubah dengan mengedit langsung pada komponen. Komponen tersebut menunjukkan berbagai informasi yang berguna dan pengguna juga dapat melihat bentuk gelombang dalam bentuk grafik di jendela osiloskop gaya dengan mengklik kanan dan memilih *View*.

### 3.4 Tutorial Instalasi

#### TUTORIAL INSTALASI DAN AKSES OFFLINE PROGRAM CIRCUIT SIMULATOR UNTUK LAPTOP/PC

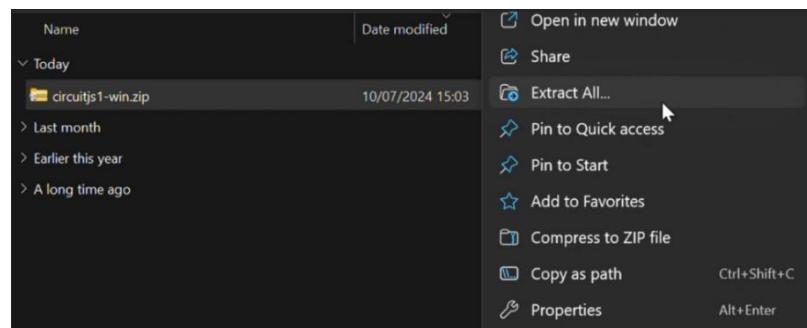
1. Buka link <https://falstad.com/circuit/offline/>
2. Pilih file yang akan diunduh sesuai dengan *Operating System*.

## Index of /circuit/offline

	<a href="#">Name</a>	<a href="#">Last modified</a>	<a href="#">Size</a>	<a href="#">Description</a>
«	<a href="#">Parent Directory</a>		-	
?	<a href="#">CircuitJS1-mac.dmg</a>	2024-02-26 00:07	89M	
?	<a href="#">CircuitJS1-macarm.dmg</a>	2024-02-26 22:59	110M	
?	<a href="#">circuitjs1-linux64.tgz</a>	2024-02-26 00:09	83M	
?	<a href="#">circuitjs1-win.zip</a>	2024-02-26 00:10	76M	

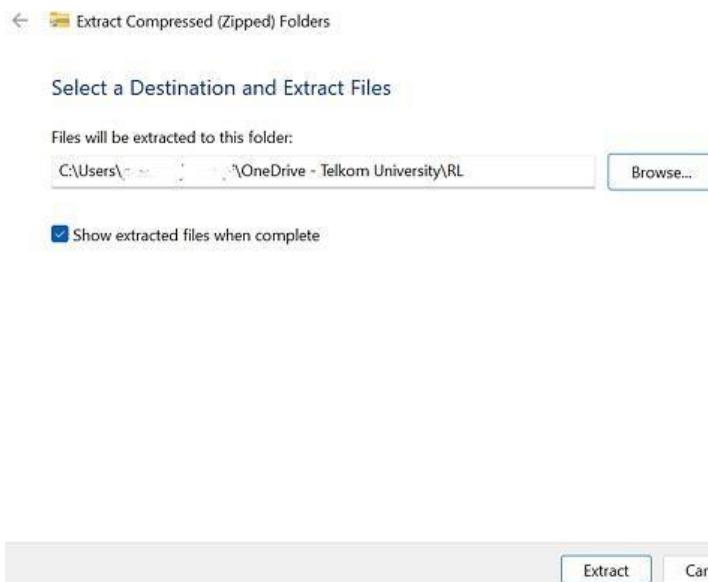
Gambar 3. 1 Memilih file sesuai operating system

3. Klik kanan pada file yang telah diunduh > *Extract All..*



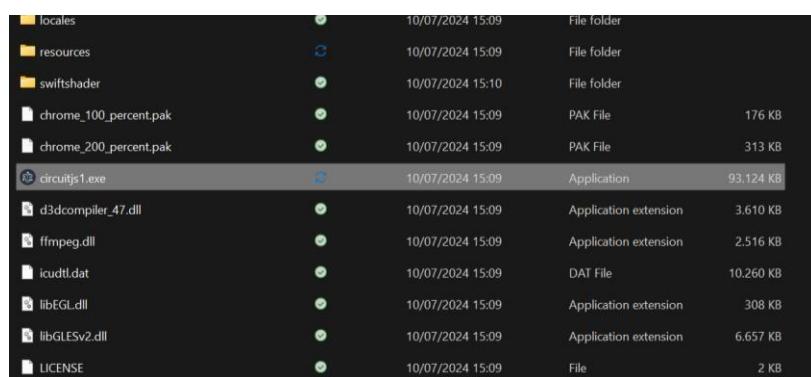
Gambar 3. 2 Lokasi "Extract All.."

4. Pilih akan disimpan pada *file* mana lalu *Extract*.



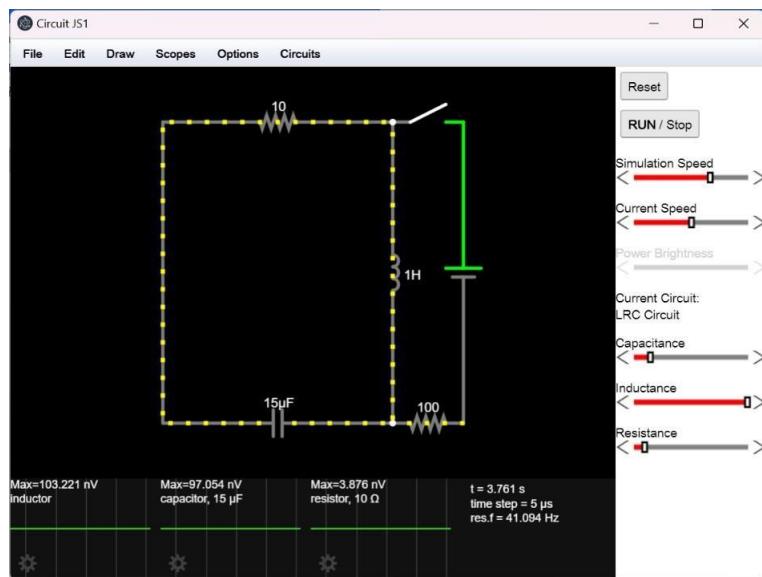
Gambar 3. 3 Pilih *file* untuk menyimpan *file Extract*

5. Buka *file* yang telah di-*Extract* > buka *Software circuitjs1.exe*



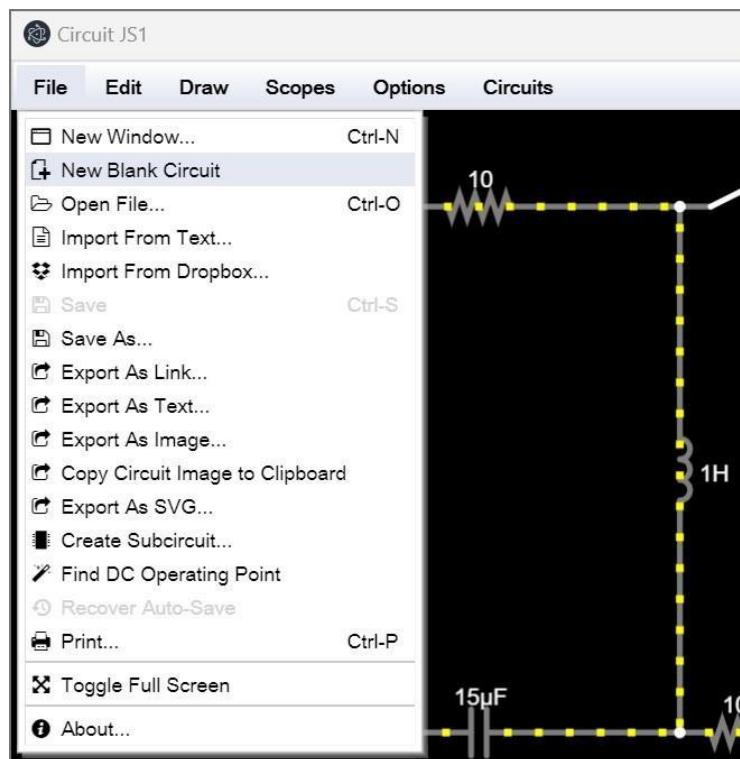
Gambar 3. 4 Software circuitjs1.exe

6. Tampilan *default* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



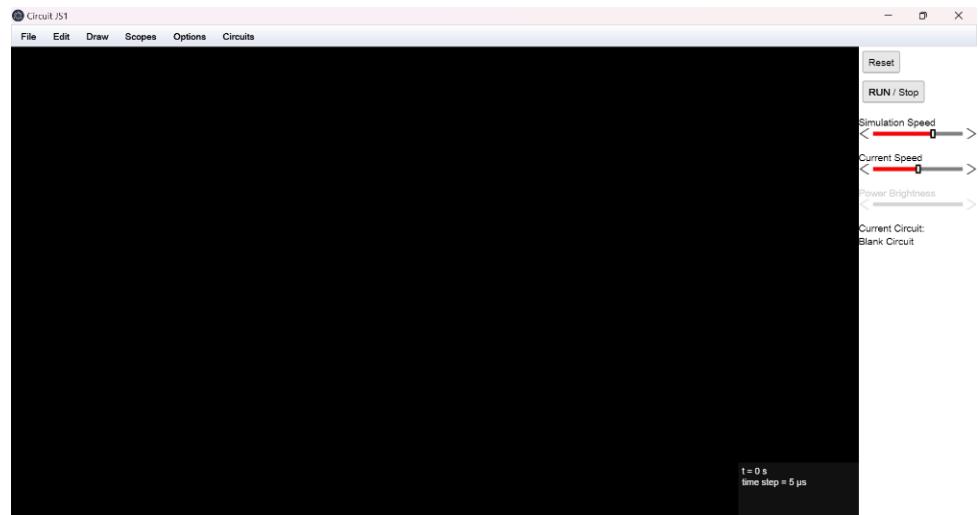
Gambar 3. 5 Default Circuit Simulator

7. Untuk membuka lembar kerja baru, pilih *File > New Blank Circuit*.



Gambar 3. 6 New Blank Circuit

8. Maka tampilan akan seperti ini.



Gambar 3. 7 Tampilan setelah "New Blank Circuit"

### **TUTORIAL AKSES ONLINE PROGRAM CIRCUIT SIMULATOR PADA SMARTPHONE**

1. Setting smartphone dalam bentuk landscape/auto rotate
2. Kunjungi link <https://www.falstad.com/circuit/circuitjs.html> melalui browser internet yang ada pada *smartphone* atau scan QR code berikut:

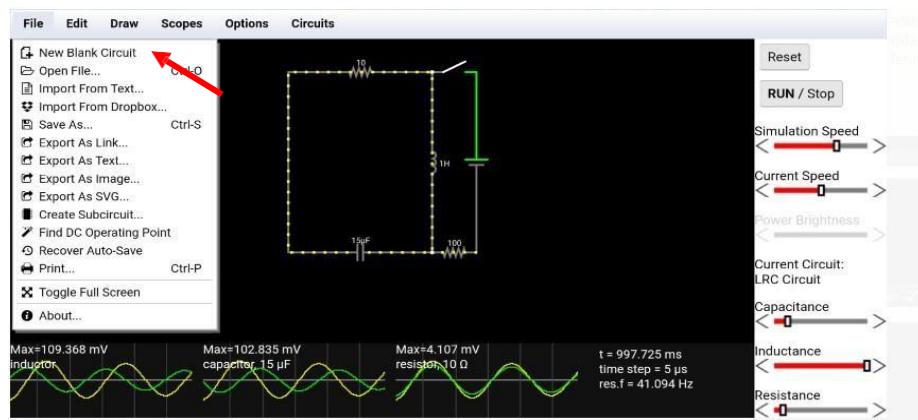


3. Jadikan layar *Circuit Simulator* menjadi *full screen* dengan cara *File > Toggle Full Screen*.



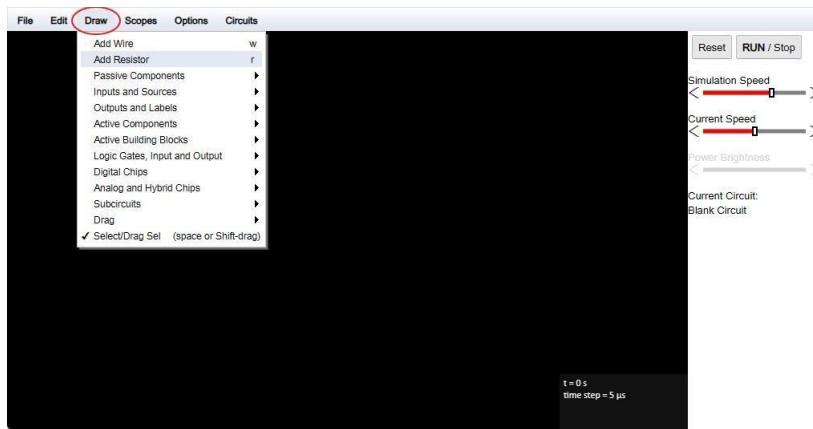
Gambar 3. 8 Tampilan layar full screen

- Untuk membuat halaman kerja/skematik kosong, klik *File* > *New Blank Circuit*.



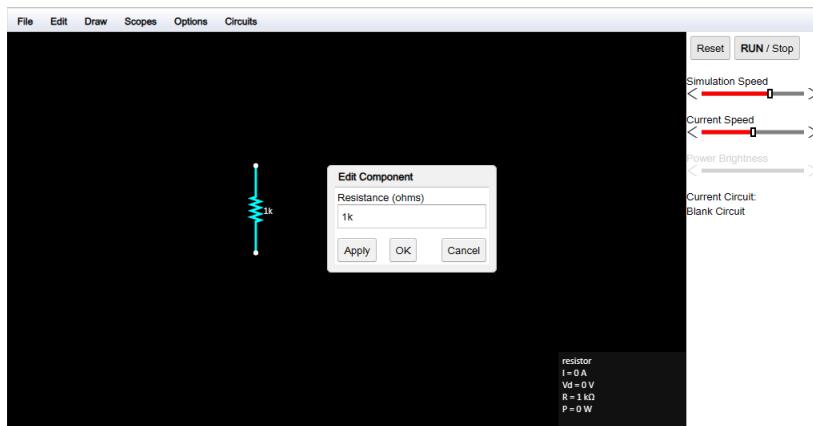
Gambar 3. 9 Menu "New Blank Circuit"

- Mulailah membuat rangkaian dengan memilih menu *Draw*. Semua komponen pada CS terdapat pada menu *Draw*. Pastikan setiap selesai drag komponen pada skematik untuk release komponen maka harus kembali ke menu *Draw* --> *Select/Drag Sel*. Gunakan menu *Select/Drag Sel* untuk memindahkan, memperpanjang/memperpendek komponen dan memutar komponen,



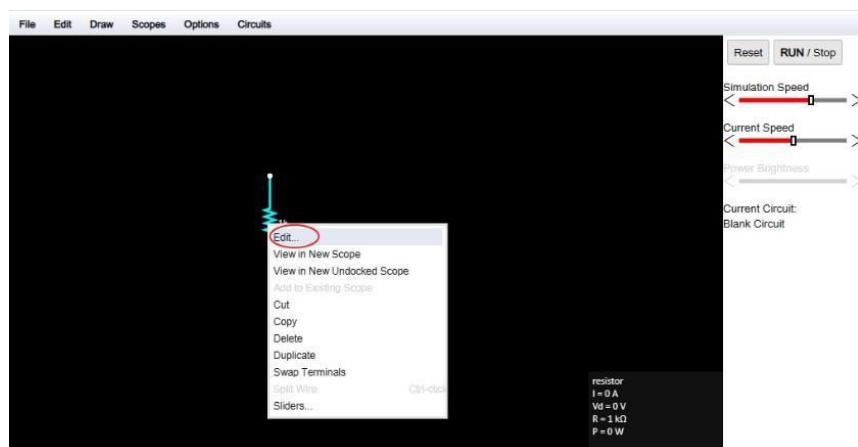
Gambar 3. 10 Menu "Draw"

- Untuk mengubah besaran komponen dengan cara ketuk dua kali pada komponen tersebut



Gambar 3. 11 Mengubah besaran komponen

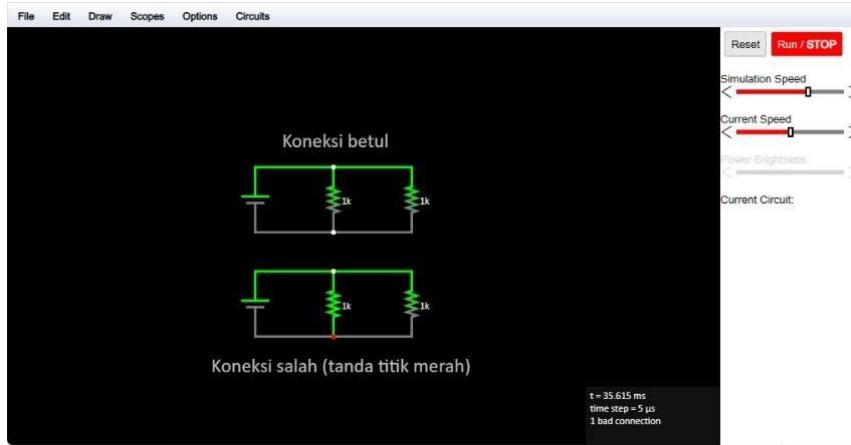
atau tahan beberapa lama pada komponen tersebut sehingga tampil seperti gambar berikut kemudian pilih Edit.



Gambar 3. 12 Menu "Edit"

- Untuk menghubungkan antar komponen dengan melakukan klik *Draw --> Add Wire*, pastikan ujung komponen terhubung dengan ujung komponen

lainnya (tidak diperkenankan menarik *wire* langsung sekaligus, berakibat *bad connection/tanda titik merah*, untuk itu *wire* harus satu per satu ujung ke ujung).



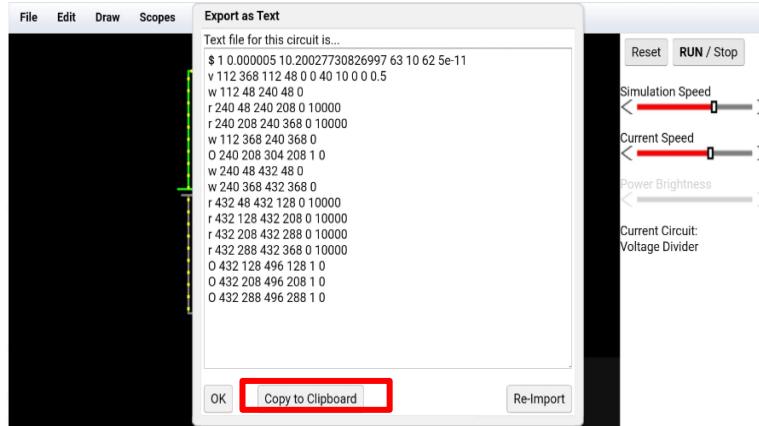
Gambar 3. 13 Menghubungkan komponen

- Untuk menyimpan rangkaian, klik *File > Export As...* (bentuk dokumen yang diinginkan). Contoh: Jika file disimpan dalam bentuk *text*. Klik *File > Export As Text*.



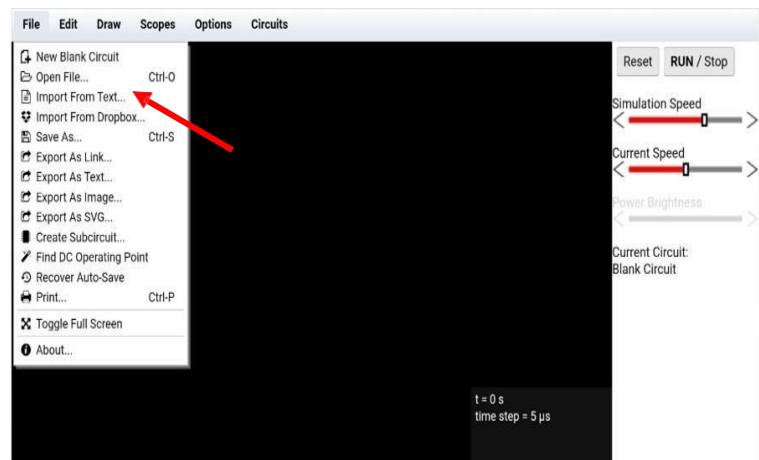
Gambar 3. 14 Menu "Export As Text"

Selanjutnya klik *Copy to Clipboard > OK*, kemudian simpan file dalam bentuk .txt tersebut di *smartphone*.



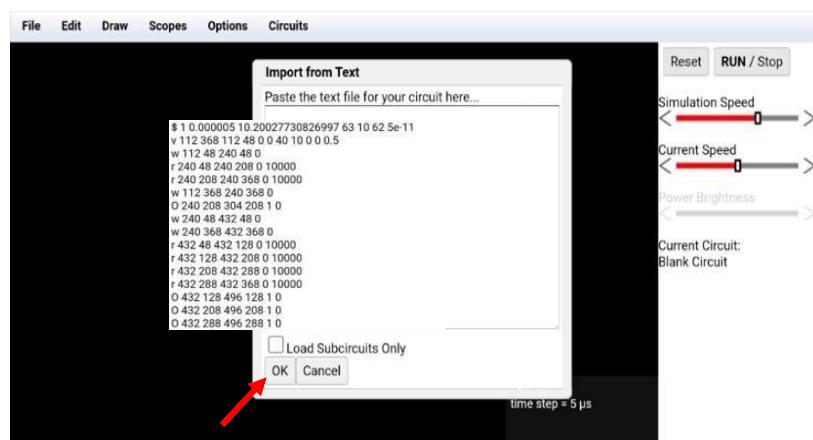
Gambar 3. 15 Menyimpan file ".txt"

9. Untuk mengimport file dalam bentuk *text*, klik *File > Import From Text*.



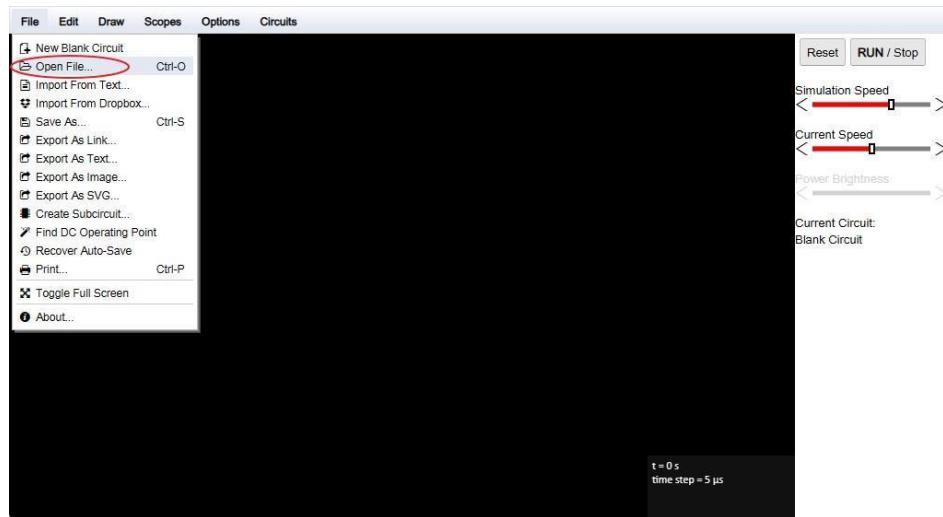
Gambar 3. 16 Menu "Import from Text"

Masukan *text* dari file yang sudah dicopy > OK.



Gambar 3. 17 Memasukkan file dari teks hasil copy

10. Cara berikutnya untuk membuka file .txt yang sudah tersimpan, klik *File* -> *Open file* kemudian cari file bentuk .txt

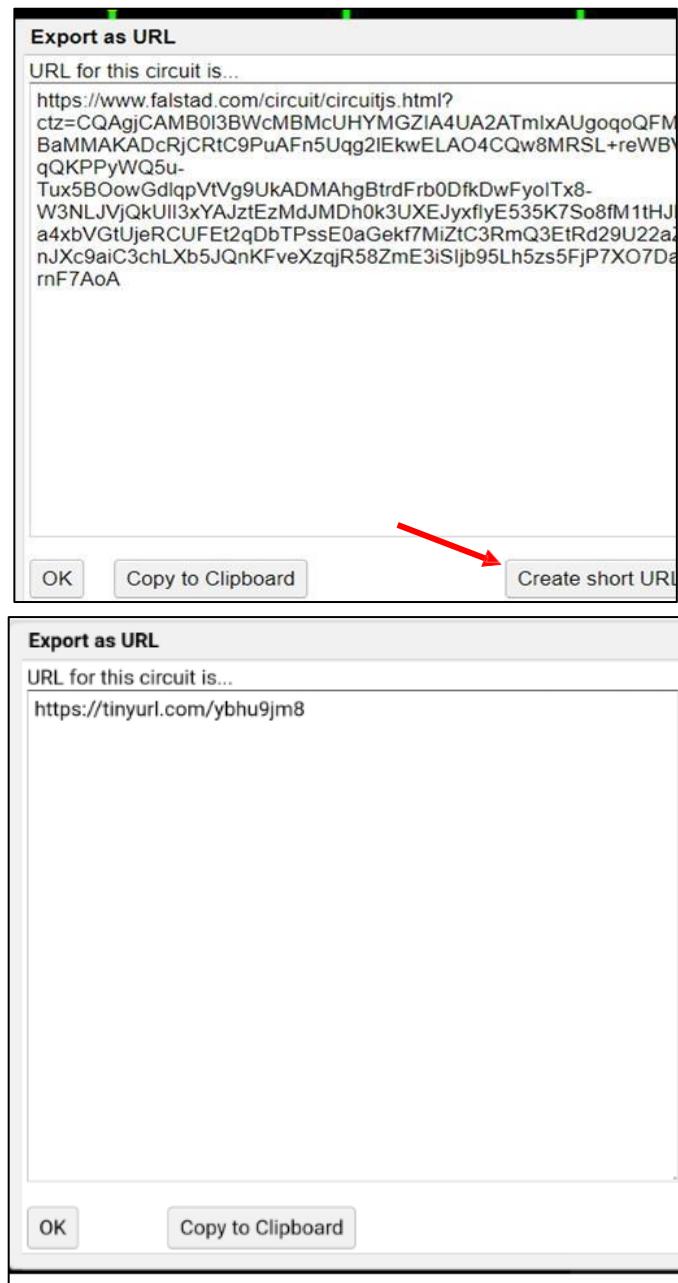


Gambar 3. 18 Membuka file lama

11. File dapat disimpan dalam bentuk tautan dengan cara klik *File* > *Export As Link*. *Link* dapat dipersingkat. Tautan dapat disimpan dalam notes atau aplikasi dokumen lainnya.



Gambar 3. 19 Membuka file dalam bentuk tautan

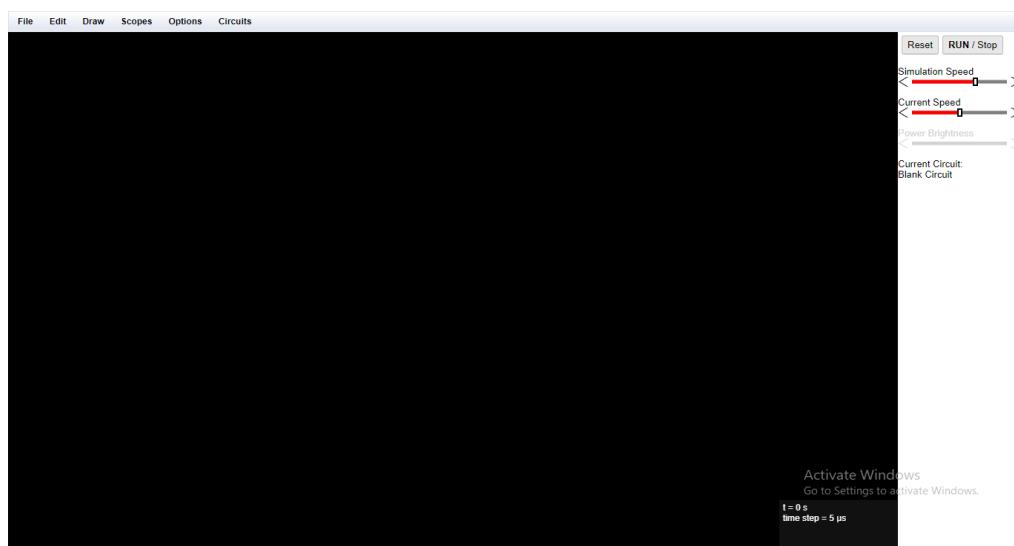


Gambar 3. 20 File rangkaian bentuk teks.

Maka akan muncul *file* rangkaian yang sudah disimpan dalam bentuk teks.

Untuk membuka *file* dalam bentuk *link url*, ketuk sebanyak dua kali atau *copy-paste* ke web browser.

## PANDUAN MENU *CIRCUIT SIMULATOR*



Gambar 3. 21 Tampilan utama Circuit Simulator

Tabel 3. 1 Menu "File" Circuit Simulator

File	Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
New Blank Circuit					Membuat file baru
Open File...				Ctrl-O	Membuka file yang sudah tersedia
Import From Text...					Mengimpor file dari .txt
Import From Dropbox...					Mengimpor file dari Dropbox
Save As...				Ctrl-S	Menyimpan file
Export As Link...					
Export As Text...					
Export As Image...					
Export As SVG...					
Create Subcircuit...					Membuat model subsirkuit
Find DC Operating Point					Untuk sirkuit yang membutuhkan waktu lama untuk digunakan. Biasanya digunakan untuk mengisi daya kapasitor
Print...				Ctrl-P	Mencetak file
Toggle Full Screen					Membuat tampilan circuit simulator menjadi full screen
About...					Deskripsi program

Tabel 3. 2 Menu "Edit" Circuit Simulator

File	Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
Undo	Ctrl-Z				Membatalkan tindakan sebelumnya
Redo	Ctrl-Y				Mengembalikan kembali tindakan yang telah dibatalkan sebelumnya.
Cut	Ctrl-X				Memotong/memindahkan elemen yang dipilih
Copy	Ctrl-C				Menyalin elemen yang dipilih
Paste	Ctrl-V				Menempelkan elemen yang telah dipotong/disalin
Duplicate	Ctrl-D				Menduplikasi elemen yang dipilih
Select All	Ctrl-A				Menandai seluruh elemen pada lembar kerja
Find Component... /					Mencari komponen
Centre Circuit					Menempatkan seluruh komponen pada bagian tengah lembar kerja
Zoom 100% 0					Mengembalikan ukuran lembar kerja ke <i>default</i>
Zoom In +					Memperbesar tampilan objek
Zoom Out -					Memperkecil tampilan objek

Tabel 3. 3 Menu "Draw" Circuit Simulator

File	Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
Add Wire		w			Menambahkan kabel untuk menghubungkan antarkomponen
Add Resistor		r			Menambahkan komponen resistor
Passive Components		▶			Menambahkan komponen pasif
Inputs and Sources		▶			Menambahkan komponen <i>input</i> dan sumber
Outputs and Labels		▶			Menambahkan komponen <i>output</i> dan memberikan label
Active Components		▶			Menambahkan komponen aktif
Logic Gates, Input and Output		▶			Menambahkan gerbang logika, <i>input</i> , dan <i>output</i> .
Digital Chips		▶			Menu cip digital
Analog and Hybrid Chips		▶			Menu cip analog dan hibrida
Subcircuits		▶			Menambahkan <i>ground</i>
Drag		▶			Menggeser komponen
Select/Drag Sel (space or Shift-drag)					Menyeleksi komponen

Tabel 3. 4 Menu "Scopes" Circuit Simulator

File	Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
	Stack All			Menyatukan hasil simulasi dalam satu grafik horizontal (induktor, kapasitor, resistor)	
	Unstack All			Memisahkan hasil simulasi satu per satu (induktor, kapasitor, resistor)	
	Combine All			Menyatukan hasil simulasi kedalam satu grafik	
	Separate All			Memisahkan hasil simulasi menjadi tiga bagian (induktor, kapasitor, resistor)	

Tabel 3. 5 Menu "Options" Circuit Simulator

File	Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
Show Current				Menampilkan ilustrasi arus	
Show Voltage				Menampilkan tegangan	
Show Power				Menampilkan daya	
Show Values				Menampilkan nilai pada komponen	
Small Grid				Merapatkan garis-garis grid agar lebih padat	
Show Cursor Cross Hairs				Menampilkan penujuk silang garis horizontal dan vertikal	
European Resistors				Mode simbol resistor Eropa	
IEC Gates				Menampilkan simbol gerbang logika standar IEC	
White Background				Merubah latar belakang menjadi putih	
Conventional Current Motion				Menampilkan gerakan arus konvensional	
Disable Editing				Menonaktifkan pengeditan	
Edit Values With Mouse Wheel				Fitur pengeditan nilai komponen dengan menggulirkan scroll mouse	
Shortcuts...				Menampilkan pintasan dan dapat menambahkan pintasan pada menu Shorcuts	
Other Options...				Kustomisasi pengaturan	

Tabel 3. 6 Menu "Circuits" Circuit Simulator

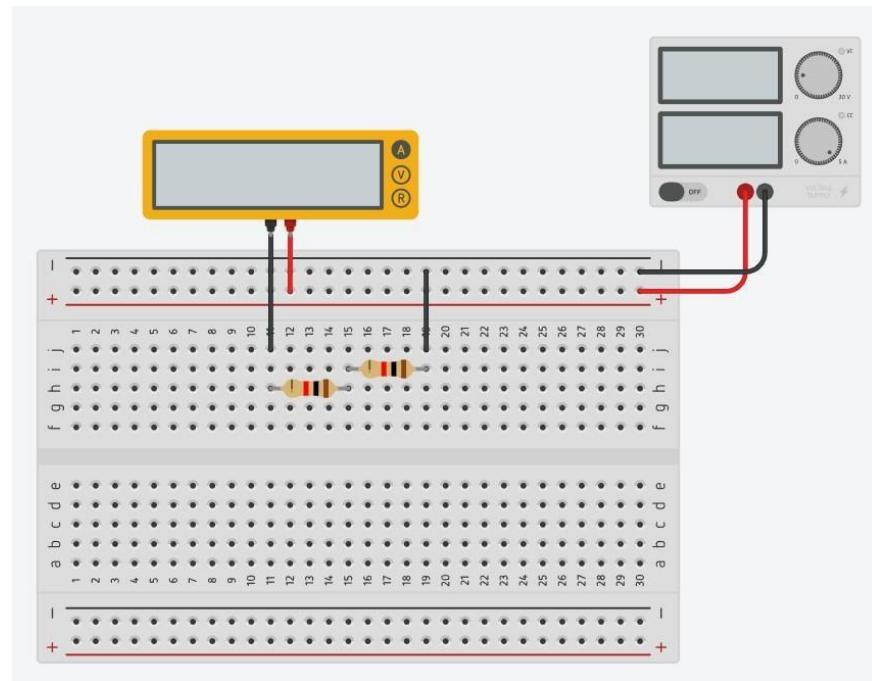
File	Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
<a href="#">Basics</a>					Menu Sirkuit dapat digunakan untuk melihat beberapa sirkuit pra-definisi yang menarik. Setelah sirkuit dipilih, nantinya dapat memodifikasinya sesuai keinginan.
<a href="#">A/C Circuits</a>					Contoh, jika memilih menu <i>Basics</i> maka akan ada pilihan:
<a href="#">Passive Filters</a>					a) Resistor: ini menunjukkan beberapa resistor dengan berbagai ukuran secara seri dan paralel.
<a href="#">Other Passive Circuits</a>					b) Kapasitor: ini menunjukkan kapasitor yang dapat diisi dan kosongkan dengan mengklik sakelar.
<a href="#">Diodes</a>					c) Induktor: ini menunjukkan induktor yang dapat diisi dan dikosongkan dengan mengklik sakelar.
<a href="#">Op-Amps</a>					d) Sirkuit LRC: ini menunjukkan sirkuit berosilasi dengan induktor, resistor, dan kapasitor. Dapat menutup sakelar untuk menggerakkan arus di induktor, lalu membuka sakelar untuk melihat osilasi.
<a href="#">Transistors</a>					e) Pembagi Tegangan: ini menunjukkan pembagi tegangan, yang menghasilkan tegangan referensi 7.5V, 5V, dan 2.5V dari catu daya 10V.
<a href="#">MOSFETs</a>					f) Teorema Thevenin menyatakan bahwa rangkaian di atas sama dengan rangkaian di bawah.
<a href="#">555 Timer Chip</a>					g) Teorema Norton menyatakan bahwa rangkaian di atas sama dengan rangkaian di bawah.
<a href="#">Active Filters</a>					Penjelasan selengkapnya dapat dilihat pada tautan berikut. <a href="https://www.falstad.com/circuit/directions.html">https://www.falstad.com/circuit/directions.html</a>
<a href="#">Logic Families</a>					
<a href="#">Combinational Logic</a>					
<a href="#">Sequential Logic</a>					
<a href="#">Analog/Digital</a>					
<a href="#">Power Converters</a>					
<a href="#">Phase-Locked Loops</a>					
<a href="#">Transmission Lines</a>					
<a href="#">Misc Devices</a>					
<a href="#">Blank Circuit</a>					

### 3.5 Prosedur Praktikum

Buatlah rangkaian seperti berikut pada aplikasi Circuit Simulator.

#### 3.5.1 Rangkaian Seri

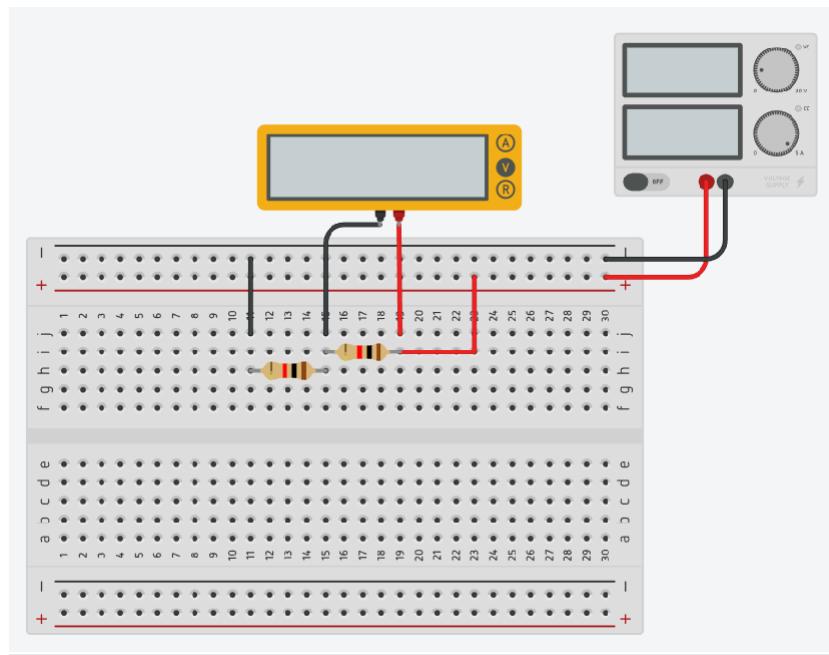
##### Mengukur Arus pada Rangkaian Seri



Gambar 3. 22 Rangkaian seri Pengukur Arus

Buat rangkaian diatas pada aplikasi Circuit Simulator. Gunakan resistor  $1k\Omega$  dan sumber tegangan sebesar 5 Volt. Catat hasil pengukuran pada jurnal.

### Mengukur Tegangan pada Rangkaian Seri

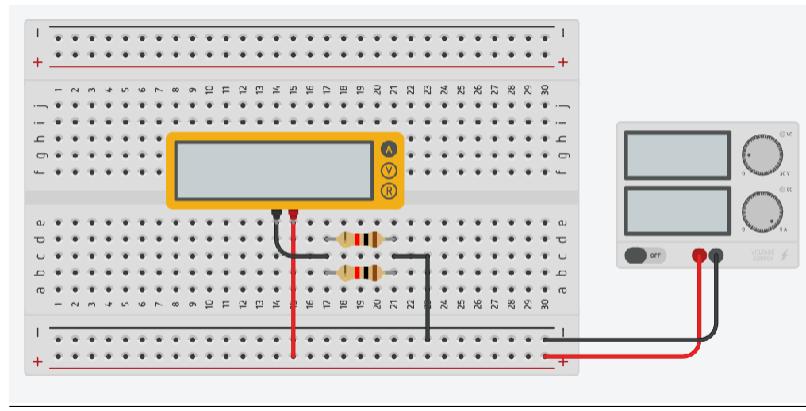


Gambar 3. 23 Rangkaian Seri Pengukur Tegangan

Buat rangkaian diatas pada aplikasi Circuit Simulator. Gunakan resistor  $1\text{k}\Omega$  dan sumber tegangan sebesar 5 Volt. Catat hasil pengukuran pada jurnal.

### **3.5.2 Rangkaian Paralel**

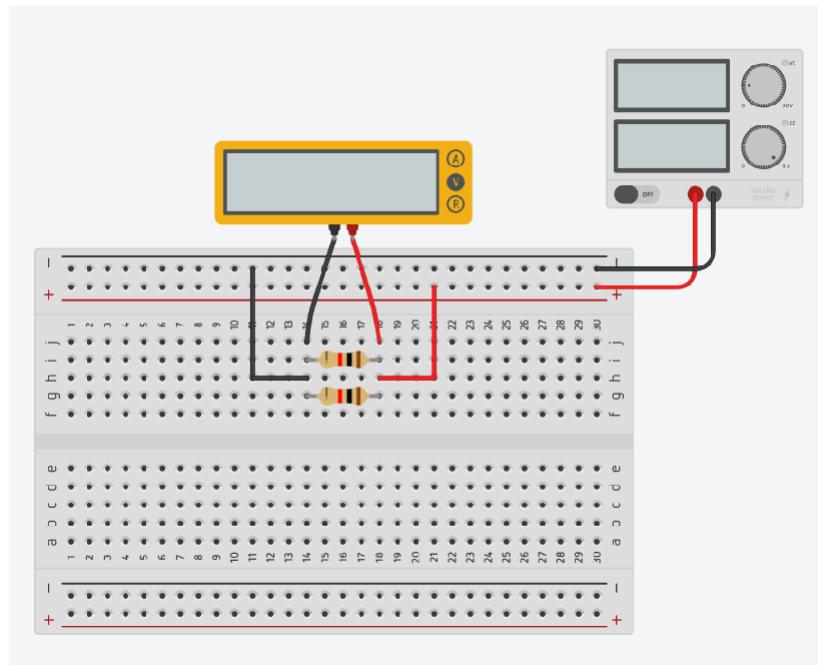
#### Mengukur Arus pada Rangkaian Paralel



Gambar 3. 24 Rangkaian Paralel Pengukur Arus

Buat rangkaian diatas pada aplikasi Circuit Simulator. Gunakan resistor  $1k\Omega$  dan sumber tegangan sebesar 5 Volt. Catat hasil pengukuran pada jurnal.

#### Mengukur Tegangan pada Rangkaian Paralel



Gambar 3. 25 Rangkaian Paralel Pengukur Tegangan

Buat rangkaian diatas pada aplikasi Circuit Simulator. Gunakan resistor  $1k\Omega$  dan sumber tegangan sebesar 5 Volt. Catat hasil pengukuran pada jurnal.

## MODUL 4

### Teorema Substitusi dan Superposisi

#### 4.1 Tujuan

Setelah mengikuti praktikum, praktikan diharapkan dapat:

1. Mampu membuktikan teorema substitusi dan superposisi dengan komponen resistor sumber DC.
2. Mengukur serta menghitung arus dan tegangan pada suatu beban dalam rangkaian yang bersifat linier dengan menerapkan teorema superposisi dan substitusi.

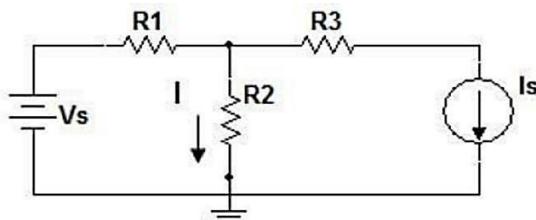
#### 4.2 Alat dan Bahana

1. Multimeter
2. Sumber tegangan DC
3. *Function Generator*
4. *Project Board*
5. Resistor 1k  $\Omega$ , 2k2  $\Omega$ , dan 4k7  $\Omega$
6. Kabel Jumper
7. Kabel Probe

#### 4.3 Dasar Teori

##### 4.3.1 Rangkaian Superposisi

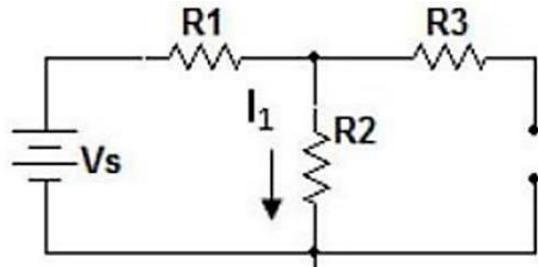
Teorema superposisi menyatakan bahwa arus dan tegangan untuk setiap elemen dalam rangkaian linear dengan beberapa sumber adalah jumlah arus dan tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sumber yang bekerja secara independen. Berikut ilustrasinya.



Gambar 4. 1 Rangkaian dua sumber bebas

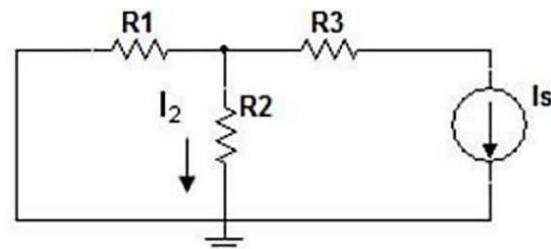
Dari rangkaian di atas ditanyakan nilai arus I, Langkah mengerjakannya jika dengan menggunakan Rangkaian Superposisi:

1. Saat sumber tegangan aktif dan sumber arus non aktif (Open Circuit), ukur nilai arus pada R2.



Gambar 4. 2 Sumber arus dijadikan open circuit

2. Saat sumber arus aktif dan sumber tegangan nonaktif (Short Circuit), ukur nilai arus pada R2



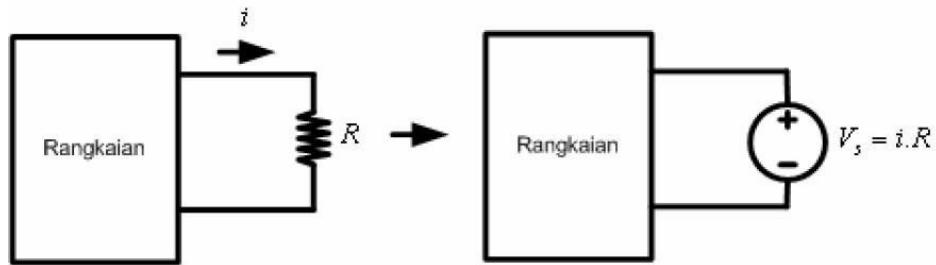
Gambar 4. 3 Rangkaian Short Circuit

3. Dengan nilai  $I_1$  dan  $I_2$  yang diperoleh, jumlahkan kedua nilai untuk mendapatkan hasil nilai I

### 4.3.2 Rangkaian Substitusi

Pada teorema substitusi ini berlaku bahwa suatu komponen atau elemen pasif yang dilalui oleh sebuah arus yang mengalir (sebesar  $i$ ) maka pada komponen pasif tersebut dapat digantikan dengan sumber tegangan  $V_s$  yang mempunyai nilai yang sama saat arus tersebut melalui komponen pasif tersebut.

Jika pada komponen pasifnya adalah sebuah resistor sebesar  $R$ , maka sumber tegangan penggantinya bernilai  $V_s = i.R$  dengan tahanan dalam dari sumber tegangan tersebut sama dengan nol.

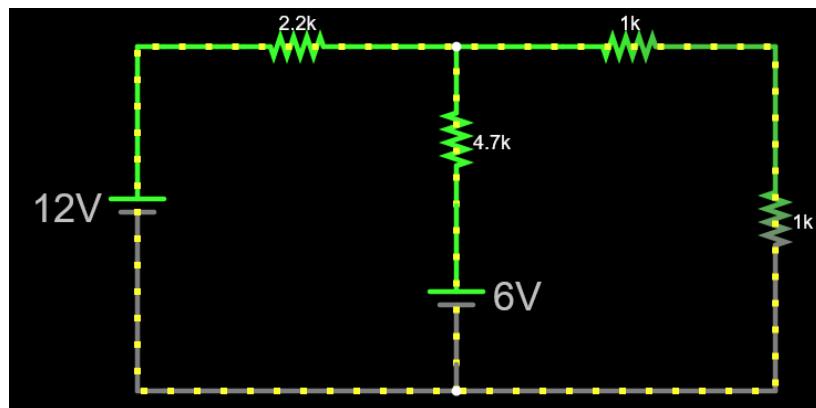


Gambar 4. 4 Ilustrasi Rangkaian Substitusi

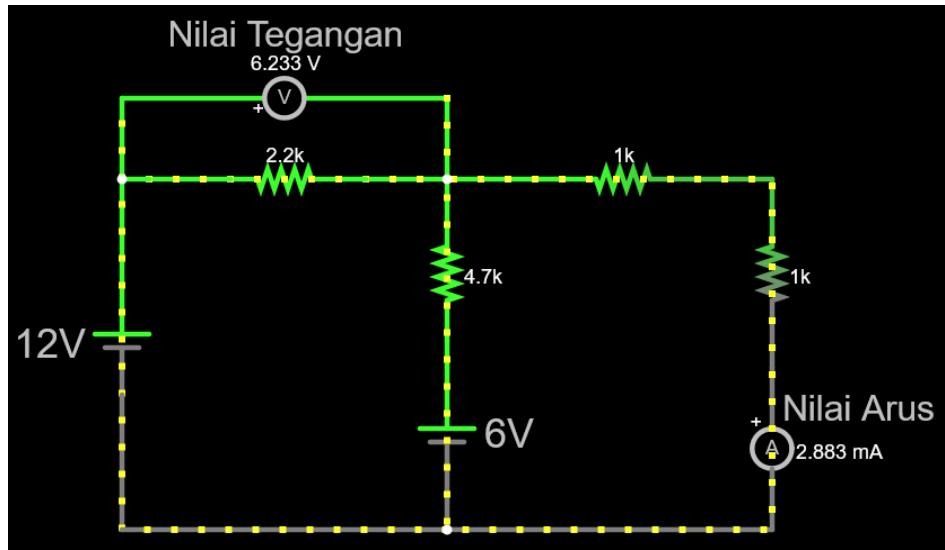
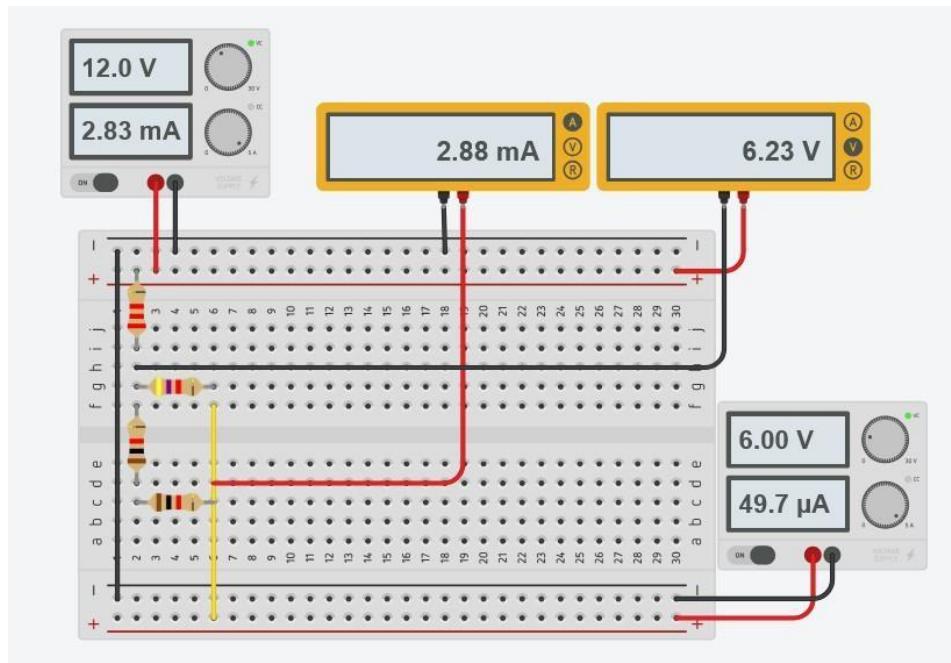
## 4.4 Prosedur Praktikum

### 4.4.1 Rangkaian Superposisi

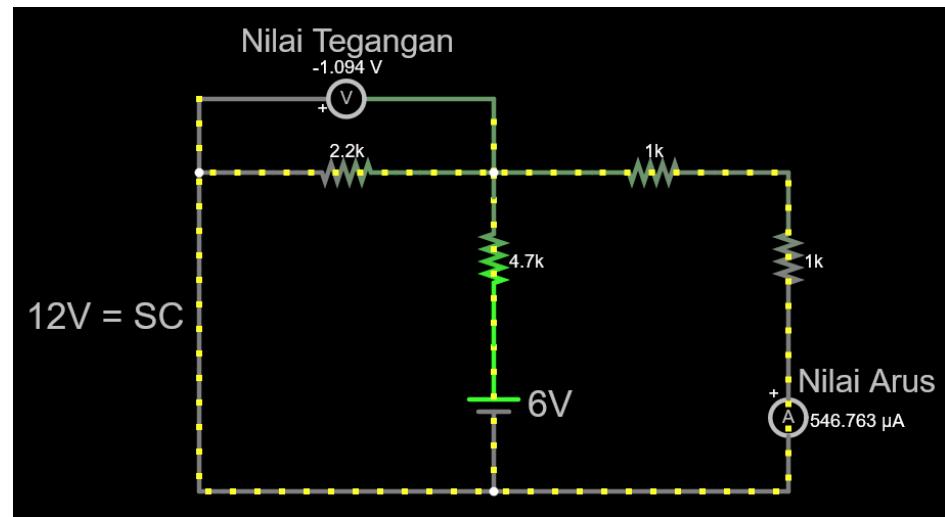
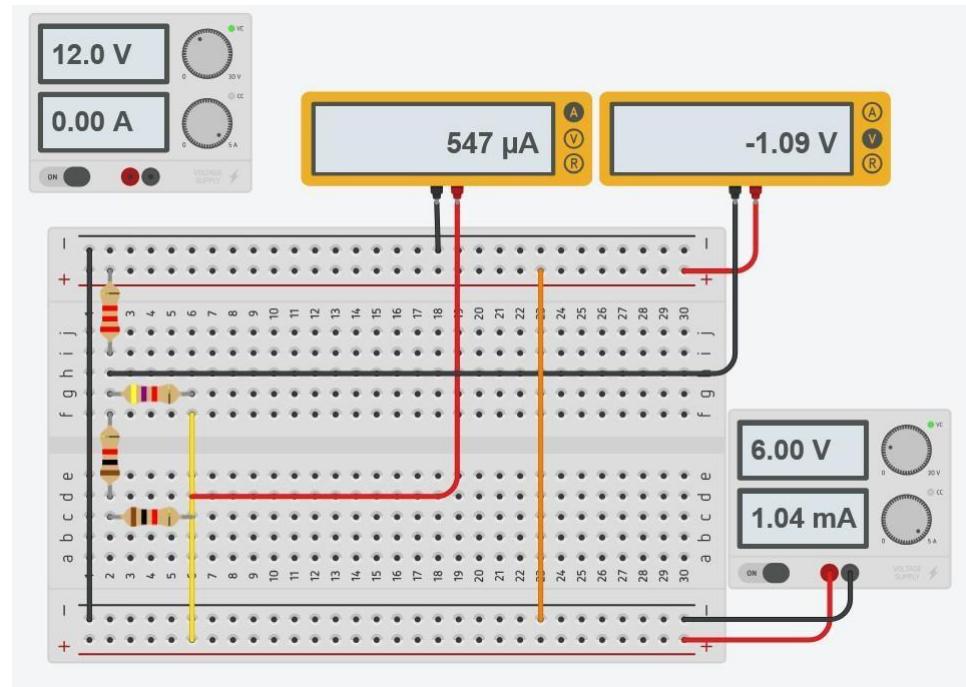
1. Buatlah rangkaian sebagai berikut.



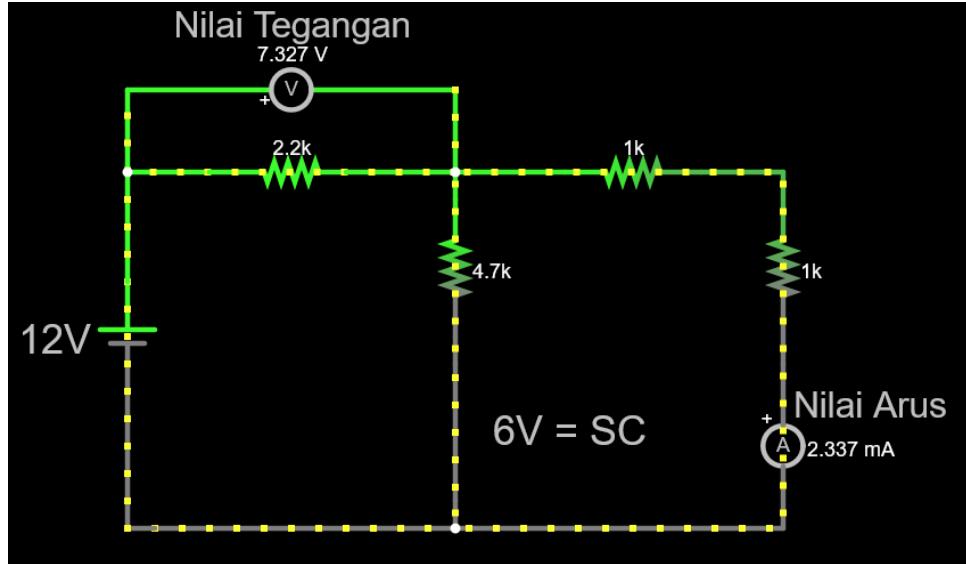
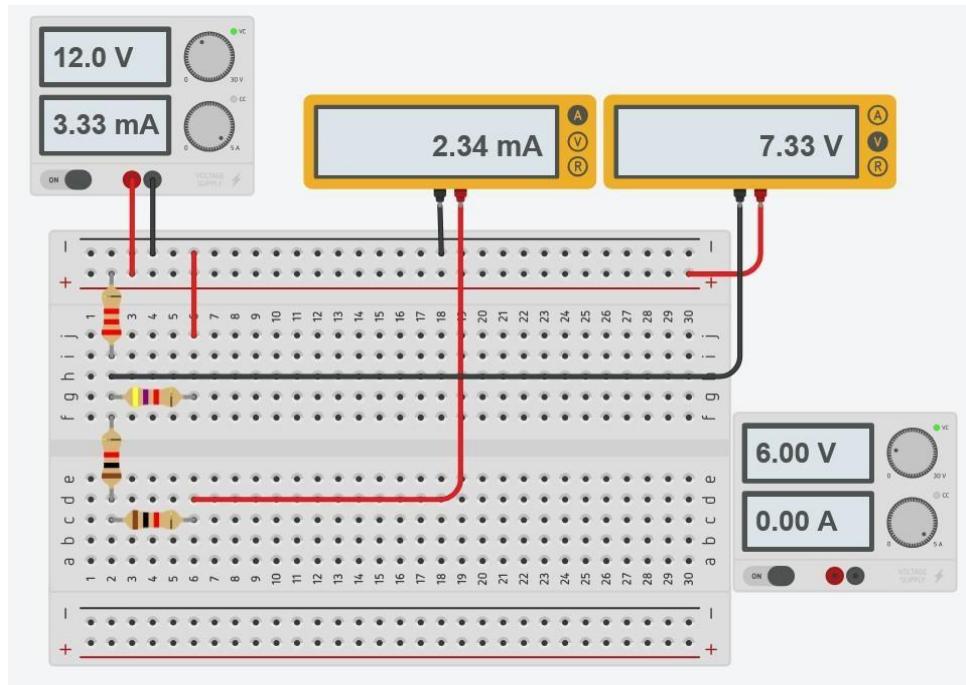
2. Dengan kondisi 12V dan 6V aktif, ukur dan catat nilai arus (I) di resistor  $1\text{k}\Omega$  dan nilai tegangan (V) di resistor  $2\text{k}2\Omega$  pada jurnal.



3. Cabut dan ubah tegangan 12V menjadi short circuit, ukur arus dan tegangan pada titik yang sama seperti sebelumnya, kemudian catat hasil pengukurannya pada jurnal.



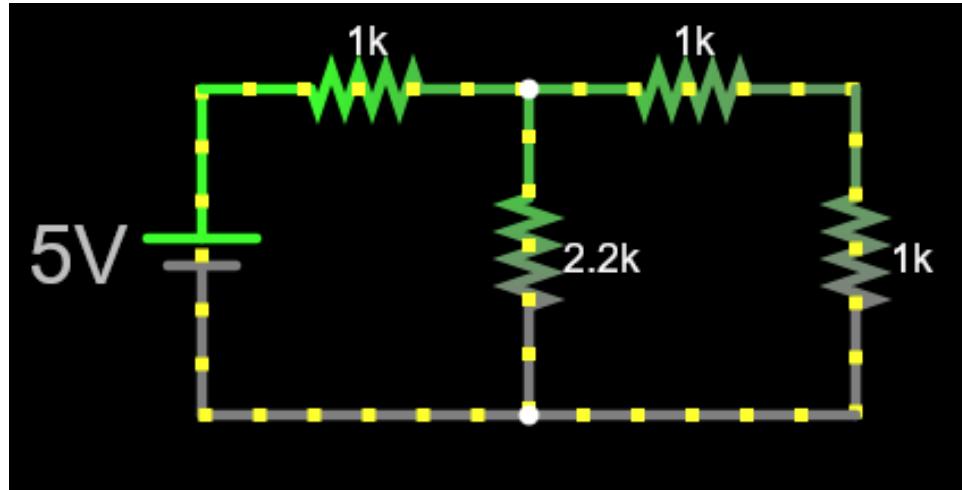
4. Sambungkan kembali tegangan 12V ke rangkaian, cabut dan ubah tegangan 6V menjadi short circuit, ukur nilai arus dan tegangan di titik yang sama dan catat hasil pengukurannya pada jurnal.



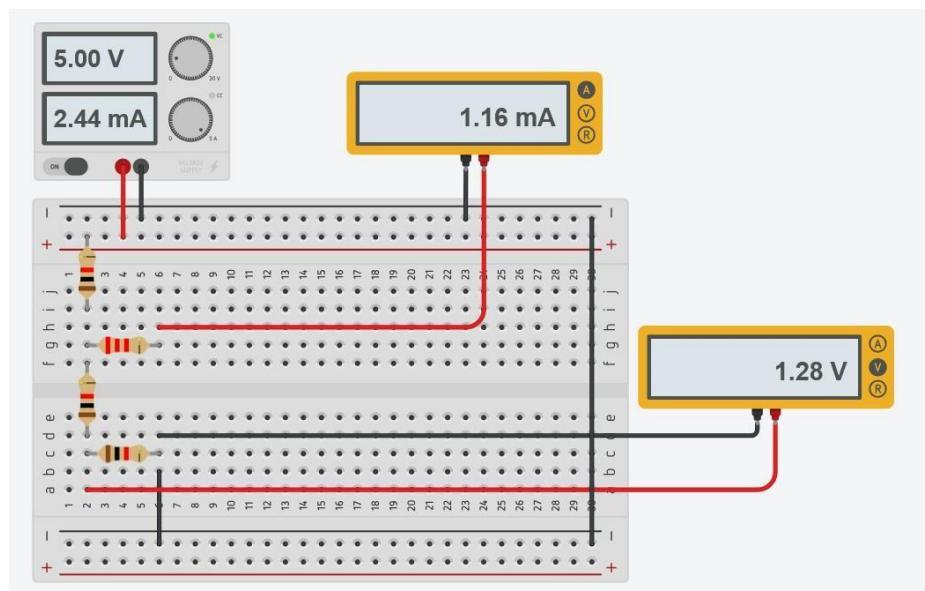
5. Bandingkan ketiga hasil pengukuran arus pada titik tersebut.

#### 4.4.2 Rangkaian Substitusi

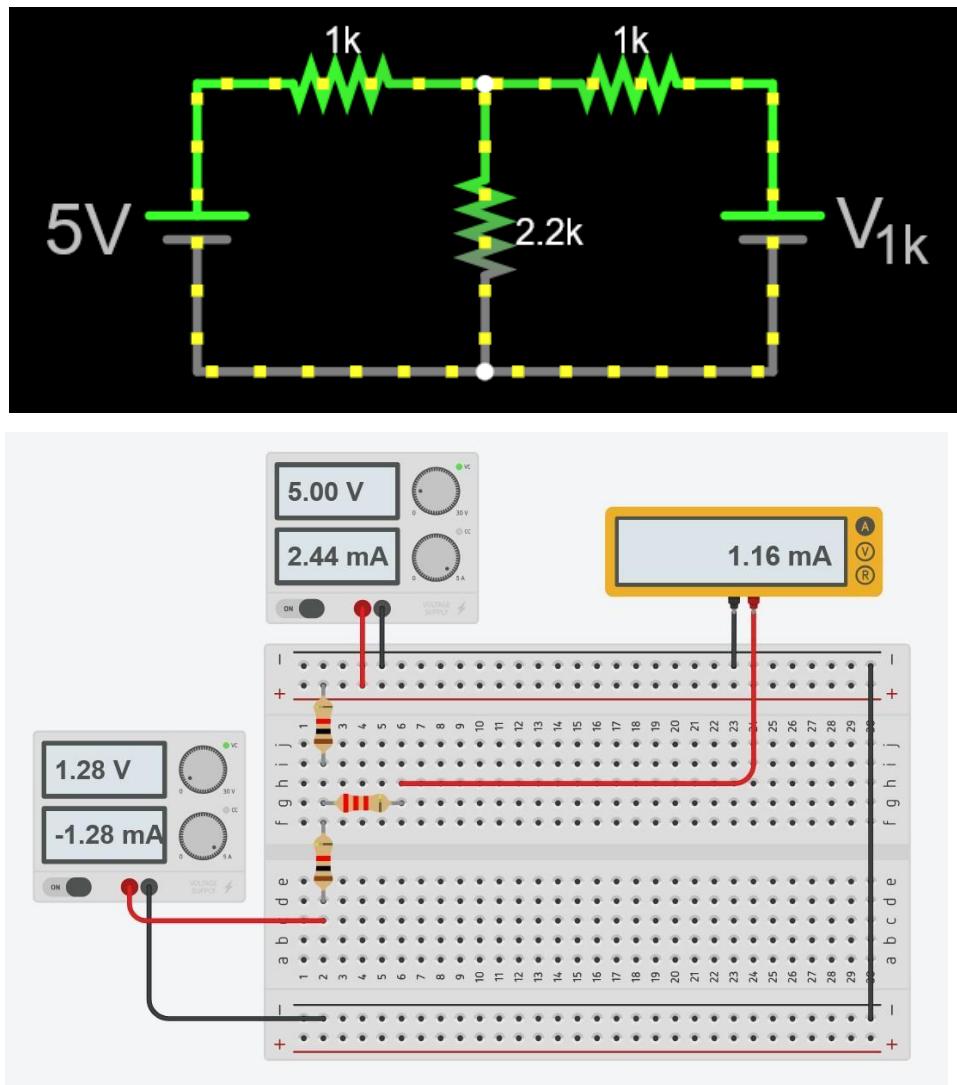
- Buatlah rangkaian sebagai berikut.



- Dengan kondisi 5V aktif, ukur nilai tegangan (V) pada resistor  $1\text{k}\Omega$  yang akan digunakan sebagai sumber tegangan pengganti, ukur arus (I) pada resistor  $2\text{k2}\Omega$ , kemudian catat hasil pengukurannya pada jurnal



3. Cabut dan ubah resistor  $1\text{k}\Omega$  menjadi sumber Tegangan pengganti yang telah diukur, ukur arus pada resistor  $2\text{k}2\Omega$ , kemudian catat hasil pengukurannya pada jurnal.



4. Catat hasil pengukuran pada jurnal dan bandingkan hasilnya dengan pengukuran secara langsung.

# MODUL 5

## Teorema Thevenin, Norton, dan Transfer Daya Maksimum

### 5.1 Tujuan

Setelah mengikuti praktikum, praktikan diharapkan dapat:

1. Membuktikan teorema Thevenin dan rangkaian penggantinya
2. Membuktikan teorema Norton dan rangkaian penggantinya.
3. Menentukan tegangan dan arus pada rangkaian pengganti Thevenin dan Norton.
4. Membuktikan transfer daya maksimum

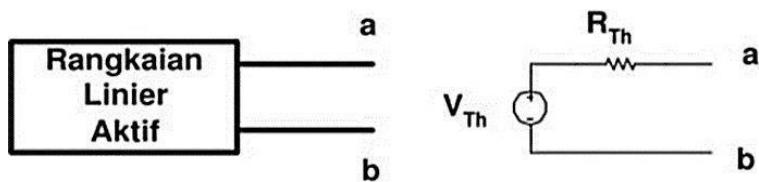
### 5.2 Alat dan Bahan

1. *DC Power Supply*
2. Multimeter
3. *Jumper*
4. Resistor  $100\ \Omega$ ,  $220\ \Omega$ ,  $4k7\ \Omega$ ,  $1k\ \Omega$ ,  $2k2\ \Omega$ ,  $470\ \Omega$
5. *Project Board*

### 5.3 Dasar Teori

#### 5.3.1 Teorema Thevenin

Teorema Thevenin menyatakan bahwa rangkaian linear dua terminal dapat disederhanakan menjadi satu **sumber tegangan ekivalen** ( $V_{Th}$ ) yang dihubungkan secara **seri** dengan sebuah **tahanan ekivalennya** ( $R_{Th}$ ) pada dua terminal yang diamati. Skema rangkaian penggantinya adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 1 Rangkaian pengganti Thevenin

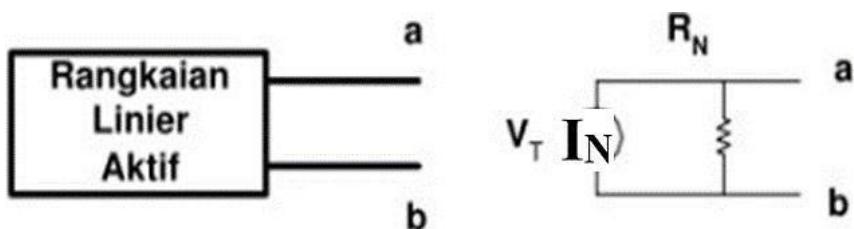
Tujuan dari teorema ini adalah menyederhanakan analisis rangkaian yang kompleks menjadi rangkaian pengganti yang lebih sederhana, dengan hasil perhitungan yang sama dengan rangkaian sebelumnya.

Adapun langkah-langkah penyederhanaan rangkaian menggunakan teorema Thevenin adalah sebagai berikut.

1. Tentukan dua titik yang akan diukur besaran listriknya (arus/tegangan).
2. Anggap titik-titik tersebut sebagai titik a dan titik b, serta sambungan antara keduanya sebagai parameter a-b.
3. Lepaskan resistor yang menghubungkan titik a ke titik b ( $R_{ab}$ ) sehingga sambungan antara kedua titik terputus (*open circuit*), lalu hitung tegangan yang mengalir antara titik a dan titik b (tegangan ini kita sebut sebagai  $V_{th}$ ).
4. Nonaktifkan semua sumber bebas (*short circuit* untuk sumber tegangan dan *open circuit* untuk sumber arus), lalu hitung resistansi ekivalen pada rangkaian tersebut (nilai resistansi ekivalen =  $R_{th}$ ).
5. Buatlah rangkaian pengganti Thevenin dengan cara menghubungkan  $V_{th}$ ,  $R_{ab}$ , dan  $R_{th}$  secara seri.
6. Hitung besaran (tegangan/arus) pada  $R_{ab}$ .

### 5.3.2 Teorema Norton

Teorema Norton menyatakan bahwa setiap rangkaian listrik yang terdiri dari berbagai sumber arus, sumber tegangan, dan resistansi dapat digantikan oleh sebuah rangkaian pengganti yang terdiri dari sumber arus tunggal ( $I_N$ ) yang dikenal sebagai arus Norton dan resistansi tunggal ( $R_N$ ) yang dikenal sebagai resistansi Norton. Berikut adalah gambar rangkaian penggantinya.



Gambar 5. 2 Rangkaian pengganti Norton

Sama seperti teorema Thevenin, teorema Norton memiliki tujuan untuk menyederhanakan analisis rangkaian. Namun, teorema Norton memiliki rangkaian pengganti yang berbeda dengan teorema Thevenin.

Adapun langkah-langkah penyederhanaan rangkaian menggunakan teorema Norton adalah sebagai berikut.

1. Tentukan dua titik yang akan diukur besaran listriknya (arus/tegangan).
2. Anggap titik-titik tersebut sebagai titik a dan titik b, serta sambungan antara keduanya sebagai parameter a-b.
3. Lepaskan resistor yang menghubungkan titik a ke titik b ( $R_{ab}$ ) sehingga sambungan antara kedua titik terputus (*open circuit*), lalu sambungkan kembali kedua titik tersebut menggunakan *jumper* sehingga parameter a-b menjadi *short circuit*.
4. Hitung nilai arus ( $I_N$ ) pada parameter a-b.
5. Nonaktifkan semua sumber bebas (*short circuit* untuk sumber tegangan dan *open circuit* untuk sumber arus), lalu hitung resistansi ekivalen pada rangkaian tersebut (nilai resistansi ekivalen =  $R_N$ ).
6. Buatlah rangkaian pengganti Thevenin dengan cara menghubungkan  $I_N$ ,  $R_{ab}$ , dan  $R_N$  secara paralel.
7. Hitung besaran (tegangan/arus) pada  $R_{ab}$ .

### 5.3.3 Transfer Daya Maksimum

Transfer daya maksimum terjadi jika nilai resistansi beban sama dengan nilai resistansi sumber ( $R_s = R_L$ ), baik dipasang seri dengan sumber tegangan ataupun dipasang paralel dengan sumber arus. Ketika kita menggunakan penyelesaian rangkaian dengan teorema Thevenin nilai resistansi sumber adalah nilai resistansi ekivalen ( $R_s = R_{th}$ ) sehingga transfer daya maksimum terjadi ketika nilai resistansi beban harus sama dengan nilai resistansi ekivalen, sama halnya ketika kita menggunakan penyelesaian rangkaian dengan teorema Norton.

Teorema transfer daya maksimum dapat dibuktikan apabila nilai daya paling besar terjadi ketika resistansi ekivalen rangkaian sama dengan nilai  $R_{th}$  atau  $R_N$ , dengan nilai arus dan tegangan yang sama. Adapun penurunan rumusnya adalah sebagai berikut.

- $P_L = V_L \times I = (I \times R_L) \cdot I = I^2 \cdot R_L$   
dimana,

- $I = \frac{V_S}{R_S + R_L}$

Sehingga,

- $P_L = \left(\frac{V_S}{R_S + R_L}\right)^2 \cdot R_L$

Dengan asumsi  $V_S$  dan  $R_S$  tetap, dan  $P_L$  merupakan fungsi  $R_L$ , maka untuk mencari nilai maksimum  $P_L$  adalah:

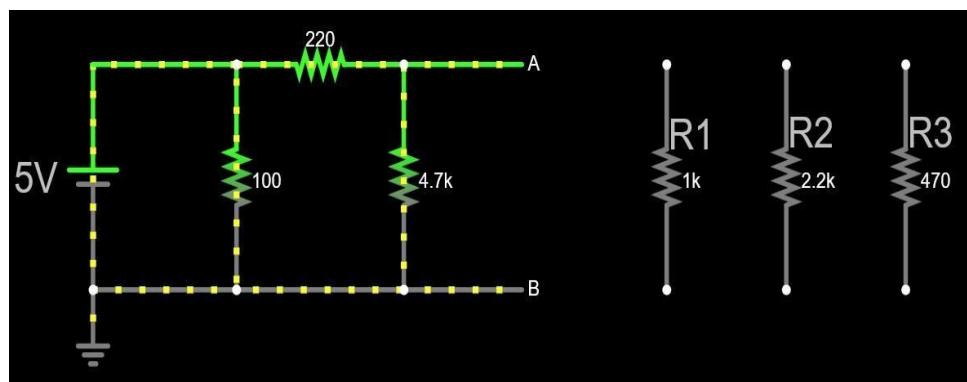
- $P_L = \left(\frac{V_S}{R_S + R_L}\right)^2 \cdot R_L = \frac{V_S^2}{(R_S + R_L)^2} \cdot R_L$
- $P_L = V_S^2 (R_S + R_L)^{-2} R_L$
- $dP_L = V_S^2 [(R_S + R_L)^{-2} - 2(R_S + R_L)^{-3} R_L]$
- $\frac{dR_L}{dP_L} = V_S^2 \left[ \frac{1}{(R_S + R_L)^2} - \frac{2R_L}{(R_S + R_L)^3} \right]$
- $\frac{1}{(R_S + R_L)^2} = \frac{2R_L}{(R_S + R_L)^3}$
- $1 = \frac{2R_L}{(R_S + R_L)}$
- $R_S + R_L = 2R_L$
- $R_S = R_L$

Sehingga  $R_L = R_S$

## 5.4 Prosedur Praktikum

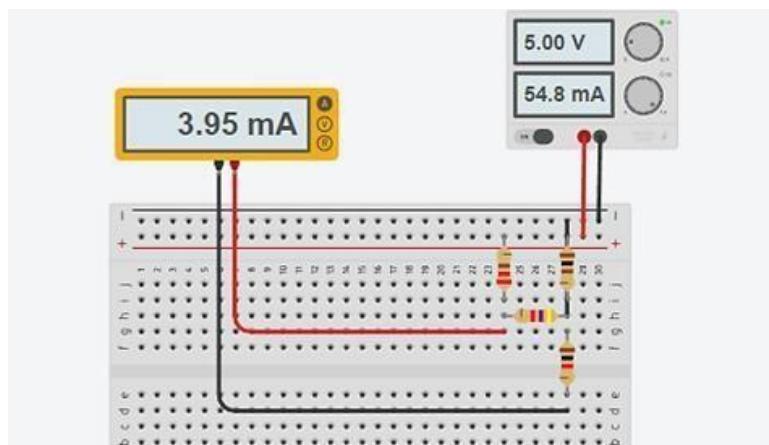
### 5.4.1 Pengukuran Arus Langsung

1. Buatlah rangkaian dengan skema berikut.

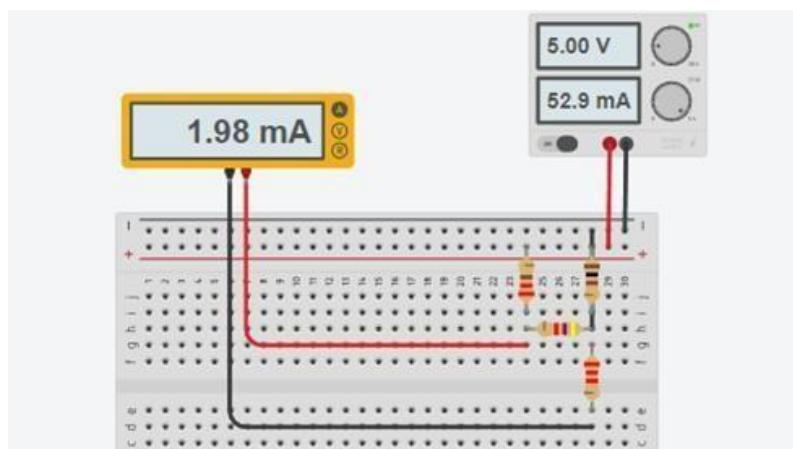


2. Ukurlah arus dari titik a ke titik b dengan nilai resistor yang berbeda-beda! ( $1\text{k}\Omega$ ,  $2\text{k}\Omega$ , dan  $470\Omega$ ). Berikut adalah contoh rangkaiannya.

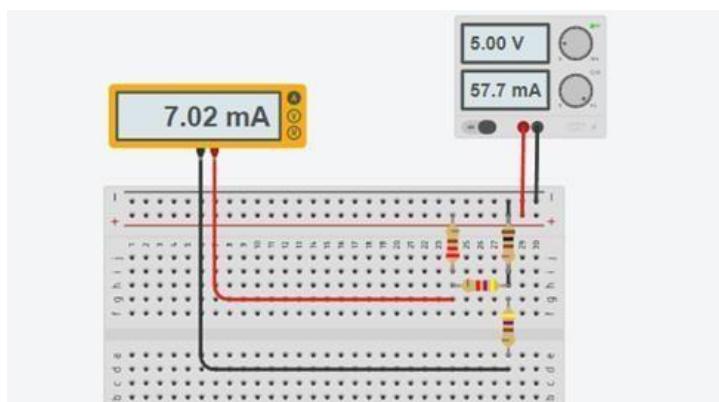
a. Resistor  $1\text{k}\Omega$ :



b. Resistor  $2\text{k}\Omega$ :



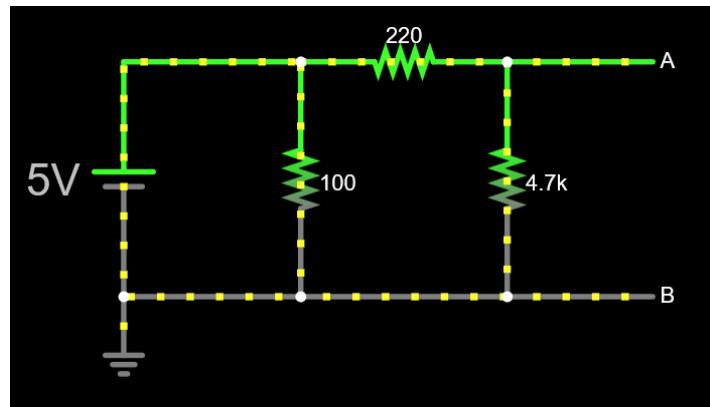
c. Resistor  $470\Omega$ :



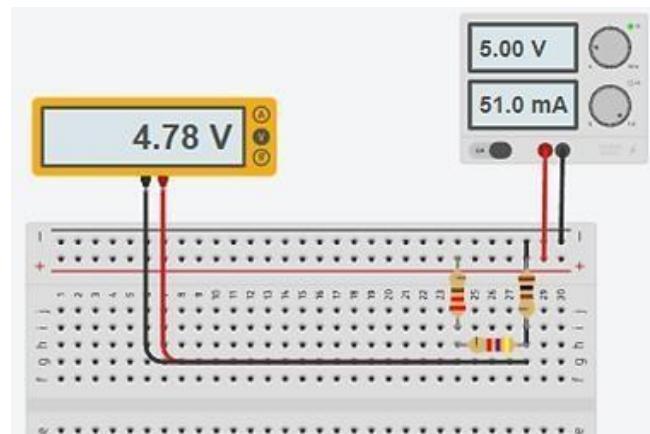
3. Catat hasil pengukuran arus pada jurnal!

#### 5.4.2 Teorema Thevenin

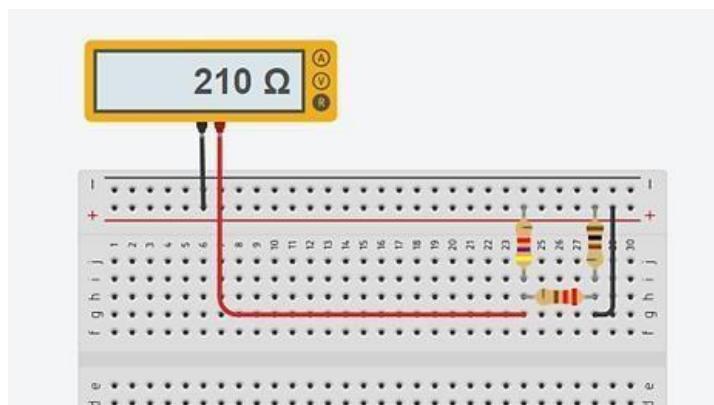
- Buatlah skema dengan contoh rangkaian berikut.



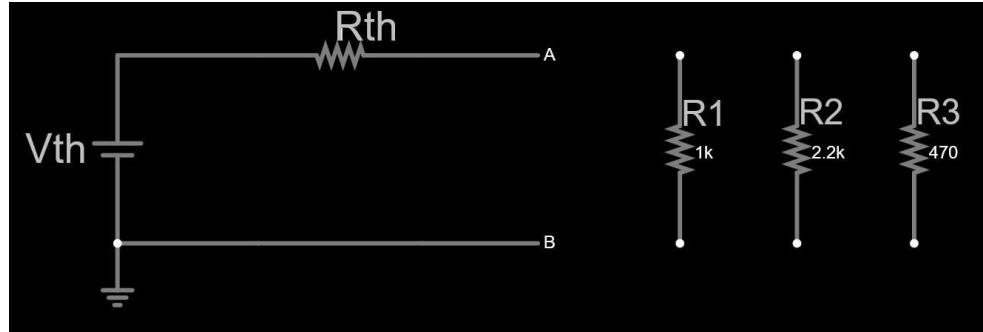
- Lepas resistor pada titik a-b sehingga sambungan titik a ke titik b terputus (*open circuit*).
- Hitunglah nilai  $V_{th}$  dengan mengukur nilai tegangan pada titik a ke titik b menggunakan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



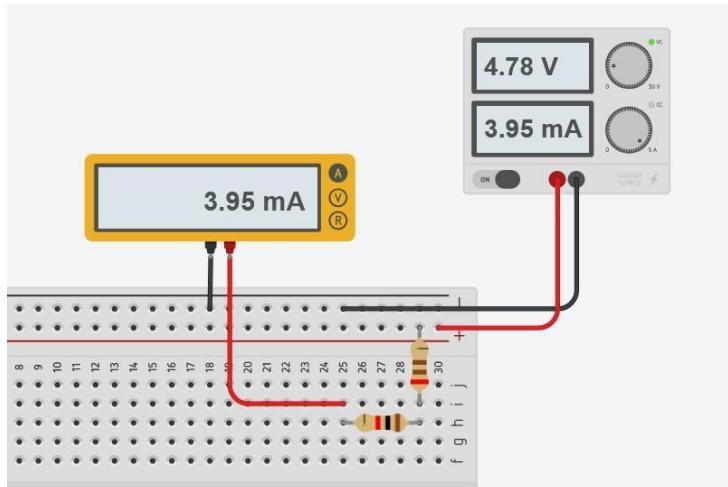
- Cabut sumber tegangan dan jadikan *short circuit* menggunakan *jumper*, lalu hitunglah nilai  $R_{th}$  dengan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



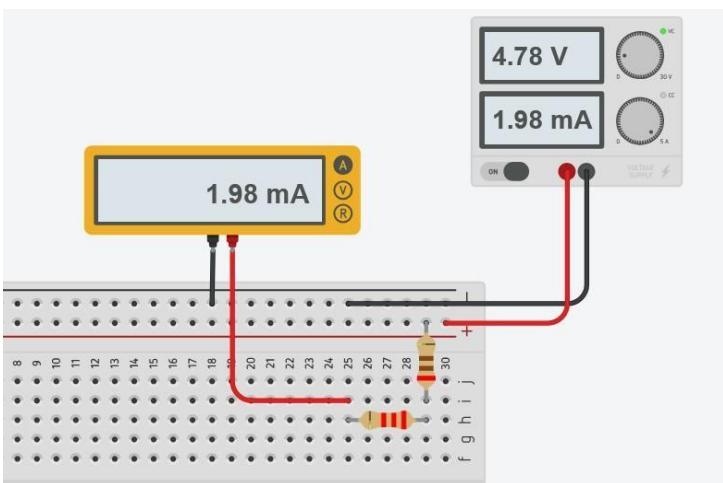
5. Setelah nilai  $V_{th}$  dan  $R_{th}$  didapat, buatlah rangkaian pengganti Thevenin, lalu ukur nilai arus pada resistor parameter a-b dengan nilai yang berbeda-beda ( $1k\Omega$ ,  $2k2\Omega$ , dan  $470\Omega$ ) menggunakan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut:



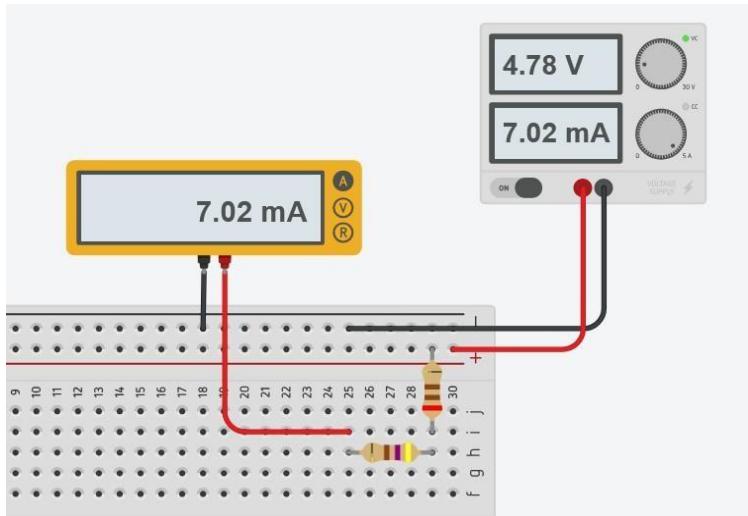
a. Resistor  $1k\Omega$  sebagai parameter a-b:



b. Resistor  $2k2\Omega$  sebagai parameter a-b:



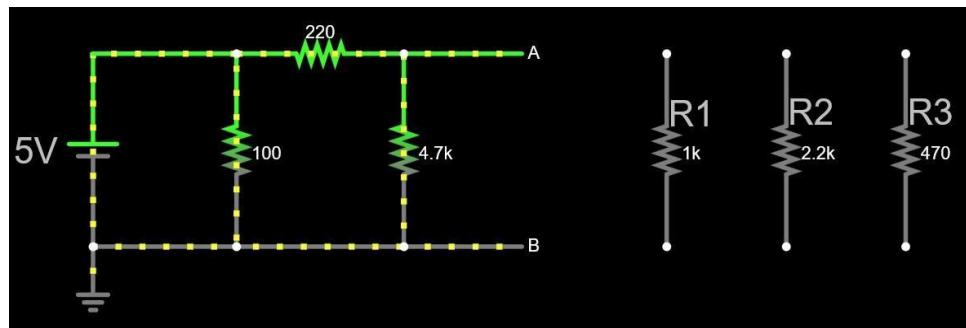
c. Resistor  $470\Omega$  sebagai parameter a-b:



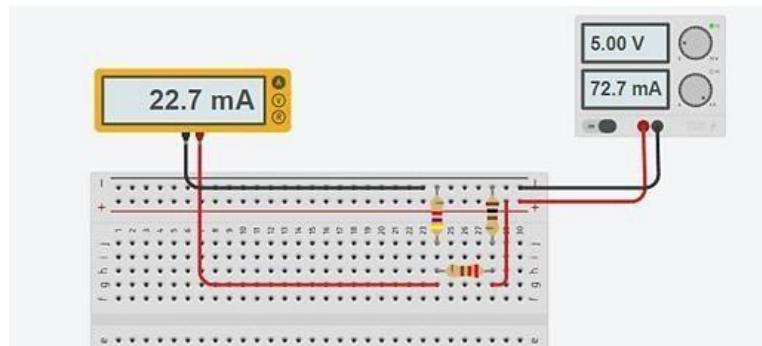
- Catat hasil pengukuran pada jurnal dan bandingkan hasilnya dengan pengukuran secara langsung.

#### 5.4.3 Teorema Norton

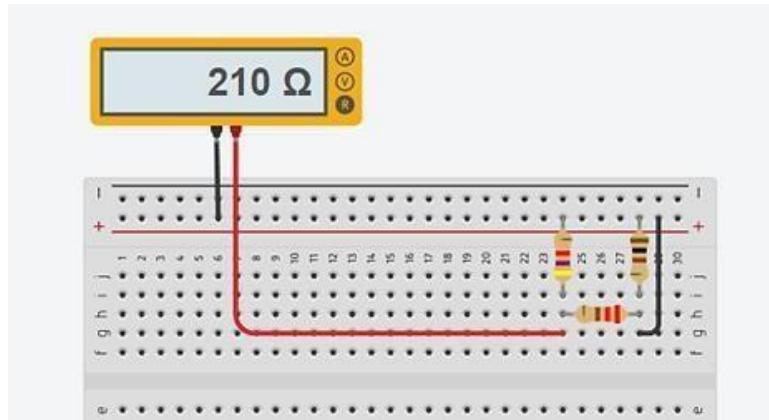
- Buatlah skema dengan contoh rangkaian berikut.



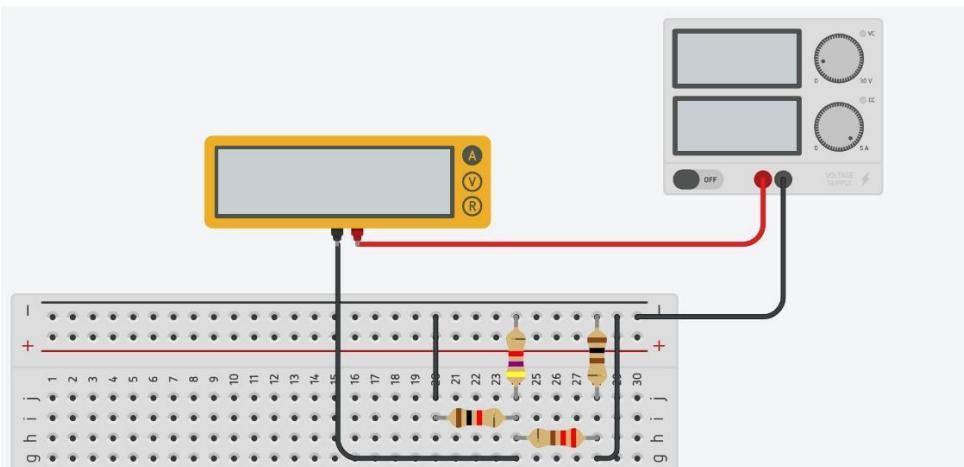
- Lepas resistor parameter a-b, kemudian sambungkan titik a ke titik b menggunakan kabel jumper (*short circuit*).
- Hitunglah nilai  $I_N$  dengan mengukur arus pada titik a ke titik b menggunakan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



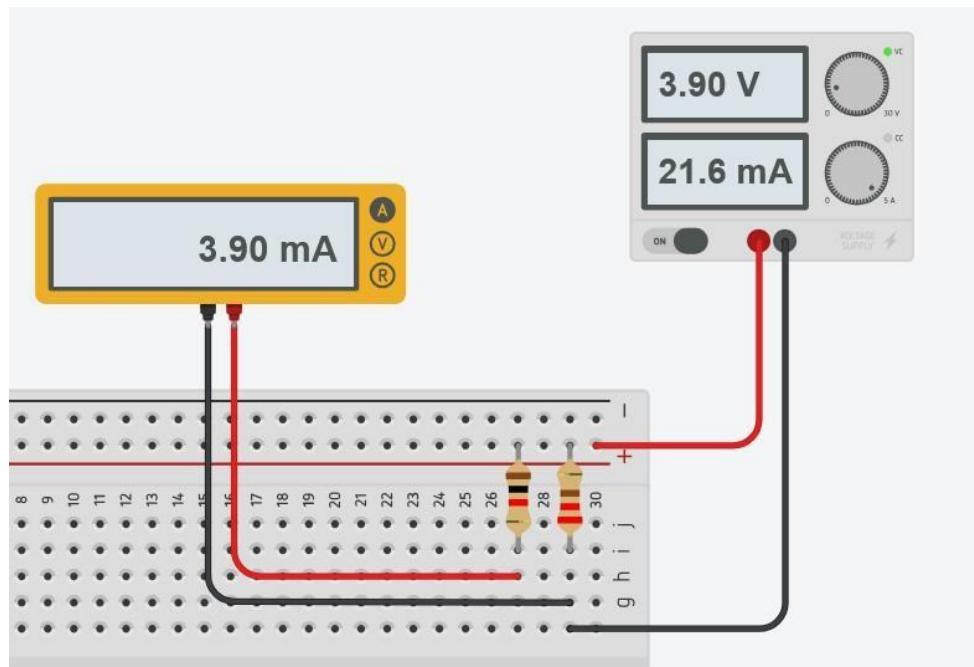
4. Cabut sumber tegangan dan jadikan *short circuit* menggunakan *jumper*, lalu hitunglah nilai  $R_N$  dengan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut (nilai  $R_N$  selalu sama dengan  $R_{th}$ ).



5. Buatlah sumber tegangan ( $V_{ds}$ ) pengganti sumber arus Norton dengan menghubungkan amperemeter dan resistor parameter a-b senilai  $1k\Omega$  ke rangkaian dengan contoh skema dan rangkaian sebagai berikut.



6. Atur kenop *power supply* hingga amperemeter menunjukkan nilai  $I_N$  yang telah didapat sebelumnya. Setelah itu catat nilai tegangan *power supply* ( $V_{ds}$ ) pada jurnal.
7. Ganti nilai resistor parameter a-b menjadi  $2k2\Omega$ , kemudian ulangi Langkah nomor 6.
8. Ganti nilai resistor parameter a-b menjadi  $470\Omega$ , kemudian ulangi Langkah nomor 6.
9. Setelah nilai  $V_{ds}$  didapat, buatlah rangkaian pengganti Norton untuk resistor parameter a-b  $1k \Omega$  dengan skema sebagai berikut.



10. Amati nilai arus pada multimeter. Catat nilai tersebut di jurnal.
11. Ulangi langkah nomor 9 dan 10 untuk resistor parameter a-b  $2k2\Omega$  dan  $470\Omega$  (nilai  $V_{ds}$  disesuaikan dengan nilai parameter a-b).
12. Bandingkan hasilnya dengan pengukuran secara langsung.

## MODUL 6

### Pengukuran Kapasitor dan Induktor pada Rangkaian AC

#### **6.1 Tujuan**

1. Mengenal dan memahami penggunaan jenis-jenis Kapasitor dan Induktor.
2. Mampu memahami cara pembacaan dan pengukuran pada komponen Kapasitor dan Induktor dengan sumber AC.
3. Mampu menghitung nilai kapasitif pada Rangkaian Kapasitor dengan Sumber AC.
4. Mampu menghitung nilai induktif pada Rangkaian Induktor dengan Sumber AC.
5. Mampu menghitung nilai tegangan bolak-balik dari sumber AC menggunakan multimeter dan osiloskop.

#### **6.2 Alat dan Bahan**

1. Breadboard
2. Kapasitor
3. Induktor
4. Kabel Jumper/Probe
5. Osiloskop
6. Function Generator
7. Multimeter
8. Power Supply

#### **6.3 Dasar Teori**

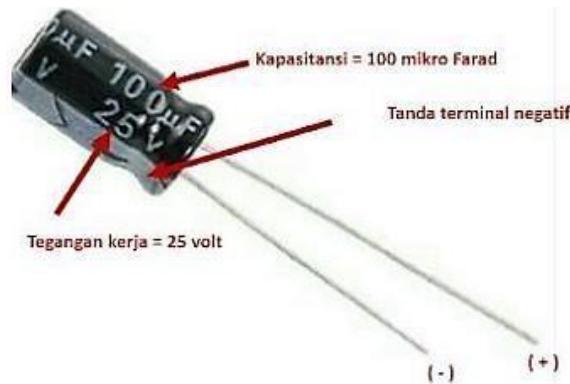
##### **6.3.1 Kapasitor**

*Capasitor (C)* adalah sebuah komponen listrik yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk medan listrik. Kapasitor terdiri atas dua keping konduktor yang dipisah dengan sebuah bahan dielektrik. Ketika tegangan diterapkan pada kedua konduktor tersebut, medan listrik terbentuk di antara mereka, yang menyebabkan akumulasi muatan pada kedua konduktor. Kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan disebut kapasitansi, yang

diukur dalam satuan Farad (F). Berdasarkan polaritas kapasitor terdiri atas berikut:

### 1. Kapasitor Polar

Kapasitor polar adalah jenis kapasitor yang memiliki kutub positif dan negatif. Hal ini menyebabkan pemasangan kapasitor jenis ini secara terbalik dapat menyebabkan kondisi short circuit pada rangkaian. Kapasitor polar biasanya terbuat dari elektrolit yang cenderung memiliki nilai kapasitansi yang lebih besar ketimbang kapasitor dengan bahan dielektrik kertas atau mika. Kaki positif pada kapasitor polar lebih panjang dibandingkan kaki negatifnya. Salah satu contoh Kapasitor Polar adalah Kapasitor ELCO (*Electrolit Capacitor*).



Gambar 6. 1 Contoh fisik kapasitor polar (ELCO)

### 2. Kapasitor Non-Polar

Kapasitor non polar adalah jenis kapasitor yang tidak memiliki kutub, sehingga pemasangan terbalik tidak akan memengaruhi rangkaian sama sekali. Kapasitor non polar ditandai dengan tidak adanya perbedaan panjang antara kedua kakinya. Biasanya, kapasitor non polar memiliki nilai kapasitansi yang kecil. Berikut beberapa jenis Kapasitor Non-Polar beserta cara membacanya:

#### a. Kapasitor Keramik

Kapasitor jenis ini memiliki bahan dasar berupa keramik. Pada kapasitor keramik, nilai kapasitansi ditandai dengan angka yang berada di badan kapasitor. Ada tiga urutan angka yang masing-masing menunjukkan

keterangan yang berbeda. Angka pertama dan kedua adalah nilai numerik, sedangkan angka ketiga adalah nilai pengali pada kapasitor tersebut. Satuan yang digunakan pada kapasitor keramik adalah pF (picoFarad), dimana  $1 \text{ pF} = 1 \times 10^{-12}$ .



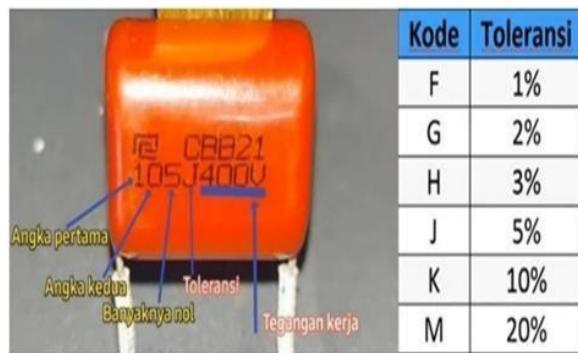
Gambar 6. 2 Contoh fisik Kapasitor Keramik

Pada gambar, kapasitor keramik menunjukkan angka 104. Hal ini menunjukkan bahwa:

- Nilai numerik kapasitor adalah 10.
- Nilai pengali kapasitor adalah  $10^4$ .

Maka, nilai kapasitor adalah sebesar  $10 \times 10^4 \text{ pF}$   
atau sekitar  $10^{-7} \text{ F}$ .

#### b. Kapasitor Mylar



Gambar 6. 3 Contoh fisik Kapasitor Mylar

Cara menghitung kapasitor Mylar adalah dengan melihat langsung kode pada badan kapasitor tersebut. Satuannya adalah pF (picoFarad). Pada gambar terlihat 105J400V. Hal ini menunjukkan nilai pada kapasitor, yaitu :

- Angka 1 merupakan digit pertama
  - Angka 0 merupakan digit kedua
  - Angka 5 merupakan pengali yaitu  $10^5$
  - Huruf J merupakan nilai toleransi yaitu 5%
  - 400 V merupakan tegangan kerja/batas tegangan
- Jadi, nilai kapasitor tersebut adalah  $10 \times 10^5$  pF atau  $10^{-6}$  F dengan toleransi 5% dan 400V tegangan kerja.

### c. Kapasitor Polyester

Kode	Tegangan
1H	50V
2A	100V
2C	160V
2D	200V
2P	220V
2E	250V

Gambar 6. 4 Perhitungan Simbol pada Kapasitor Polyester

Untuk kapasitor polyester perhitungannya sama dengan kapasitor mylar namun tegangan kerjanya/ batas tegangannya berada di awal kode. Satuannya adalah pF (picoFarad). Pada gambar terlihat 2A563J. Hal ini menunjukkan nilai pada kapasitor, yaitu :

- Nilai 2A merupakan tegangan kerja/batas tegangan sebesar 100V.
- Angka 5 merupakan digit pertama.
- Angka 6 merupakan digit kedua.
- Angka 3 merupakan pengali yaitu  $10^3$

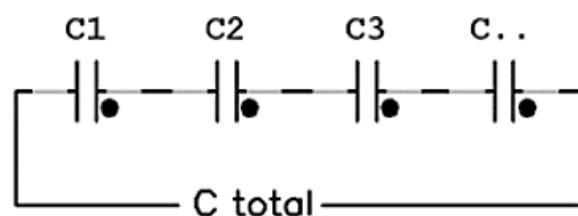
- Huruf J merupakan toleransi sebesar 5%.

Jadi, nilai kapasitor tersebut adalah  $56 \times 10^3 \text{ pF}$  atau  $5.6 \times 10^{-5}$  Farad dengan toleransi 5%.

Seperti halnya pada resistor pemasangan kapasitor juga dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian seri, paralel, seri dan paralel. Lantas bagaimana cara menghitung nilai setiap kapasitansi jika dirangkai seri ataupun paralel? Apakah sama seperti perhitungan resistor? Yuk simak kembali informasi berikut ini.

#### A. Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah rangkaian dari beberapa kapasitor (minimal dua) secara yang disusun secara berantai dengan salah satu kaki kapasitor pertama terhubung dengan salah satu kaki kapasitor kedua, kemudian kaki kapasitor kedua yang lain terhubung dengan salah satu kaki kapasitor ketiga dan seterusnya.



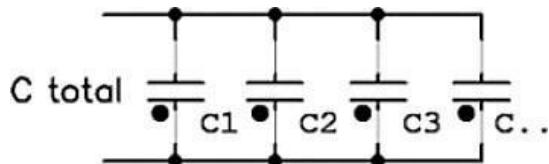
Gambar 6. 5 Contoh rangkaian kapasitor secara seri

Berikut rumus menghitung nilai kapasitansi total pada sebuah rangkaian kapasitor seri:

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C..}$$

#### B. Kapasitor Paralel

Kapasitor paralel adalah rangkaian dari beberapa kapasitor (minimal dua) berjajar dengan kedua kaki masing kapasitor terhubung dengan kedua kaki kapasitor yang lain.



Gambar 6. 6 Contoh rangkaian kapasitor secara seri

Berikut rumus menghitung nilai kapasitansi total pada sebuah rangkaian kapasitor paralel:

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + C..$$

### 6.3.2 Induktor

Induktor (L) merupakan komponen listrik yang terbentuk dari lilitan kawat atau tembaga yang dapat menyimpan energi listrik berupa medan magnet. Ukuran seberapa besar energi yang dapat disimpan oleh induktor disebut induktansi, yang dilambangkan dengan satuan Henry (H). Untuk pembacaan Induktor sendiri terbagi menjadi beberapa jenis yaitu:

#### 1. Induktor Gelang Warna

Cara membaca induktor gelang sama halnya seperti membaca pita warna resistor dengan 4 gelang (tiga gelang numerik dan satu gelang nilai toleransi), dengan satuan pembacaan mikrohenry ( $\mu\text{H}$ ). Contohnya adalah sebagai berikut:



Gambar 6. 7 Contoh fisik Induktor Gelang

- Gelang pertama warna coklat : 1
- Gelang kedua warna hitam : 0
- Gelang ketiga warna orange :  $10^3$
- Gelang keempat warna silver :  $\pm 10\%$

Maka nilai induktansi induktor tersebut adalah  $10 \times 10^3 \mu\text{H}$  atau  $10 \text{ mH}$  dengan toleransi sebesar  $\pm 10\%$ .

## 2. Induktor yang Memiliki Angka (Tabung)

Cara pembacaan induktor yang memiliki angka tertera pada bagian isolator lebih mudah untuk dibaca daripada pembacaan induktor gelang warna. Pasalnya dengan adanya angka kita langsung tahu berapa muatan induktansi dan pengali tanpa perlu menghafal kode-kode rumit. Dan biasanya nilainya dalam bentuk satuan mikrohenry ( $\mu\text{H}$ ). Berikut contoh pembacaan induktornya:



Gambar 6. 8 Contoh fisik Induktor Tabung

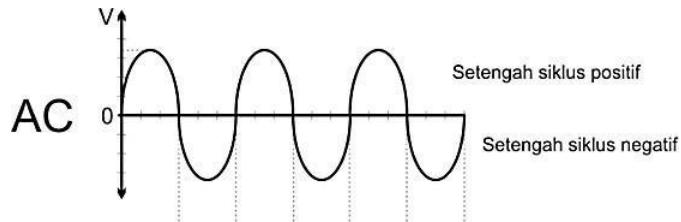
- Digit pertama : 1
- Digit kedua : 5
- Digit ketiga : Sebagai pengali ( $\times 10^1$ )

Maka nilai induktansi pada induktor tersebut adalah  $15 \times 10^1 \text{ H}$  (mikrohenry) atau  $150 \mu\text{H}$ .

### 6.3.3 Rangkaian & Sumber AC

Seperti yang kita ketahui bahwa di alam memiliki 2 sumber arus istrik berdasarkan jenisnya yakni Sumber Arus DC (*Direct Current*) atau searah dan Sumber Arus AC (*Alternating Current*) atau sering disebut arus bolak-balik. Mengapa disebut dengan arus bolak-balik? Dapat dilihat dari grafik yang

dihasilkan berubah grafik sinusoidal yang memiliki titik puncak dan titik lembah secara konstan.



Gambar 6. 9 Siklus nilai arus AC

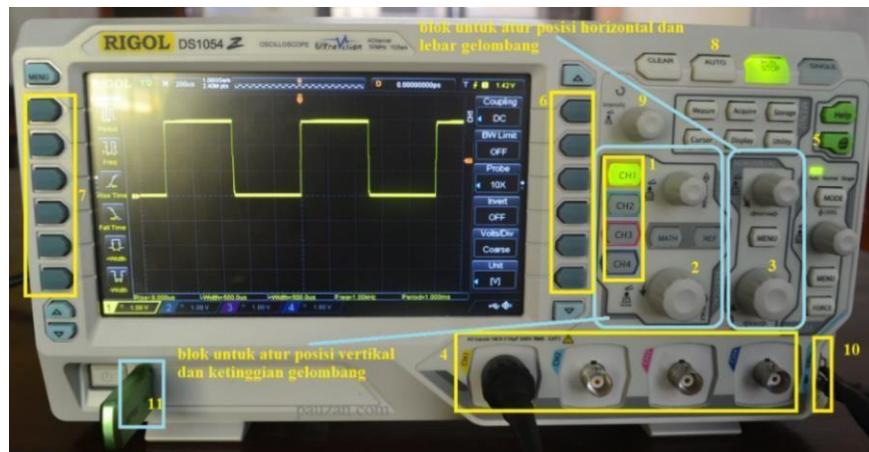
Sumber istrik AC biasanya istrik dengan istrik kekuatan tinggi. Sumber arus istrik AC adalah istrik dari PLN, genset, dinamo AC, generator AC, turbin, pembangkit istrik tenaga air/angin/uap dan lain sebagainya. Pada umumnya, sumber listrik AC digunakan dalam jaringan listrik rumah dan industri karena kemudahannya dalam transmisi jarak jauh.

#### 6.3.4 Osiloskop

Osiloskop adalah alat ukur yang berfungsi untuk memproyeksikan frekuensi dan sinyal listrik dalam bentuk grafik. Bentuk gelombang sinyal listrik yang diukur akan berupa grafik amplitudo dalam domain waktu. Osiloskop terdiri dari dua jenis, yaitu osiloskop analog dan osiloskop digital. Pada osiloskop analog, gelombang yang akan ditampilkan bersifat real time sedangkan pada osiloskop digital gelombang yang akan ditampilkan disampling atau dicuplik terlebih dahulu kemudian didigitalisasikan. Pada praktikum ini kita akan menggunakan osiloskop digital.



Gambar 6. 10 Osiloskop



Gambar 6. 11 Bagian-bagian osiloskop

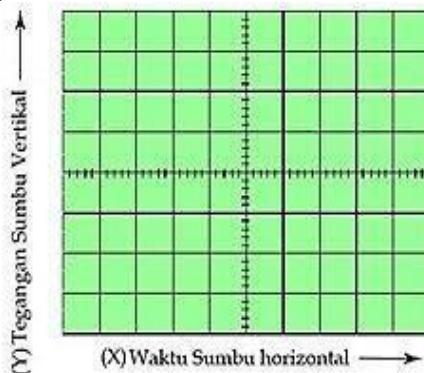
- Nomor 1 merupakan kumpulan tombol untuk memilih channel. jika ingin menampilkan gelombang pada channel 1 maka CH1 ditekan, begitu juga dengan yang lain. Sesuai dengan jumlah tombol channel, kita dapat menampilkan dua hingga empat gelombang dalam satu waktu
- Nomor 2 merupakan blok bagian osiloskop untuk mengatur sinyal secara vertikal. Kenop bagian atas merupakan kenop “position” yang berfungsi untuk mengatur ketinggian gelombang yang ditampilkan pada layar osiloskop.
- Nomor 3 merupakan blok bagian osiloskop untuk mengatur sinyal secara horizontal. Kenop bagian atas merupakan kenop “position” yang berfungsi untuk mengatur posisi horizontal (kiri-kanan) gelombang yang ditampilkan pada layar osiloskop.
- Nomor 4 merupakan tempat untuk menghubungkan kabel probe dari channel 1 hingga channel 4 osiloskop.
- Nomor 5 merupakan tanda “print” yang berfungsi sebagai tombol untuk menyimpan file gambar gelombang hasil tampilan osiloskop. File gambar ini nantinya dapat disimpan di dalam flashdisk.
- Nomor 6 merupakan blok bagian pada osiloskop yang digunakan untuk mengatur mulai dari batas bandwidth (BW limit), hingga

menampilkan satuan-satuan besaran gelombang (Vrms, Volt/div, dan lain-lain).

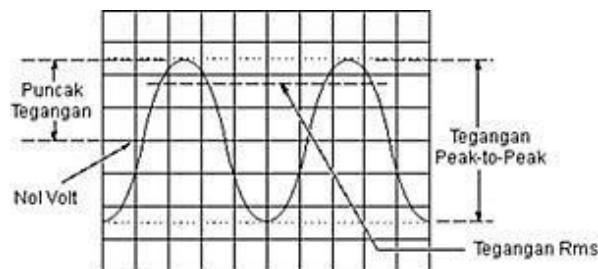
- Nomor 7 merupakan blok bagian pada osiloskop yang digunakan untuk mengatur periode, frekuensi, rise dan fall time, hingga lebar gelombang.
- Nomor 8 merupakan tombol “auto” yang berfungsi untuk menampilkan gelombang dalam skala default secara otomatis baik dari segi amplitudo (Volt/div) maupun periode (time/div).
- Nomor 9 merupakan kenop “intensity” yang berfungsi untuk mengatur tingkat kecerahan tampilan gelombang pada layar osiloskop.
- Nomor 10 merupakan kaitan/terminal yang berfungsi sebagai terminal yang dihubungkan ke channel osiloskop saat proses kalibrasi.
- Nomor 11 merupakan tempat untuk memasang flash disk.

Adapun beberapa pengukuran yang dapat dilakukan pada osiloskop diantaranya adalah:

#### A. Pengukuran Tegangan Bolak-Balik



Gambar 6. 12 Keterangan plot osiloskop



Gambar 6. 13 Tampilan gelombang osiloskop

### **Keterangan:**

- **Nilai Puncak** =  $\frac{0.05 \text{ volt}}{\text{DIV}} \times 2,5 \text{ DIV} = 0,125 \text{ V}$
- **Nilai Puncak (10 probe)** =  $\frac{0.05 \text{ volt}}{\text{DIV}} \times 2,5 \text{ DIV} \times 10 = 125 \text{ VPP}$
- **Tegangan Peak to Peak (VPP)** =  $\frac{0.05 \text{ volt}}{\text{DIV}} \times 5 \text{ DIV} = 0,25 \text{ Volt}$
- **DIV** merupakan satuan untuk satu kotak pada osiloskop (contoh: 2,5 DIV pada nilai puncak berarti tinggi gelombang dari titik nol ke puncak adalah 2,5 kotak).
- **Harga Efektif (Vrms)** =  $\frac{vpp}{2\sqrt{2}} = \frac{0.25}{2\sqrt{2}} = 0,0883 \text{ Volt}$

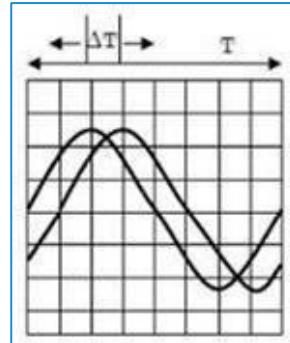
## **B. Pengukuran Frekuensi**

Pengukuran frekuensi dapat dilakukan dengan pengukuran langsung, yakni dengan rumus pencarian frekuensi ( $f = \frac{1}{T}$ ), dengan  $T = \frac{\text{TIME}}{\text{DIV}}$  × jumlah DIV (horizontal) dengan T dalam detik.

Pengukuran frekuensi juga dapat dilakukan dengan menghubungkan komponen yang akan diukur gelombangnya ke *channel 1* osiloskop, serta menghubungkan function generator dengan frekuensi yang diketahui ke *channel 2* osiloskop Kemudian kita tinggal mengatur frekuensi pada *function generator* hingga periode gelombangnya sama dengan periode gelombang yang akan diukur frekuensinya. Jika sudah sama, maka dapat dipastikan bahwa nilai frekuensi pada function generator sama dengan frekuensi gelombang yang diukur.

## **C. Pengukuran Beda Fase**

Pengukuran beda fase dapat dilakukan dengan cara menghubungkan sinyal pertama ke *channel 1* dan sinyal kedua ke *channel 2*. Setelah gambar kedua gelombang terlihat, maka beda fase dapat dihitung dengan rumus dan keterangan sebagai berikut.



Gambar 6. 14 Beda fasa gelombang

$$\text{Beda fase } (\Delta\Phi) = \Delta T \times 360^\circ$$

**Keterangan:**

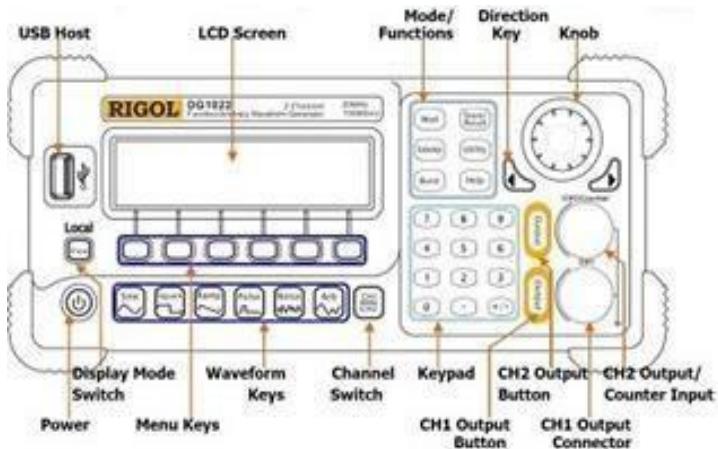
$\Delta\Phi$  = beda fase

$\Delta T$  = selang waktu antar gelombang (detik)

T = periode (detik)

### 6.3.5 Function Generator

*Function generator* adalah alat ukur elektronik yang menghasilkan atau membangkitkan gelombang berbentuk sinus, segitiga, *ramp*, segi empat, dan bentuk gelombang pulsa. Pada umumnya gelombang yang dihasilkan oleh *function generator* ditampilkan pada layer osiloskop setelah sebelumnya salah satu *channel* dari osiloskop dan *function generator* dihubungkan menggunakan kabel probe. Berikut adalah contoh tampilan *function generator* merk Rigol tipe DG1022.

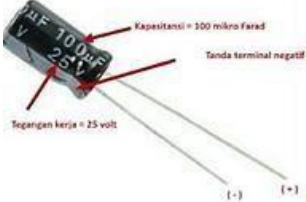


Gambar 6. 15 Tampilan Function generator

## 6.4 Prosedur Praktikum

### 6.4.1 Pembacaan dan Pengukuran Kapasitor

1. Siapkan beberapa kapasitor untuk mengisi jurnal modul ini.
2. Gunakan tabel kode yang telah dijelaskan oleh asisten untuk membantu menghitung kapasitor secara manual.
3. Catat hasil perhitungan kapasitor di jurnal yang telah disediakan.

Komponen	Pembacaan Kode Angka								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Digit Pertama</th> <th>Digit Kedua</th> <th>Pengali</th> <th>Toleransi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td><math>\times 10^4</math></td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nilai = <math>10 \times 10^4 \text{ pF}</math> atau <math>10^{-7} \text{ F}</math></p>	Digit Pertama	Digit Kedua	Pengali	Toleransi	1	0	$\times 10^4$	-
Digit Pertama	Digit Kedua	Pengali	Toleransi						
1	0	$\times 10^4$	-						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kapasitansi</th> <th>Tegangan Kerja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 <math>\mu\text{F}</math></td> <td>25 V</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nilai = <math>100 \mu\text{F}</math> atau <math>100 \times 10^{-6} \text{ F}</math> dengan tegangan kerja 25 V</p>	Kapasitansi	Tegangan Kerja	100 $\mu\text{F}$	25 V				
Kapasitansi	Tegangan Kerja								
100 $\mu\text{F}$	25 V								

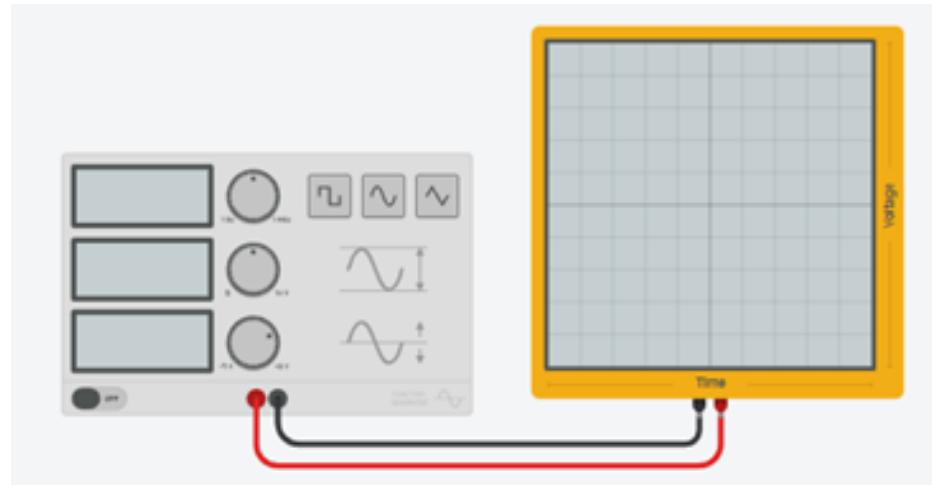
#### 6.4.2 Pembacaan dan Pengukuran Induktor

- Siapkan beberapa Induktor untuk mengisi jurnal modul ini.
- Gunakan tabel warna dan tabel kode yang telah dijelaskan oleh asisten untuk membantu menghitung kapasitor secara manual.
- Catat hasil perhitungan kapasitor di jurnal yang telah disediakan.

Komponen	Pembacaan Kode Angka								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Coklat</th> <th>Hiitam</th> <th>Jingga</th> <th>Silver</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td><math>\times 10^3</math></td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nilai = <math>10 \times 10^3 \text{ uH}</math> atau <math>10 \text{ mH}</math> dengan toleransi 5%</p>	Coklat	Hiitam	Jingga	Silver	1	0	$\times 10^3$	5%
Coklat	Hiitam	Jingga	Silver						
1	0	$\times 10^3$	5%						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Digit Pertama</th> <th>DIgit Kedua</th> <th>Pengali</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td><math>\times 10^1</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>Nilai = <math>150 \text{ uH}</math></p>	Digit Pertama	DIgit Kedua	Pengali	1	5	$\times 10^1$		
Digit Pertama	DIgit Kedua	Pengali							
1	5	$\times 10^1$							

#### 6.4.3 Pengukuran Tegangan sumber AC/Arus Bolak-Balik Memakai Osiloskop

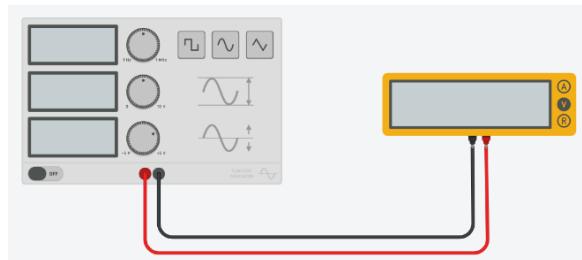
1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.



2. Aturlah tegangan input ( $V_{in}$ ) pada *function generator* menjadi 5 Vpp, kemudian atur frekuensi pada *function generator* menjadi 50 Hz.
3. Hitunglah nilai  $V_{rms}$  dan frekuensi *output* dengan rumus yang telah dijelaskan oleh asisten.
4. Catat hasil perhitungan tersebut pada jurnal.
5. Ubah nilai tegangan input pada *function generator* menjadi 12 dan 16 Vpp dengan frekuensi tetap pada nilai yang sama (50 Hz).
6. Ulangi langkah nomor 3 dan 4.

#### 6.4.4 Pengukuran Tegangan sumber AC/Arus Bolak-Balik Memakai Multimeter

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.



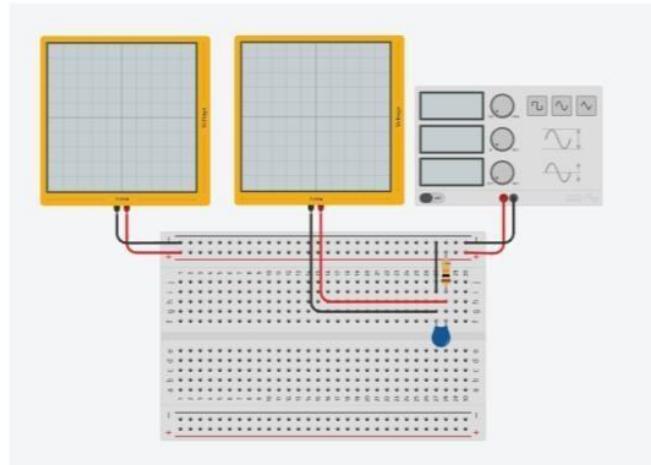
Aturlah tegangan input ( $V_{in}$ ) pada *function generator* menjadi 5 Vpp, kemudian atur frekuensi pada *function generator* menjadi 50 Hz.

2. Hitunglah nilai  $V_{rms}$  dan frekuensi *output* dengan rumus yang telah dijelaskan oleh asisten.
3. Catat hasil perhitungan tersebut pada jurnal.
4. Ubah nilai tegangan input pada *function generator* menjadi 12 dan 16 Vpp dengan frekuensi tetap pada nilai yang sama (50 Hz).
5. Ulangi langkah nomor 3 dan 4.

#### 6.4.5 Pengukuran Beda Phasa pada komponen C dengan Osiloskop

##### A. Pengukuran Output C

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut. Anggap gelombang input adalah *channel 1* osiloskop dan gelombang output adalah *channel 2* osiloskop.



2. Atur frekuensi pada *function generator* menjadi 15 kHz dengan amplitudo  $V_{in}$  sebesar 6 Vpp.
3. Hitung nilai beda fase antara gelombang *input* dengan gelombang *output* menggunakan rumus atau instruksi yang diberikan oleh asisten. Kemudian catat hasil perhitungan tersebut pada jurnal.
4. Atur bentuk gelombang *input* (*function generator*) menjadi gelombang segitiga, kemudian amati bentuk gelombang *output*.
5. Atur bentuk gelombang *input* (*function generator*) menjadi gelombang kotak, kemudian amati bentuk gelombang *output*.

6. Ubah kembali bentuk gelombang input menjadi gelombang sinusoidal.
7. Perbesar nilai frekuensi *input* pada *function generator*, kemudian amati besar amplitudo pada gelombang *output*.

## MODUL 7

### Pengukuran Arus, Tegangan, dan Impedansi pada AC

#### 7.1 Tujuan

1. Mengetahui pengukuran untuk arus, tegangan dan impedansi pada sumber arus AC.
2. Mengetahui pengukuran beda phasa pada sumber arus AC.
3. Mampu mengoperasikan alat ukur osiloskop dan *function generator*.
4. Memahami definisi dari impedansi.

#### 7.2 Alat dan Bahan

1. Osiloskop
2. *Function Generator*
3. Kabel *Jumper*
4. Resistor 1k  $\Omega$
5. Kapasitor 100 nF
6. *Project Board*
7. Multimeter
8. Kabel Connector

#### 7.3 Dasar Teori

##### 7.3.1 Impedansi Rangkaian

Di modul kali ini kita tentunya tidak hanya menghitung nilai kapasitansnya saja karena melibatkan nilai tegangan, maka kita akan menghitung nilai impedansi pada sebuah rangkaian. Impedansi Listrik atau secara singkat sering disebut dengan Impedansi adalah ukuran hambatan listrik pada sumber arus bolak-balik (AC atau *Alternating Current*). Impedansi listrik juga sering disebutkan sebagai jumlah hambatan listrik sebuah komponen elektronik terhadap aliran arus dalam rangkaian pada frekuensi tertentu. Impedansi dilambangkan dengan huruf Z dan dinyatakan dalam satuan ohm ( $\Omega$ ). Rumus impedansi adalah sebagai berikut.

$$Z = \sqrt{R^2 + (L - C)^2}$$

### Keterangan:

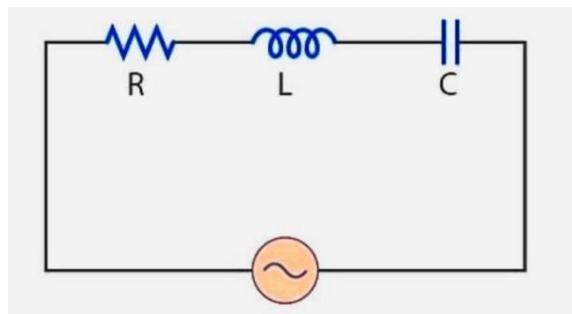
R = Reaktansi Resistif ( $\Omega$ ).

Xc = Reaktansi Kapasitif ( $\Omega$ ).

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{dimana } \omega = \text{Frekuensi sudut (rad/s)}$$

XL = Reaktansi Induktif ( $\Omega$ ).

$$X_L = \omega \cdot L \quad \text{dimana } \omega = \text{Frekuensi sudut (rad/s)}$$



Gambar 7. 1 Rangkaian RLC

### 7.3.2 Perbedaan Impedansi, Reaktansi, dan Resistansi

Resistansi, reaktansi, dan impedansi adalah konsep dasar dalam analisis rangkaian listrik, terutama dalam konteks arus bolak-balik (AC).

- **Resistansi (R)** adalah ukuran hambatan yang diberikan oleh suatu konduktor terhadap aliran arus listrik. Resistansi ini bersifat murni, artinya hanya menghambat aliran arus listrik tanpa menyebabkan pergeseran fasa antara tegangan dan arus. Resistansi diukur dalam satuan ohm ( $\Omega$ ) dan umumnya terdapat pada komponen seperti resistor. Rumus dasar untuk resistansi adalah  $R = \frac{V}{I}$ , di mana V adalah tegangan dan I adalah arus.
- Reaktansi (X) merupakan ukuran hambatan yang diberikan oleh komponen induktif (seperti induktor) atau kapasitif (seperti kapasitor) dalam rangkaian AC terhadap perubahan arus listrik. Reaktansi menyebabkan pergeseran fasa antara tegangan dan arus; dalam induktansi, arus tertinggal di belakang tegangan, sementara dalam kapasitansi, arus mendahului tegangan.

Reaktansi juga diukur dalam satuan ohm ( $\Omega$ ), namun dibedakan menjadi reaktansi induktif  $X_L$  dan reaktansi kapasitif  $X_C$ , dengan rumus masing-masing  $X_L = 2\pi fL$  untuk induktor dan  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$  untuk kapasitor, di mana  $f$  adalah frekuensi,  $L$  adalah induktansi, dan  $C$  adalah kapasitansi.

- **Impedansi (Z)** adalah kombinasi dari resistansi dan reaktansi, dan merupakan ukuran total hambatan dalam rangkaian AC. Impedansi menggabungkan kedua efek resistif dan reaktif serta mempertimbangkan pergeseran fasa antara tegangan dan arus. Impedansi diwakili sebagai bilangan kompleks dengan bagian nyata (resistansi) dan bagian imajiner (reaktansi), dan diukur dalam ohm ( $\Omega$ ). Notasi kompleks untuk impedansi adalah ( $Z = R + jX$ ), di mana  $j$  adalah satuan imajiner ( $\sqrt{-1}$ ). Total impedansi dalam rangkaian menentukan bagaimana arus akan mengalir dan bagaimana tegangan akan terdistribusi di seluruh komponen rangkaian. Atau dapat dituliskan sebagai berikut:

- Kapasitor:  $\frac{1}{j\omega C}$  ( $\Omega$ )
- Induktor:  $j\omega L$  ( $\Omega$ )

Keterangan:

$j$  = bilangan imajiner

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

$R$  = resistansi ( $\Omega$ )

$L$  = induktansi ( $H$ )

$C$  = kapasitansi ( $F$ )

### 7.3.3 Beda Fasa pada rangkaian RLC

Rangkaian RLC (Resistor, Kapasitor, dan Induktor) dengan sumber arus bolak-balik (AC) membutuhkan perhitungan beda fase antara tegangan dan arus. Hal ini dilakukan untuk memahami bagaimana perilaku rangkaian secara keseluruhan dipengaruhi oleh masing-masing komponen. Dalam teori

perhitungan beda fase, analisis impedansi total rangkaian, yang merupakan kombinasi dari resistansi dan reaktansi, diperlukan. Tegangan mendahului arus dihasilkan oleh reaktansi induktif ( $X_L = 2\pi fL$ ) menyebabkan tegangan mendahului arus, sedangkan reaktansi kapasitif ( $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ ) menyebabkan arus mendahului tegangan.

Beda fase ( $\phi$ ) antara tegangan dan arus dapat dihitung menggunakan rumus :

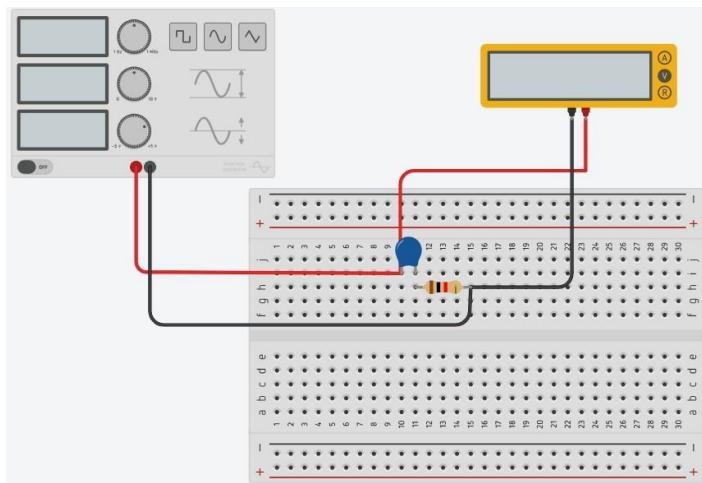
$$\phi = \arctan\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$$

Jika  $X_L$  lebih besar dari  $X_C$ , arus akan tertinggal di belakang tegangan, sedangkan jika  $X_C$  lebih besar, arus akan mendahului tegangan.

## 7.4 Prosedur Praktikum

### 7.4.1 Menghitung secara manual menggunakan rumus

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut menggunakan Resistor 1k ohm dan Kapasitor 100nF.

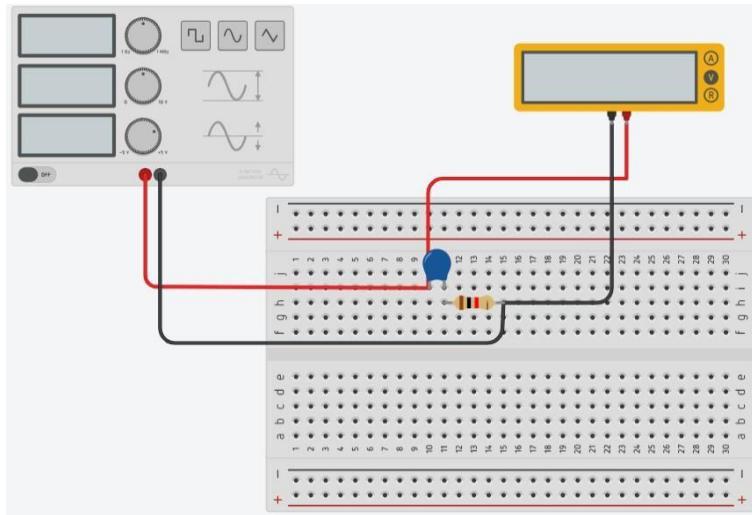


2. Sebelum menggunakan Multimeter, hitunglah nilai impedansi pada rangkaian tersebut menggunakan rumus yang telah disediakan di atas.
3. Gunakan nilai frekuensi 50 Hz untuk menghitung.
4. Hitunglah terlebih dahulu nilai reaktansi kapasitif.

- Setelah didapatkan masing-masing nilai, hitunglah menggunakan rumus Impedansi untuk mengetahui nilai impedansi totalnya.
- Catatlah hasil perhitungan pada jurnal.

#### 7.4.2 Perhitungan menggunakan Multimeter dan Function Generator

- Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut menggunakan Resistor 1k ohm dan Kapasitor 100nF.

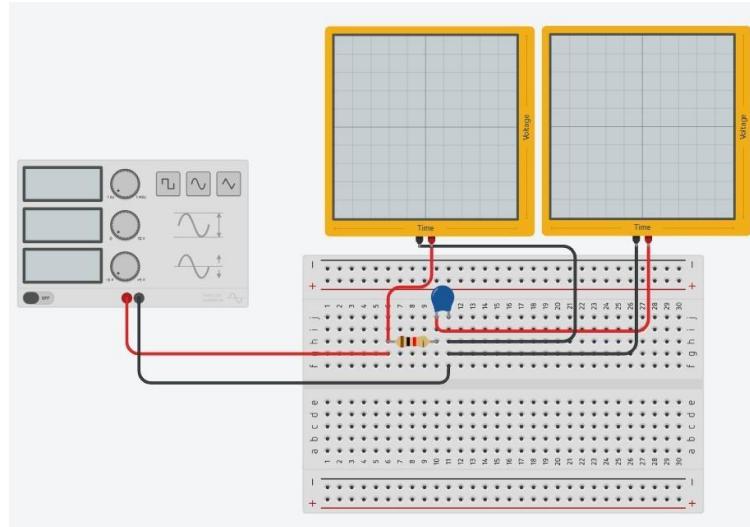


- Aturlah frekuensi pada *function generator* menjadi 50 Hz.
- Atur amplitudo (Vpp) hingga nilai impedansi di multimeter sesuai dengan impedansi yang dihitung secara manual.
- Setelah mendapatkan nilai Vpp, cari tegangan (Vrms) menggunakan multimeter ( $V_{rms} = 2 \times \sqrt{2} \times V_{pp}$ )
- Catat semua nilai yang diperoleh pada jurnal

#### 7.4.3 Mengukur nilai Tegangan dan Arus menggunakan Osiloskop

##### Tegangan

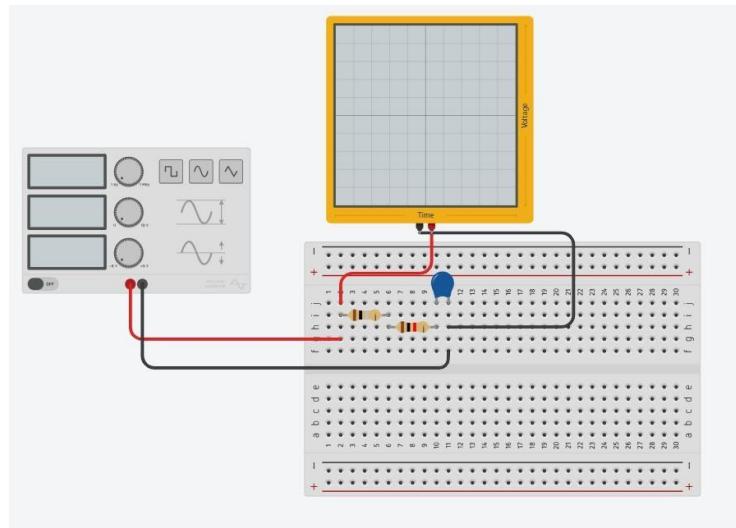
- Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut menggunakan Resistor 1k ohm dan Kapasitor 100nF.



2. Atur function generator, dengan nilai amplitudo yang sudah didapatkan dan frekuensi 50 Hz
3. Pasang osiloskop channel 1 ke resistor dan channel 2 ke kapasitor.
4. Catat nilai Vrms dari kedua channel yang telah didapatkan pada osiloskop.

### Arus

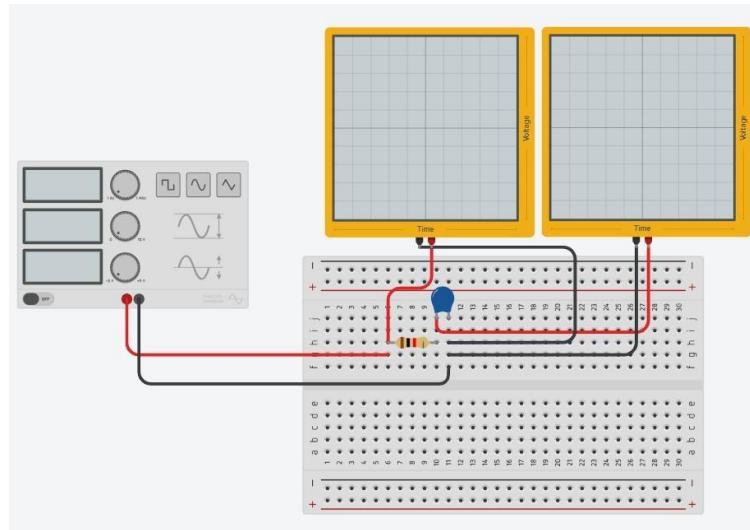
1. Untuk mengukur arus dengan osiloskop kita dapat melakukan metode Resistor Shunt, yaitu menseringkan resistor yang sangat kecil dengan komponen yang ingin dicari arusnya, sehingga rangkaian akan menjadi seperti gambar berikut



2. Pasang osiloskop ke resistor shunt, dan catat nilai Vrms-nya
3. Hitunglah arus yang dihasilkan dengan rumus :  $V_{rms} / R_{shunt}$ .

#### 7.4.4 Mengukur nilai Beda Phasa menggunakan Osiloskop

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut menggunakan Resistor 1k ohm dan Kapasitor 100nF.



2. Lalu atur frekuensi menjadi 50 Hz
3. Lalu cari periode gelombang (T), dan juga perbedaan waktu ( $\Delta t$ ) antara titik referensi yang sama
4. Lalu hitunglah beda fasa dengan menggunakan rumus :  $(\Delta t / T) \times 360$ , dan catat di jurnal.

## MODUL 8

### Rangkaian Filter Sederhana Pada Rangkaian RL dan Rangkaian RC

#### 8.1 Tujuan

1. Mempelajari Fungsi Transfer dan Frekuensi *cut-off* pada rangkaian RL dan RC.
2. Memahami dan merangkai rangkaian filter sederhana pada rangkaian RL dan RC.
3. Memahami perbedaan gelombang rangkaian differensiator dan integrator yang terjadi pada rangkaian RL dan RC.

#### 8.2 Alat dan Bahan

1. Osiloskop
2. Multimeter
3. *Function Generator*
4. *Project Board*
5. Kabel *Probe*
6. Kabel *Jumper*
7. Resistor 10 k $\Omega$  dan 4,7 k $\Omega$
8. Kapasitor 22 nF
9. Induktor 10 mH

#### 8.3 Dasar Teori

##### 8.3.1 Fungsi Transfer

Fungsi transfer merupakan perbandingan antara besaran output dengan input, baik berupa perbandingan tegangan dengan tegangan, arus dengan arus, tegangan dengan arus dan sebaliknya. Manfaat mengetahui fungsi transfer adalah untuk mencari penguatan tegangan, penguatan arus, serta impedansi input dan output. Rumus umum dari fungsi transfer adalah sebagai berikut.

$$H(s) = \frac{\text{Besaran output}(s)}{\text{Besaran input}(s)}$$

### 8.3.2 Frekuensi Cut-Off

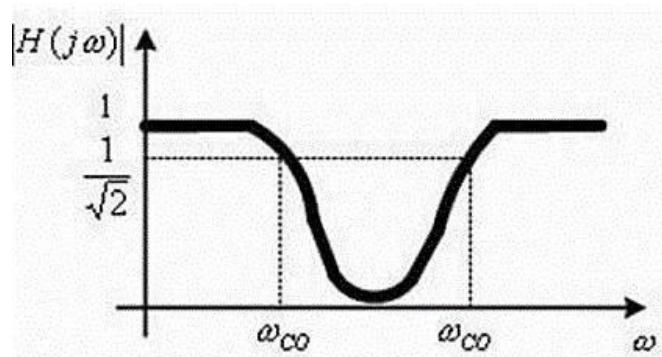
Frekuensi cut-off adalah frekuensi yang menyebabkan magnitude fungsi  $|H(j\omega)|$  bernilai  $1/\sqrt{2}$ . Frekuensi cut-off digunakan sebagai titik acuan range frekuensi yang akan diredam maupun dilewatkan. Dengan acuan ini, kita dapat menentukan atau mengetahui jenis filter pada suatu rangkaian.

### 8.3.3 Filter

Filter merupakan rangkaian gabungan antara kapasitor, induktor, dan resistor yang berdasarkan frekuensi cut-off nya dapat melewatkannya atau meredam kawasan frekuensi tertentu. Ada empat jenis filter umum yang perlu diketahui, yakni band stop filter, band pass filter, low pass filter, dan high pass filter.

#### A. Band Stop Filter (BSF)

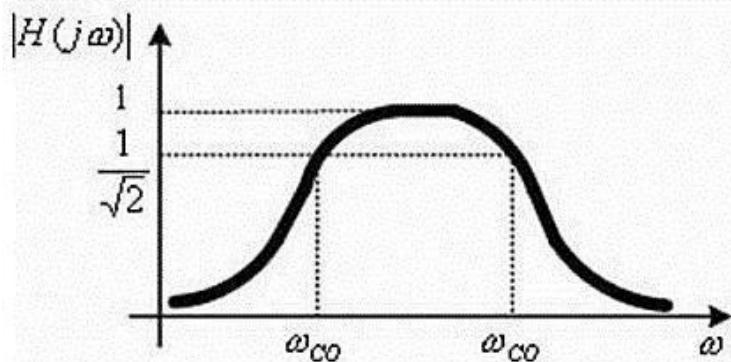
*Band stop filter* (BSF) adalah filter yang digunakan untuk meredam suatu *range* frekuensi tertentu dan melewatkannya di luar *range* tersebut. Lebar pita frekuensi dipengaruhi nilai frekuensi *cut-off* bawah dan nilai frekuensi *cut-off* atas.



Gambar 8. 1 Band Stop Filter

### B. Band Pass Filter (BPF)

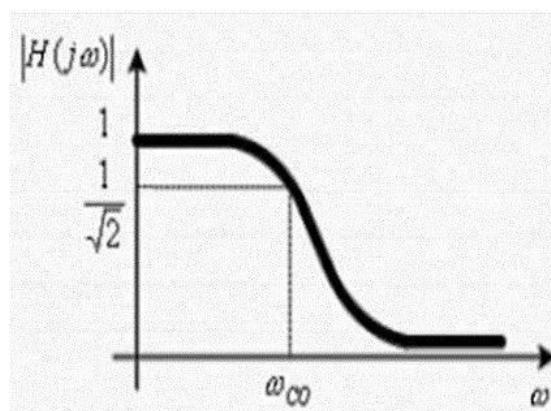
Band pass filter (BPF) adalah filter yang digunakan untuk melewaskan suatu *range* frekuensi tertentu dan meredam frekuensi di luar *range* tersebut. Lebar pita frekuensi dipengaruhi nilai frekuensi *cut-off* bawah dan nilai frekuensi *cut-off* atas.



Gambar 8. 2 Band Pass Filter

### C. Low Pass Filter (LPF)

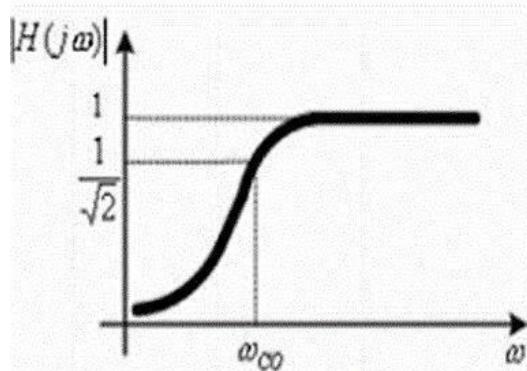
*Low pass filter* (LPF) digunakan untuk melewaskan semua frekuensi rendah sampai dengan frekuensi *cut-off*nya dan meredam frekuensi lainnya. Berbeda dengan BPF dan BSF, filter ini hanya memiliki satu nilai frekuensi *cut-off*. LPF dapat terjadi pada dua jenis rangkaian, yakni rangkaian RL dengan *output* di R dan rangkaian RC dengan *output* di C.



Gambar 8. 3 Low Pass Filter

## D. High Pass Filter (HPF)

*High pass filter* (HPF) digunakan untuk meredam semua frekuensi rendah sampai dengan frekuensi *cut-off* nya dan melewaskan frekuensi lainnya. Sama halnya seperti LPF, filter ini hanya memiliki satu nilai frekuensi *cut-off*. HPF dapat terjadi pada dua jenis rangkaian, yakni rangkaian RL dengan *output* di L dan rangkaian RC dengan *output* di R.

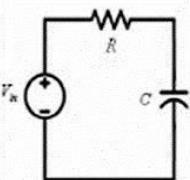
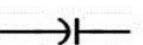


Gambar 8. 4 High Pass Filter

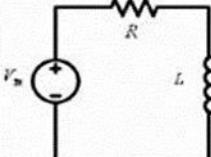
### 8.3.4 Bentuk Gelombang Rangkaian Diferensiator dan Integrator

Pada praktikum modul ini, kita akan coba membuktikan perubahan gelombang output dari rangkaian integrator maupun diferensiator berdasarkan bentuk gelombang inputnya. Adapun rangkaian yang kita gunakan adalah rangkaian RC dan RL. Berikut adalah tabel bentuk gelombang input dan output dari rangkaian RC dan RL.

Tabel 8. 1 Rangkaian RC

Bentuk Rangkaian	Kondisi	Komponen <i>Output</i>	Jenis sinyal	
			<i>Input</i>	<i>Output</i>
	<i>Differensiator</i>			
	<i>Integrator</i>			

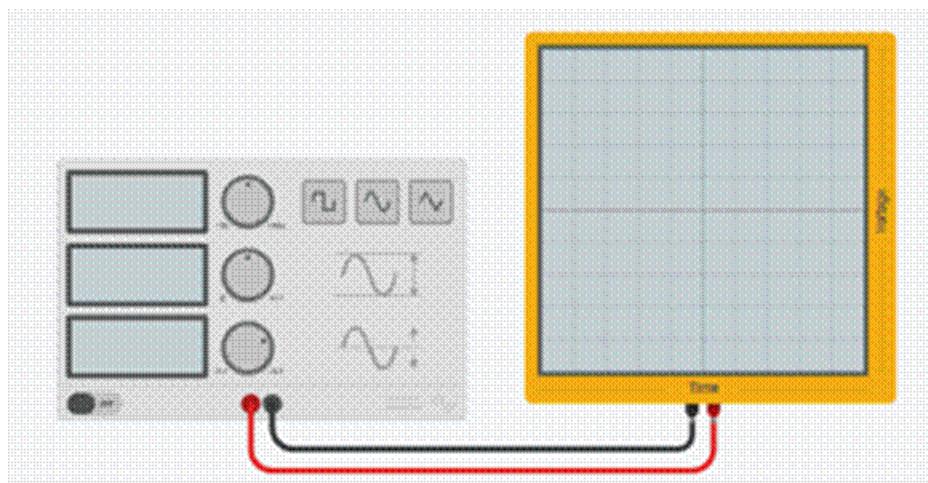
Tabel 8. 2 Rangkaian RL

Bentuk Rangkaian	Kondisi	Komponen <i>Output</i>	Jenis sinyal	
			<i>Input</i>	<i>Output</i>
	<i>Differensiator</i>			
	<i>Integrator</i>			

## 8.4 Prosedur Praktikum

### 8.4.1 Pengukuran Tegangan sumber AC/Arus Bolak-Balik Memakai Osiloskop

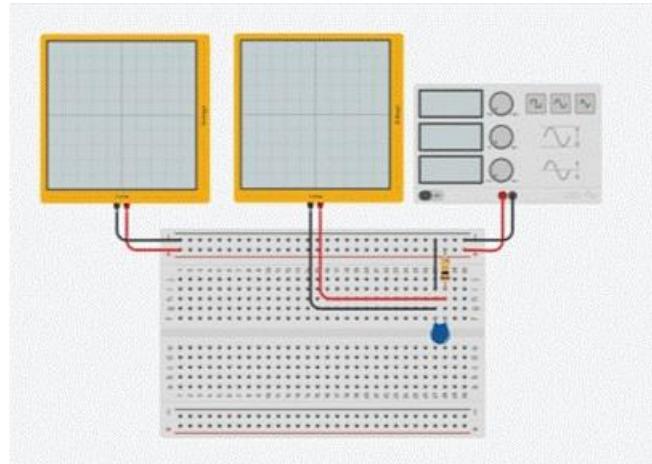
- Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.



- Aturlah tegangan input ( $V_{in}$ ) pada *function generator* menjadi 1 Vpp, kemudian atur frekuensi pada *function generator* menjadi 50 Hz.
- Hitunglah nilai  $V_{rms}$  dan frekuensi *output* dengan rumus yang telah dijelaskan oleh asisten.
- Catat hasil perhitungan tersebut pada jurnal.
- Ubah nilai tegangan input pada *function generator* menjadi 3 dan 5 Vpp dengan frekuensi tetap pada nilai yang sama (50 Hz).
- Ulangi langkah nomor 3 dan 4.

#### 8.4.2 Pengukuran Beda Phasa pada komponen C dengan Osiloskop

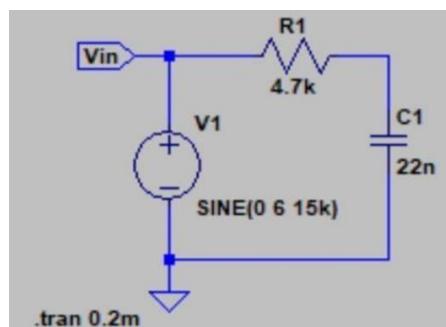
1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut. Anggap gelombang input adalah *channel 1* osiloskop dan gelombang output adalah *channel 2* osiloskop.

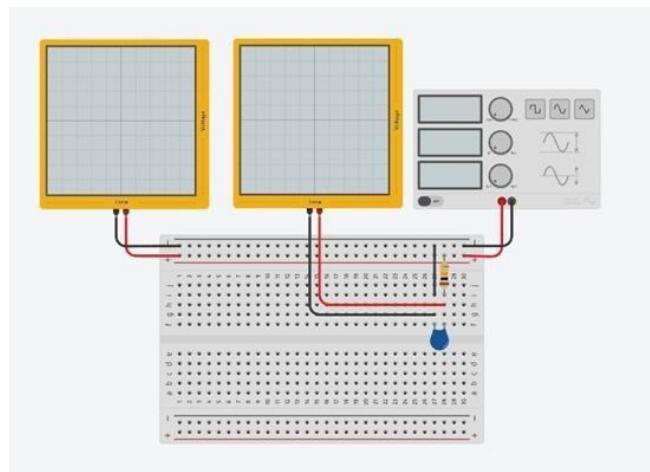


2. Atur frekuensi pada *function generator* menjadi 15 kHz dengan amplitudo  $V_{in}$  sebesar 6 Vpp.
3. Hitung nilai beda fase antara gelombang *input* dengan gelombang *output* menggunakan rumus atau instruksi yang diberikan oleh asisten. Kemudian catat hasil perhitungan tersebut pada jurnal.

#### 8.4.3 Pengukuran Output C Rangkaian RC (Integrator)

1. Buatlah rangkaian RC dengan menggunakan resistor sebesar  $4.7\text{ k}\Omega$  dan kapasitor sebesar  $22\text{ nF}$ , sesuai dengan skema yang telah disediakan. Anggap gelombang *input* adalah *channel 1* osiloskop dan gelombang *output* adalah *channel 2* osiloskop.





2. Atur amplitudo  $V_{in}$  pada *function generator* menjadi 6 Vpp.

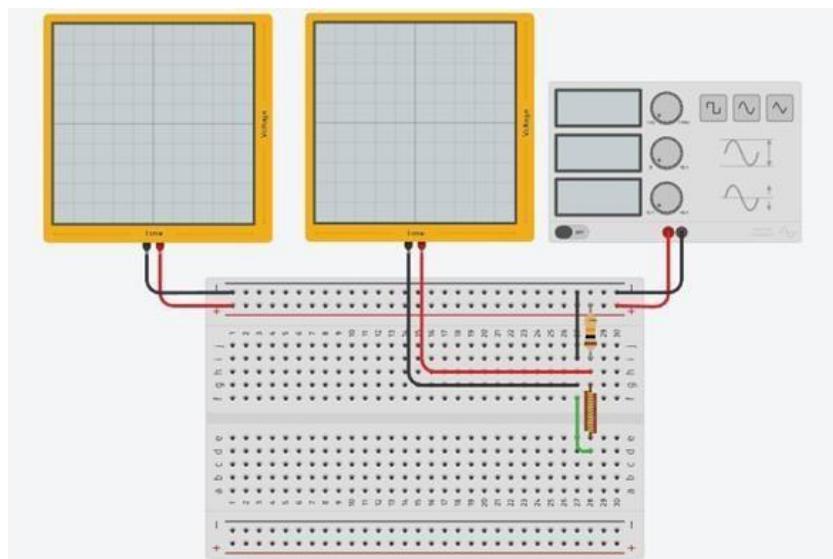
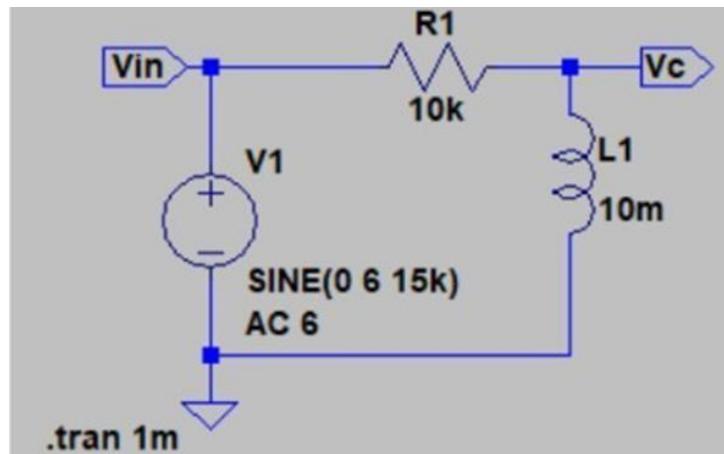
3. Hitung nilai tegangan output teoritis menggunakan rumus:

$$V_{pp\text{output}} = \frac{V_{pp\text{input}}}{\sqrt{2}}$$

4. Tekan tombol *output* pada *function generator* untuk mulai menampilkan sinyal pada osiloskop.
5. Amati tampilan tabel *measure* pada osiloskop, kemudian perhatikan nilai Vpp.
6. Atur frekuensi input mulai dari 1 Hz dan naikkan secara bertahap hingga nilai Vpp yang terbaca pada osiloskop mendekati nilai hasil perhitungan Vpp output.
7. Catat frekuensi saat nilai Vpp output yang terbaca pada osiloskop mencapai nilai hasil perhitungan. Nilai frekuensi tersebut merupakan frekuensi *cut-off* dari rangkaian. Tuliskan hasil pengamatan tersebut pada jurnal.

#### 8.4.4 Pengukuran Output L Rangkaian RL (Diferensiator)

1. Buatlah rangkaian RL dengan menggunakan resistor sebesar  $10\text{ k}\Omega$  dan induktor sebesar  $10\text{ mH}$ , sesuai dengan skema yang telah disediakan. Anggap gelombang input adalah channel 1 osiloskop dan gelombang output adalah channel 2 osiloskop.



2. Atur amplitudo Vin pada *function generator* menjadi 6 Vpp.

3. Hitung nilai tegangan output teoritis menggunakan rumus:

$$V_{pp\text{ output}} = \frac{V_{pp\text{ input}}}{\sqrt{2}}$$

4. Tekan tombol *output* pada *function generator* untuk mulai menampilkan sinyal pada osiloskop.

5. Amati tampilan tabel *measure* pada osiloskop, kemudian perhatikan nilai Vpp.

6. Atur frekuensi input mulai dari 10 kHz dan naikkan secara bertahap hingga nilai Vpp yang terbaca pada osiloskop mendekati nilai hasil perhitungan Vpp output.

7. Catat frekuensi saat nilai V<sub>pp</sub> output yang terbaca pada osiloskop mencapai nilai hasil perhitungan. Nilai frekuensi tersebut merupakan frekuensi *cut-off* dari rangkaian. Tuliskan hasil pengamatan tersebut pada jurnal.

## MODUL 9

### Resonansi dan Pengukuran *Bandwidth*

#### 9.1 Tujuan

1. Memahami rangkaian resonansi seri, paralel dan seri paralel.
2. Memahami *band stop filter* dan *band pass filter*.
3. Memahami *bandwidth*, frekuensi *cut-off*, dan faktor kualitas.

#### 9.2 Alat dan Bahan

1. *Function Generator*
2. Osiloskop
3. Resistor 1k  $\Omega$
4. Induktor 10 mH
5. Kapasitor 22 nF
6. *Project Board*
7. *Jumper*

#### 9.3 Dasar Teori

##### 9.3.1 Resonansi

Resonansi merupakan kondisi dimana nilai respon magnitude  $|H(j\omega)|$  telah mencapai maksimum atau minimum. Suatu rangkaian dikatakan beresonansi ketika tegangan dan arus yang dihasilkan dalam rangkaian berada di dalam satu fase. Resonansi terjadi pada rangkaian arus AC yang memiliki komponen pasif (resistor, induktor, dan kapasitor) yang disebabkan oleh frekuensi resonansi (fr). Adapun ciri resonansi adalah sebagai berikut.

1. Rangkaian bersifat resistif.
2. Fase arus sama dengan fase tegangan.
3. Terdapat unsur imajiner.

Selain itu, terdapat beberapa variabel yang umumnya ditanyakan dalam suatu rangkaian resonansi, yakni faktor kualitas gelombang (Q), bandwidth, dan frekuensi resonansi. Adapun detailnya adalah sebagai berikut.

### 1. Faktor Kualitas (Q)

Faktor Kualitas (Q) merupakan ukuran selektivitas rangkaian resonator. Rangkaian resonator merupakan rangkaian *Band Pass Filter* (BPF) dengan lebar pita yang sempit. Semakin lebar nilai Q, maka semakin sempit *bandwidth*. Adapun rumus untuk menghitung faktor kualitas adalah sebagai berikut.

$$Q = \frac{f_r}{BW} = \frac{f_r}{f_2 - f_1} = \frac{\sqrt{f_1 f_2}}{f_2 - f_1}$$

### 2. Bandwidth

*Bandwidth* adalah lebar pita suatu gelombang. *Bandwidth* juga dapat dikatakan sebagai selisih antara frekuensi *cut-off* atas dengan frekuensi *cut-off* bawah. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$BW = \frac{f_r}{Q} \quad \text{atau} \quad BW = f_2 - f_1$$

### 3. Frekuensi Resonansi

Merupakan frekuensi yang menjadi nilai acuan saat rangkaian mengalami resonansi. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$f_r = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

Keterangan:

Q = Faktor Kualitas

f1 = Frekuensi *Cut-off* bawah

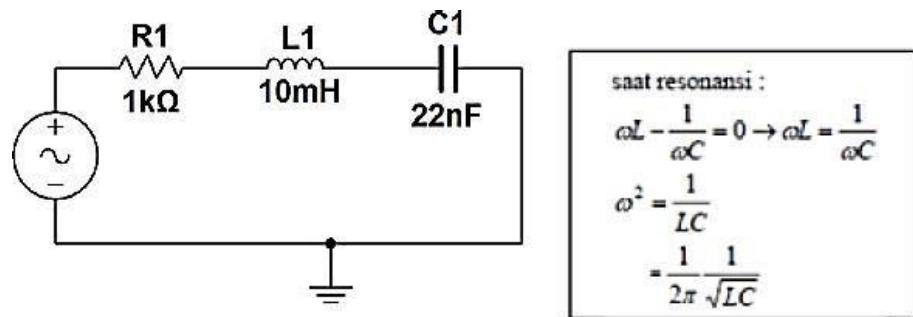
f2 = Frekuensi *Cut-off* atas

fr = Frekuensi resonansi

$$BW = Bandwidth$$

Setelah mengetahui beberapa variabel dalam rangkaian resonansi, kita akan mempelajari jenis-jenis rangkaian resonansi, yakni rangkaian resonansi seri, paralel, dan seri paralel.

### Rangkaian Resonansi Seri



Gambar 9. 1 Rangkaian Resonansi Seri

Faktor kualitas pada rangkaian resonansi seri dapat ditulis sebagai berikut.

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R}$$

Keterangan:

$$X_L \text{ (reaktansi induktif)} = \omega \cdot L$$

$$X_C \text{ (reaktansi kapasitif)} = 1/\omega C$$

$$\omega = 2\pi f$$

R = Resistansi

Adapun untuk menghitung impedansi total rangkaian rumusnya adalah sebagai berikut.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_r^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Jika terdapat bilangan imajiner (j) maka:

1.  $X_L \text{ (reaktansi induktif)} = j\omega L$

$$2. \quad XC \text{ (reaktansi induktif)} = \frac{1}{j\omega C}$$

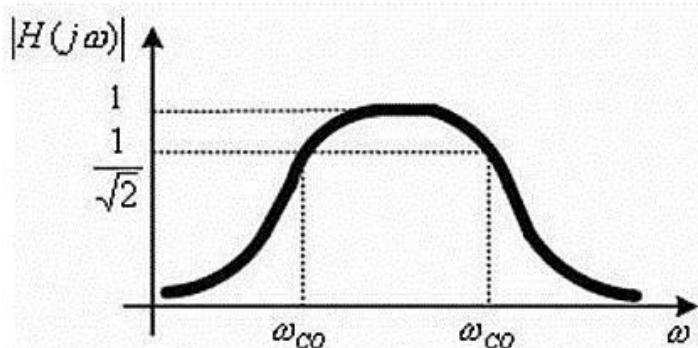
$$3. \quad \omega = 2f$$

Rumus impedansi total apabila terdapat bilangan imajiner adalah sebagai berikut.

$$Z_{tot} = R + \left( j\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

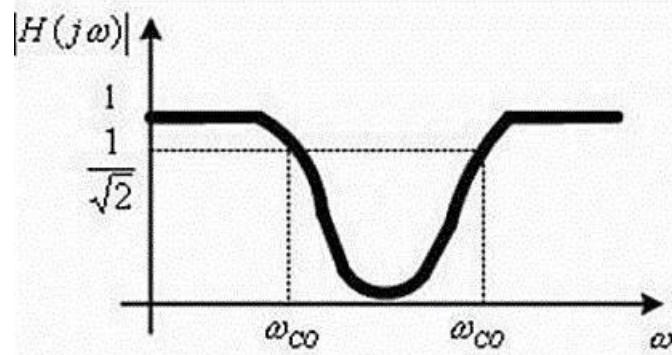
Selain itu, ada beberapa hal pula yang harus diperhatikan pada rangkaian resonansi seri.

1. Impedansi ( $Z$ ) bernilai minimum sehingga arus ( $I$ ) maksimum. Jika output berada di  $R$ , maka rangkaian akan berfungsi sebagai *band pass filter* (BPF), dimana kawasan frekuensi tertentu akan dilewatkan dan frekuensi di luar kawasan tersebut akan direndam.



Gambar 9. 2 BPF

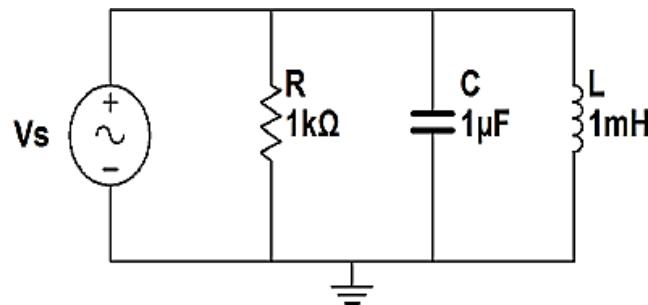
2. Jika output berada di titik  $L$  dan  $C$  (titik B-C), maka rangkaian akan berfungsi sebagai *band stop filter* (BSF), dimana kawasan frekuensi tertentu akan direndam frekuensi di luar kawasan tersebut akan dilewatkan.



Gambar 9. 3 BSF

### Rangkaian Resonansi Paralel

Resonansi paralel terjadi apabila suseptansi induktif sama dengan suseptansi kapasitif. Suseptansi merupakan fungsi dari frekuensi yang mengukur tingkat kerentanan rangkaian dalam menghantarkan arus yang bervariasi.



Gambar 9. 4 Rangkaian Resonansi Paralel

<b>Konduktansi</b>  $Y_{tot} = G + j(BC - BL)$ <b>Admitansi</b> 	<b>Suseptansi</b>  $Y = G + j(\omega C - \frac{1}{\omega L})$ <b>susceptance</b> 
<b>saat resonansi :</b> $\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0 \rightarrow \omega C = \frac{1}{\omega L}$ $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ $= \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}}$	

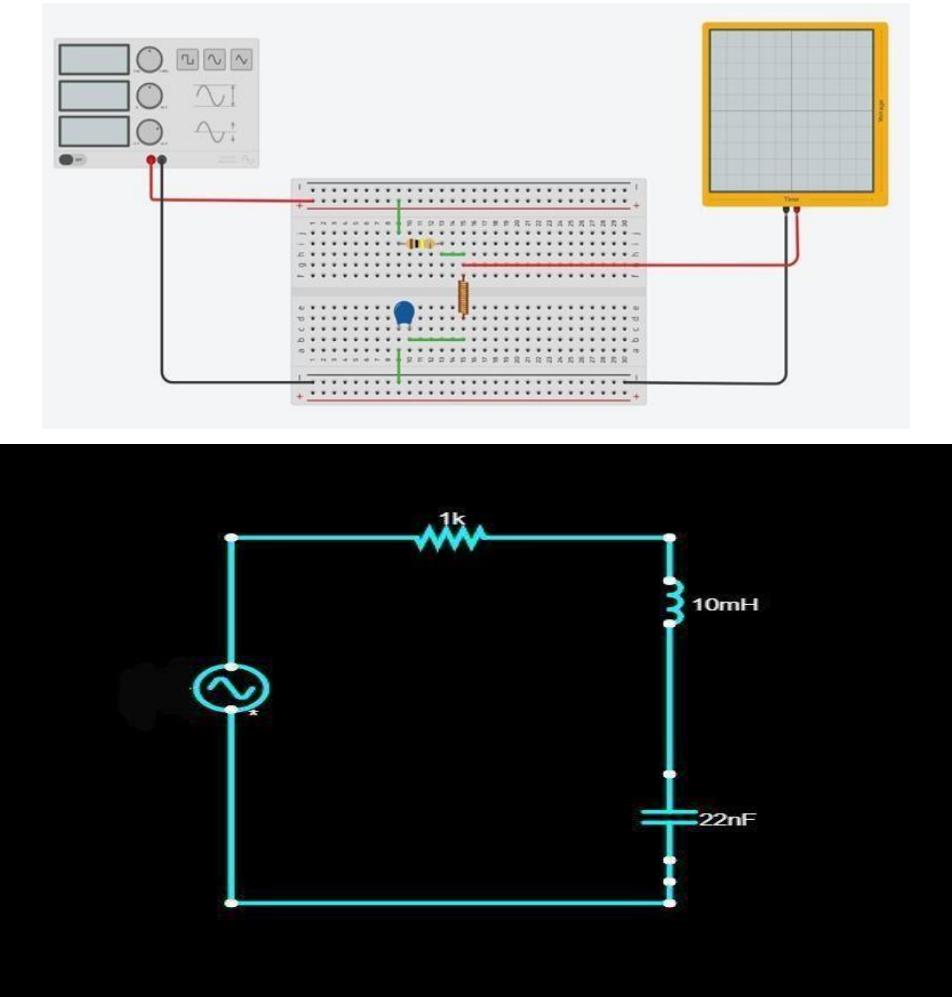
## Rangkaian Resonansi Seri-Paralel

Resonansi seri-paralel merupakan resonansi yang terjadi pada rangkaian RLC yang juga merupakan kombinasi antara hubungan seri dan paralel.

### 9.4 Prosedur Praktikum

#### 9.4.1 Rangkaian Seri RLC

- Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.

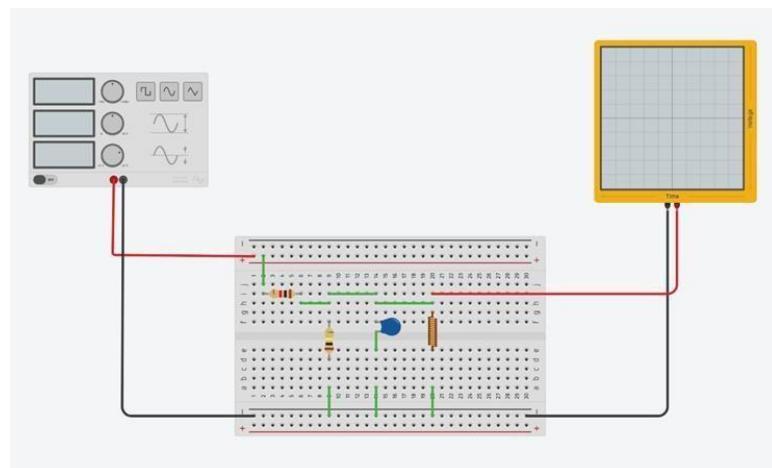


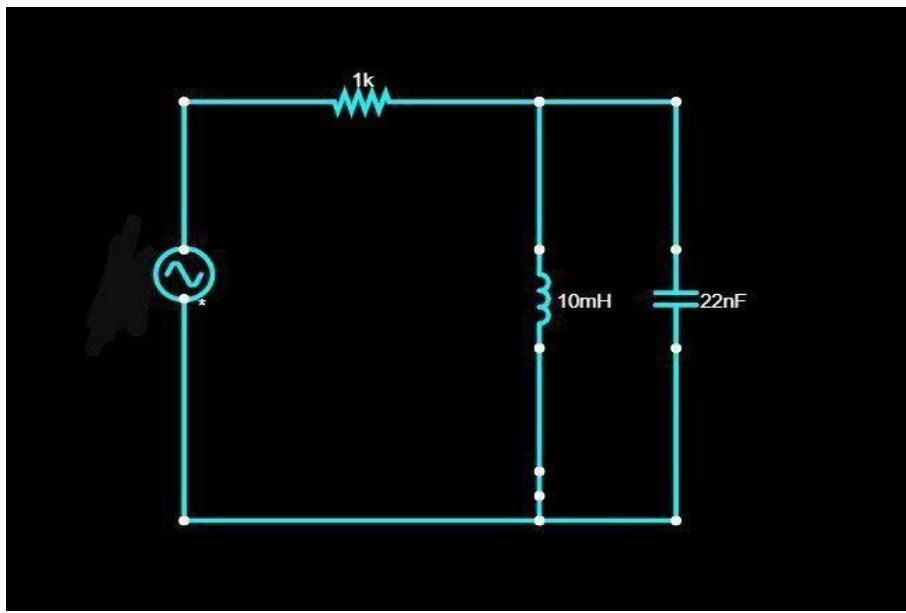
- probe osiloskop pada kaki induktor  $10\text{mH}$  dan *ground* untuk mengukur sinyal.
- Hubungkan *output function generator* pada jalur horizontal seperti pada gambar *breadboard* diatas.
- Atur function generator untuk mengeluarkan sinyal sinusoidal dengan amplitudo 1V.

5. Atur frekuensi *function generator* dari 100Hz hingga 100kHz. Amati besar amplitudo sinyal yang terukur oleh osiloskop dan plot besar tegangannya pada grafik di jurnal.
6. Temukanlah frekuensi *cut-off* atas dan frekuensi *cut-off* bawah dengan mengamati di frekuensi berapa antara 100Hz hingga 100kHz yang memiliki besar amplitudo 0.7V.
7. Temukanlah frekuensi resonansi dengan mengamati hasil plot grafik dan perubahan besar amplitudo yang terukur ketika mengubah frekuensi dari 100Hz hingga 100kHz atau dapat menggunakan rumus yang telah dipelajari.
8. Dari plot grafik tentukan jenis filter, kemudian atur frekuensi *function generator* sesuai dengan frekuensi resonansi.
9. Catat besar amplitudo yang terukur pada jurnal.
10. Hitung *bandwidth* serta faktor kualitasnya.

#### 9.4.2 Rangkaian Paralel RLC

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.

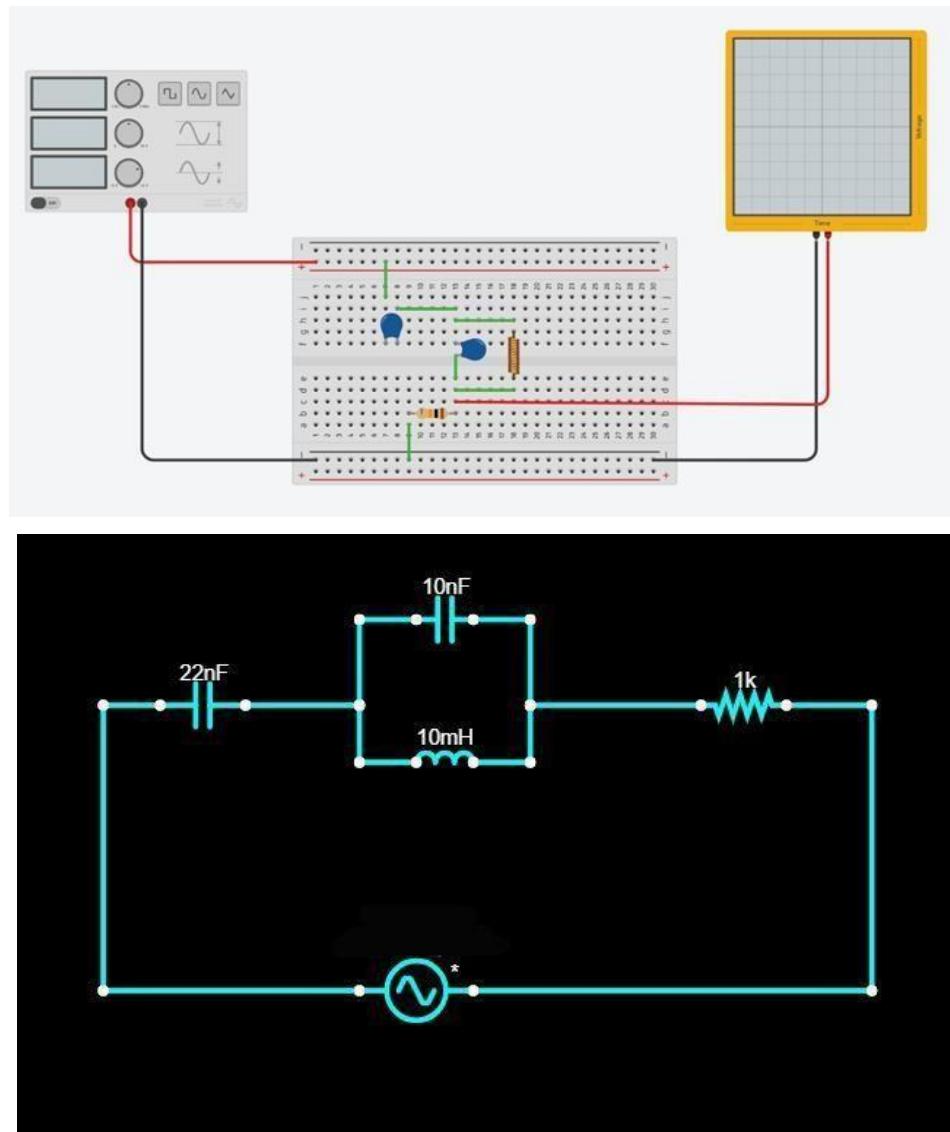




2. Hubungkan probe osiloskop pada kaki induktor  $10\text{mH}$  dan *ground* untuk mengukur sinyal.
3. Hubungkan *output function generator* pada jalur horizontal seperti pada gambar *breadboard* diatas.
4. Atur function generator untuk mengeluarkan sinyal sinusoidal dengan amplitudo 1V.
5. Atur frekuensi *function generator* dari 100Hz hingga 50kHz. Amati besar amplitudo sinyal yang terukur oleh osiloskop dan plot besar tegangannya pada grafik di jurnal.
6. Temukanlah frekuensi *cut-off* atas dan frekuensi *cut-off* bawah dengan mengamati di frekuensi berapa antara 100Hz hingga 50kHz yang memiliki besar amplitudo 0.7V.
7. Temukanlah frekuensi resonansi dengan mengamati hasil plot grafik dan perubahan besar amplitudo yang terukur ketika mengubah frekuensi dari 100Hz hingga 50kHz atau dapat menggunakan rumus yang telah dipelajari.
8. Dari plot grafik tentukan jenis filter, kemudian atur frekuensi *function generator* sesuai dengan frekuensi resonansi.
9. Catat besar amplitudo yang terukur pada jurnal.
10. Hitung *bandwidth* serta faktor kualitasnya.

### 9.4.3 Rangkaian Seri Paralel

- Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.



- Hubungkan probe osiloskop pada kaki resistor 10K dan *ground* untuk mengukur sinyal.
- Hubungkan output *function generator* pada jalur horizontal seperti pada gambar *breadboard* diatas.
- Atur *function generator* untuk mengeluarkan sinyal sinusoidal dengan amplitudo 1V.
- Atur frekuensi *function generator* dari 100Hz hingga 50kHz. Amati besar amplitudo sinyal yang terukur oleh oscilloscope dan plot besar tegangannya pada grafik di jurnal

# MODUL 10

## Rangkaian Kutub Empat

### 10.1 Tujuan

Melalui praktikum modul ini, mahasiswa diharapkan dapat :

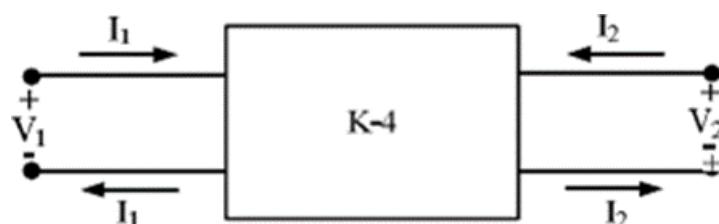
1. Memahami definisi dari teorema rangkaian kutub empat
2. Menghitung parameter kutub empat
3. Mengukur parameter-parameter dari suatu rangkaian kutub empat yang tidak diketahui isi rangkaianya
4. Menentukan sifat-sifat kutub empat berdasarkan parameternya

### 10.2 Alat dan Bahan

1. Power Supply
2. Multimeter
3. Breadboard
4. Resistor  $100\ \Omega$ ,  $220\ \Omega$ , dan  $4,7\ k\Omega$
5. Kabel Jumper
6. Kabel Probe

### 10.3 Dasar Teori

Rangkaian kutub empat (K-4) adalah suatu rangkaian yang memiliki sepasang terminal pada sisi input dan sepasang lainnya pada sisi output. Adapun teori rangkaian kutub empat ini banyak dipergunakan dalam sistem komunikasi sistem kontrol, sistem daya (power system) dan rangkaian elektronik.



Gambar 10. 1 Skema rangkaian kutub empat

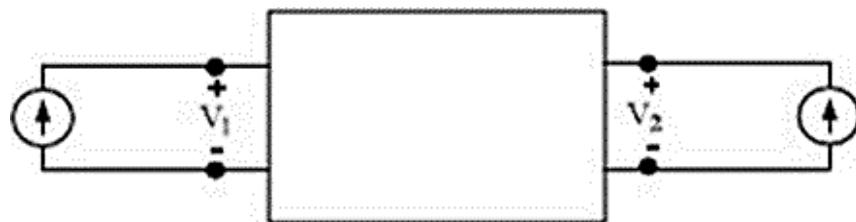
Pada rangkaian kutub empat diperlukan berbagai macam hubungan antara tegangan dan arus yang disebut parameter. Adapun beberapa macam analisis parameter yang dapat digunakan, yaitu :

1. Parameter Z (Impedansi)
2. Parameter U (Admitansi)
3. Parameter h&g (Hybrid)
4. Parameter ABCD (Transmisi)

### 10.3.1 Parameter Z (Impedansi)

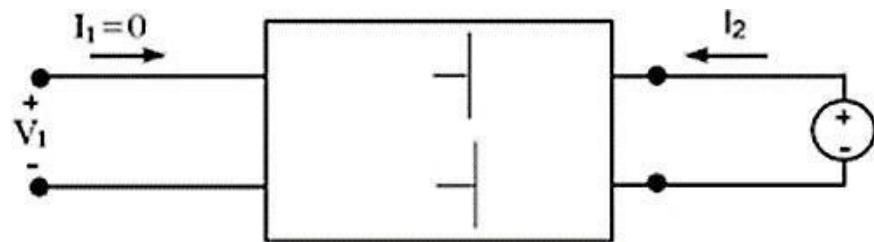
Parameter Z dikenal juga sebagai impedansi atau hambatan. Parameter Z biasanya digunakan dalam sintesa filter, penganalisis jaringan *impedance matching* dan distribusi sistem tenaga. Rangkaian kutub empat ada dengan sumber-sumber tegangan maupun sumber arus. Berikut adalah gambar-gambar blok sederhana rangkaian kutub empat dengan parameter Z.

1. Rangkaian kutub empat dengan sumber arus.



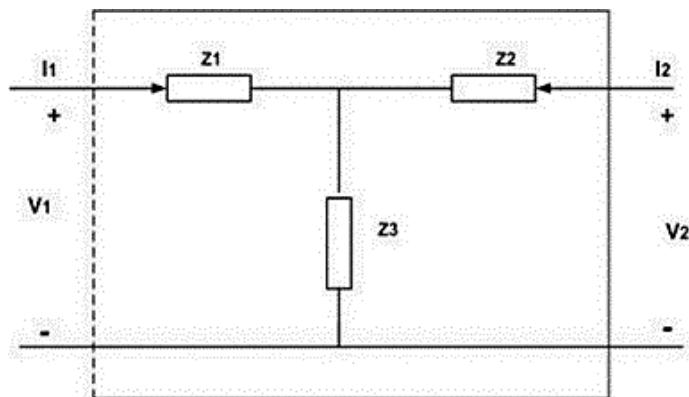
Gambar 10. 2 Kutub empat sumber arus

2. Rangkaian kutub empat dengan sumber tegangan.



Gambar 10. 3 Kutub empat sumber tegangan

3. Contoh rangkaian kutub empat parameter Z.



Gambar 10. 4 Rangkaian parameter Z

Adapun bentuk hubungan tegangan dalam parameter Z ini adalah sebagai berikut.

$$V_1 = Z_{11}I_{11} + Z_{12}I_2$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$$

Untuk menentukan harga dari parameter Z ini dapat dilakukan dengan mengkondisikan *port 1 open circuit* dan *port 2 open circuit* secara bergantian. Analisis K-4 dengan parameter Z dapat dilakukan dengan memandang dari dua sisi yaitu sisi primer (V1) dan sisi sekunder (V2). Adapun analisisnya sebagai berikut.

- Jika port 2 open circuit ( $I_2 = 0$ )

$$Z_{11} = \frac{V_1}{I_1} \Big|_{I_2=0} \quad Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \Big|_{I_2=0}$$

- Jika port 1 open circuit ( $I_1 = 0$ )

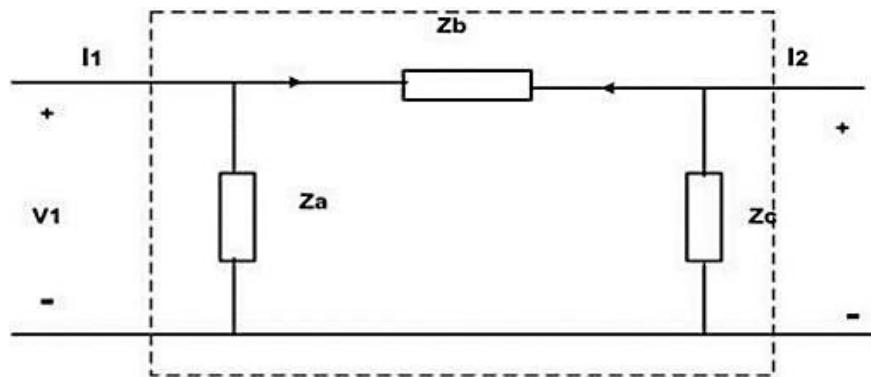
$$Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \Big|_{I_1=0} \quad Z_{22} = \frac{V_2}{I_2} \Big|_{I_1=0}$$

Keterangan :

- $Z_{11}$  = impedansi port primer ketika port sekunder open circuit
- $Z_{22}$  = impedansi port primer ketika port primer open circuit
- $Z_{12} = Z_{21}$  = impedansi transfer dimana perbandingan tegangan di satu port dibandingkan arus di port lain.

### 10.3.2 Parameter Y (Admitansi)

Parameter Y dikenal juga sebagai admitansi atau tingkat kemudahan suatu rangkaian untuk diberikan aliran arus listrik. Hal ini menjadikan parameter Y sebagai kebalikan dari parameter Z dimana  $Y = \frac{1}{Z}$ . Parameter Y banyak dipergunakan dalam sintesa filter, perencanaan penganalisaan matching network dan distribusi sistem tenaga. Adapun contoh blok sederhana dari rangkaian kutub empat parameter Y adalah sebagai berikut.



Gambar 10. 5 Rangkaian parameter Y

Parameter Y memperlihatkan arus-arus yang dinyatakan dalam tegangan terminal n dengan persamaan sebagai berikut:

$$I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2$$

$$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2$$

Sama halnya dengan parameter Z, analisis rangkaian dengan parameter Y juga memandang kedua sisi yaitu sisi primer dan sisi sekunder. Analisisnya sebagai berikut:

- Jika port 2 short circuit ( $V_2 = 0$ )

$$Y_{11} = \frac{I_1}{V_1} \Big| V_{2=0}$$

$$Y_{21} = \frac{I_2}{V_1} \Big| V_{2=0}$$

- Jika port 1 short circuit ( $V_1 = 0$ )

$$Y_{12} = \frac{I_1}{V_2} \Big| V_{1=0}$$

$$Y_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big| V_{1=0}$$

Keterangan:

- $Y_{11}$  = admitansi port primer ketika port sekunder *short circuit*.
- $Y_{22}$  = admitansi port primer ketika port primer *short circuit*.
- $Y_{12} = Y_{21}$  = admitansi transfer dimana perbandingan arus di satu port dibandingkan tegangan di port lain.

Admitansi yang dihasilkan merupakan admitansi *short circuit* (SC) atau parameter *short circuit* atau parameter Y.

### 10.3.3 Parameter h&g (*Hybrid*)

Parameter *Hybrid* merupakan parameter Z dan parameter Y yang digabungkan. Parameter ini biasa digunakan dalam pemodelan dan perancangan listrik yang kompleks.

#### 1. Rumus Parameter h

$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$$

$$I_2 = h_{21}V_1 + h_{22}V_2$$

Dimana :

- |   |   |
|---|---|
| • $h_{11} = \frac{V_1}{I_1} \mid V_2 = 0$ | • $h_{12} = \frac{V_1}{V_2} \mid I_1 = 0$ |
| • $h_{21} = \frac{V_2}{I_1} \mid V_1 = 0$ | • $h_{22} = \frac{I_2}{V_2} \mid V_1 = 0$ |

#### 2. Rumus Parameter g

$$I_1 = g_{11}V_1 + g_{12}I_2$$

$$V_2 = g_{21}V_1 + g_{22}I_2$$

Dimana :

- |   |   |
|---|---|
| • $g_{11} = \frac{I_1}{V_1} \mid V_2 = 0$ | • $g_{21} = \frac{V_2}{V_1} \mid I_2 = 0$ |
|---|---|

$$\bullet \quad g_{12} = \frac{I_1}{V_1} \mid V_2 = 0$$

$$\bullet \quad g_{22} = \frac{V_2}{I_2} \mid V_1 = 0$$

#### 10.3.4 Parameter Transmisi (ABCD)

Parameter ABCD hanya menggunakan variabel tegangan dan arus tanpa impedansi atau admitansi. Parameter ini biasa digunakan dalam analisis jaringan transmisi dan pemodelan berbagai jenis peralatan listrik (transformator, amplifier dan sebagainya). Masing-masing parameter memiliki peran sebagai berikut.

1. Parameter A menghubungkan antara tegangan input dan output.
2. Parameter B mengukur hubungan antara arus input dan tegangan output.
3. Parameter C mengukur sejauh mana energi gelombang dating dari belakang perangkat dan menciptakan tegangan pada kutub input.
4. Parameter D mengukur sejauh mana energi gelombang datang dari belakang perangkat menciptakan arus pada kutub input.

Adapun rumus untuk parameter ABCD adalah sebagai berikut.

$$V_1 = AV_2 + BV_2$$

$$I_2 = g_{21}V_1 + g_{22}I_2$$

Dimana :

$$A = \frac{V_1}{V_2} \mid I_2=0 \qquad \qquad B = \frac{V_1}{-I_2} \mid V_2=0$$

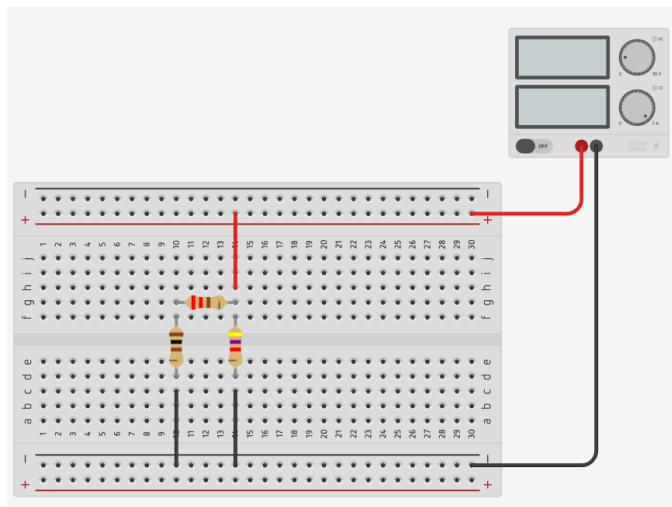
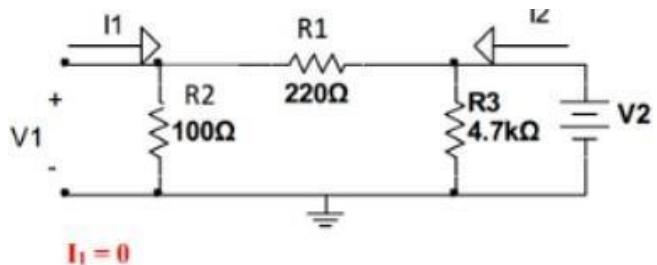
$$C = \frac{I_1}{V_2} \mid I_2=0 \qquad \qquad D = \frac{I_1}{-V_2} \mid V_2=0$$

### 10.4 Prosedur Praktikum

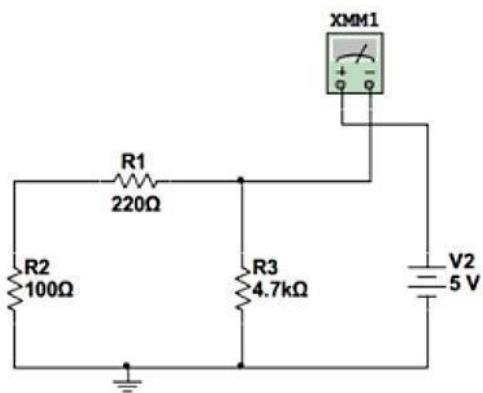
#### 10.4.1 Pengukuran Parameter Z

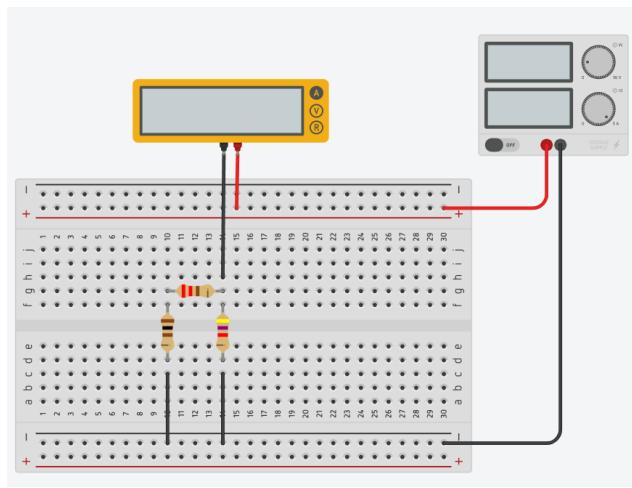
##### A. Kondisi 1 (*V1 Open Circuit*)

1. Buatlah rangkaian dengan *V1 open circuit* pada breadboard dengan contoh dan skema berikut.

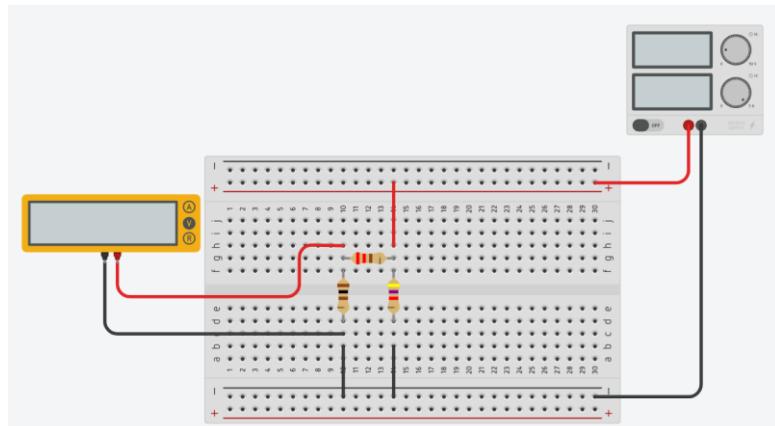
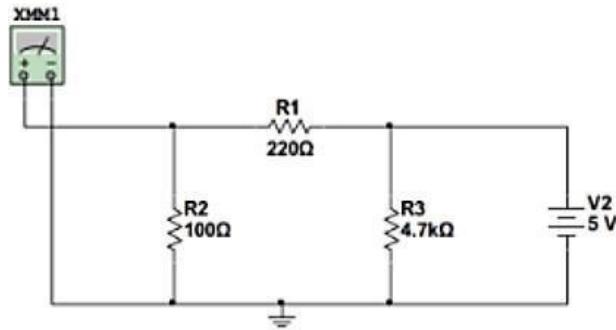


2. Aturlah tegangan *power supply*  $V_2$  dengan besar 5V.
3. Ukurlah besar  $I_2$  dengan menghubungkan amperemeter dengan jalur 5V *breadboard* dan *node*  $4.7\Omega$  dan  $220\Omega$ . Contoh skema dan rangkaianya adalah sebagai berikut.





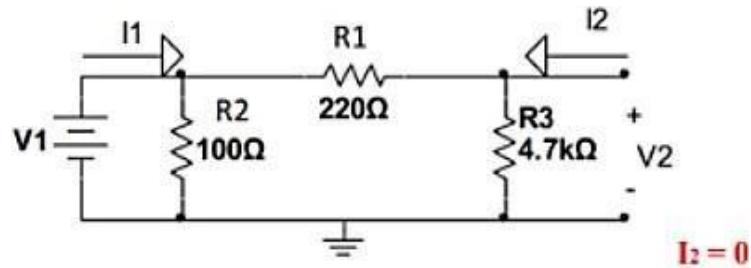
4. Ukurlah besar  $V_1$  dengan mengukur tegangan pada resistor  $100\Omega$  lalu hubungkan jalur  $5V$  *breadboard* dengan *node*  $4k7\Omega$  dan  $220\Omega$  menggunakan jumper. Contoh rangkaian serta skemanya adalah sebagai berikut.



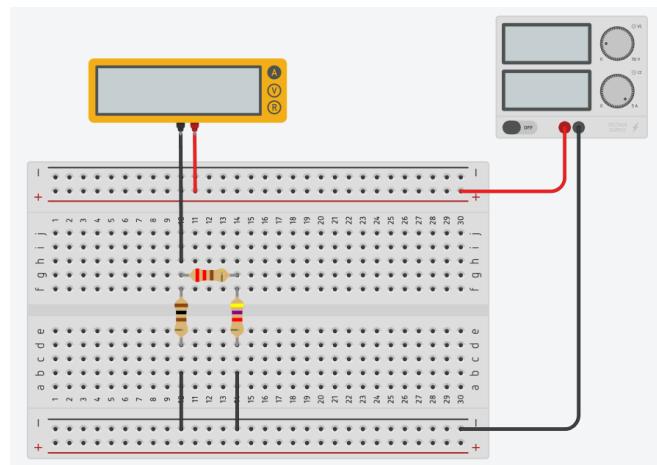
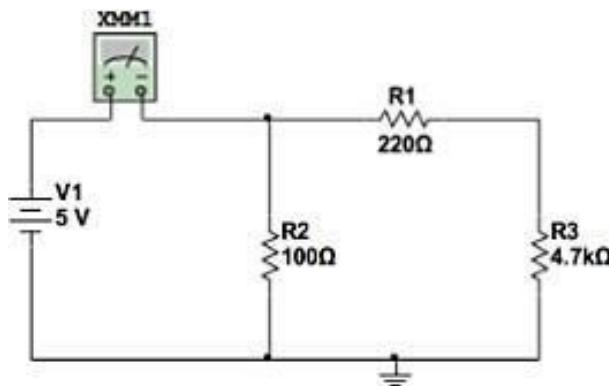
5. Catat hasil pengukuran  $I_2$  dan  $V_1$  pada jurnal dan masukkan nilai  $V_2 = 5V$  dan  $I_1 = 0$ .

## Kondisi 2 (V2 Open Circuit)

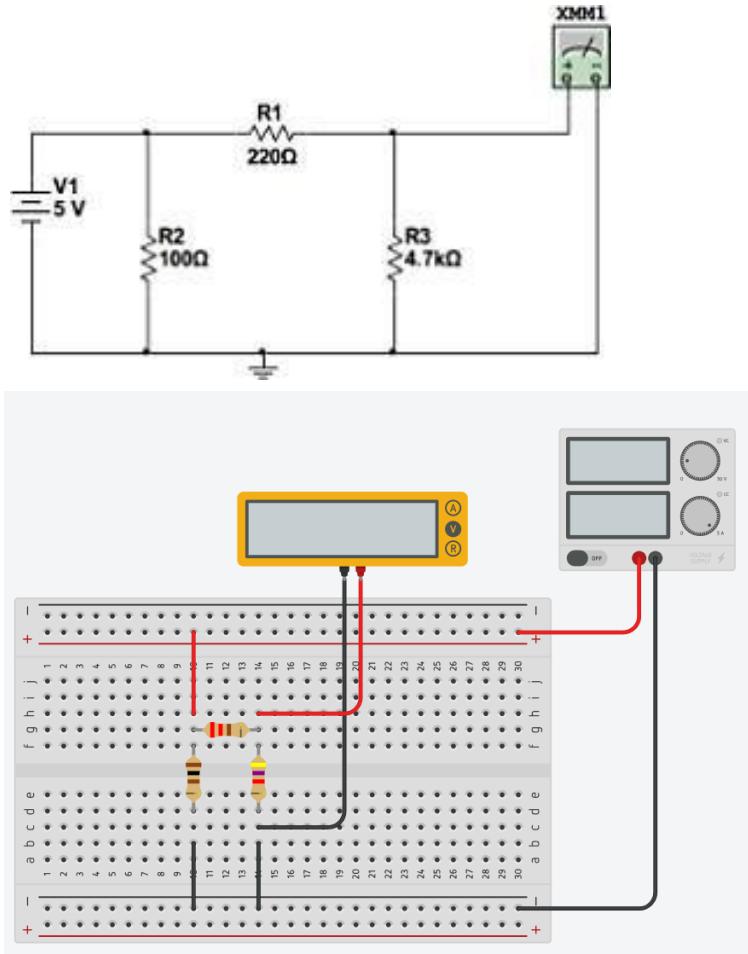
1. Dengan skema rangkaian yang sama dengan kondisi 1, pindahkan tegangan 5V ke port V1, biarkan V2 menjadi *open circuit*.



2. Ukurlah besar  $I_1$  dengan menghubungkan amperemeter dengan jalur 5V *breadboard* dan *node*  $100\Omega$  dan  $220\Omega$ . Contoh skema dan rangkaianya adalah sebagai berikut.



3. Ukurlah besar  $V_2$  dengan mengukur tegangan pada resistor  $4.7\Omega$  dan hubungkan jalur  $5V$  *breadboard* dengan node  $100\Omega$  dan  $220\Omega$  dengan *jumper*.

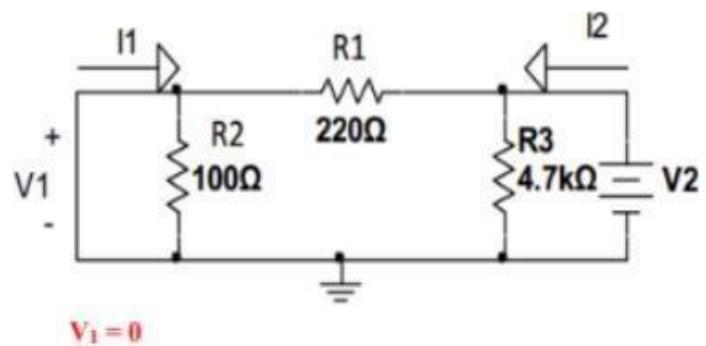


4. Catat hasil pengukuran  $I_1$  dan  $V_2$  pada jurnal dan masukkan nilai  $V_1 = 5V$  dan  $I_2 = 0$ .

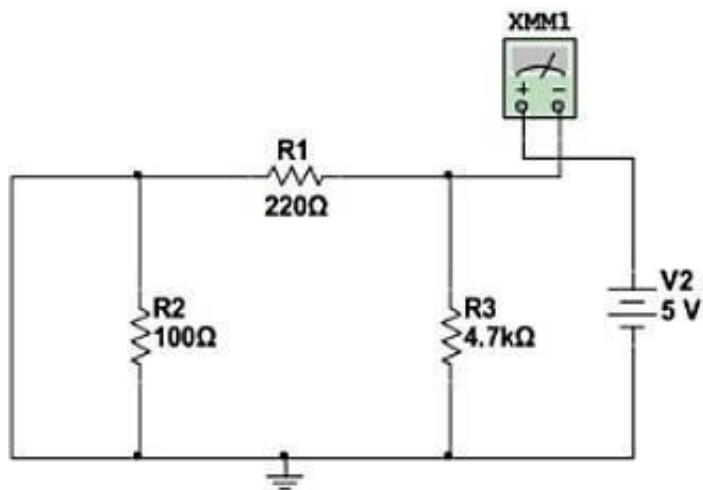
#### 10.4.2 Pengukuran Parameter Y

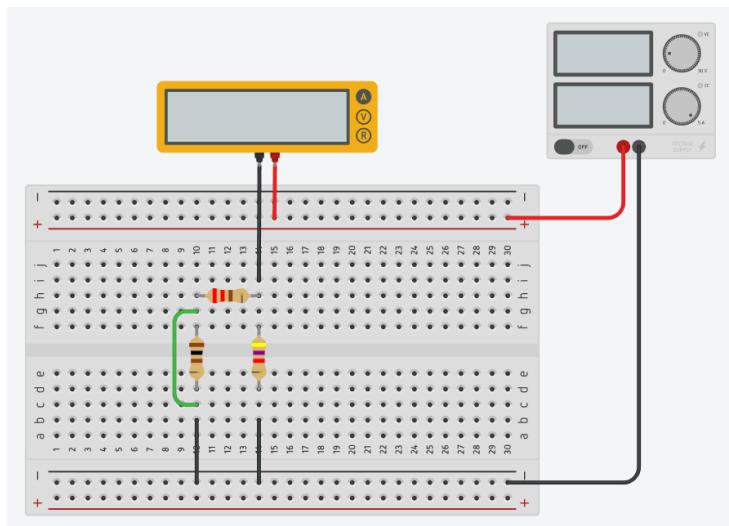
##### Kondisi 1 (V1 Short Circuit)

1. Buatlah rangkaian pada *breadboard* dengan skema dan contoh rangkaian sebagai berikut.

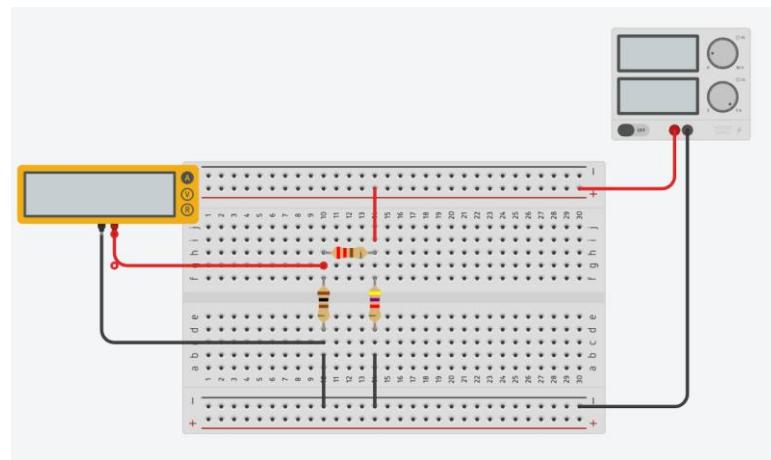


- Ukurlah besar  $I_2$  dengan menghubungkan amperemeter dengan jalur 5V *breadboard* dengan node  $4.7\Omega$  dan  $220\Omega$ . Hubung singkatkan resistor  $100\Omega$  dengan *jumper*.





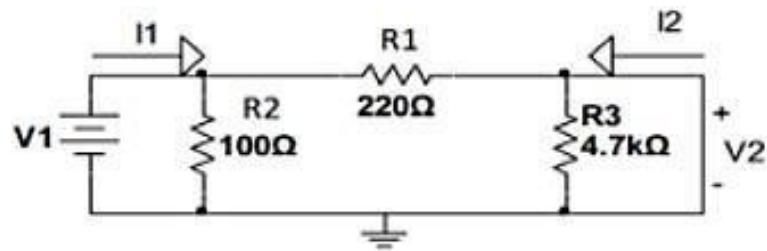
3. Ukurlah besar  $I_1$  dengan menghubungkan amperemeter dengan *node*  $220\Omega$  dan  $100\Omega$  dan ground. Hubungkan *node*  $4k7\Omega$  dan  $220\Omega$  dengan jalur  $5V$  *breadboard* dengan *jumper*.



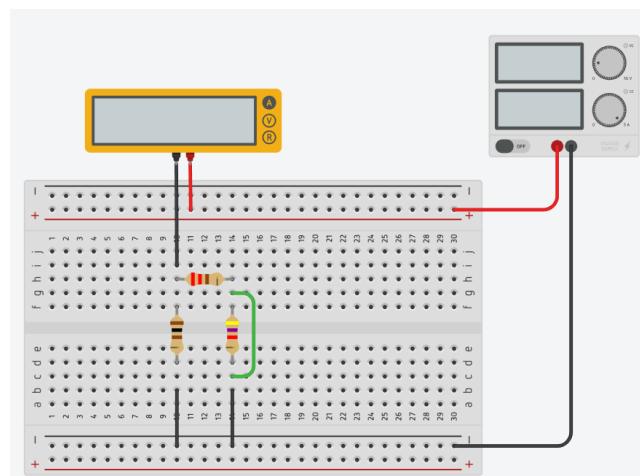
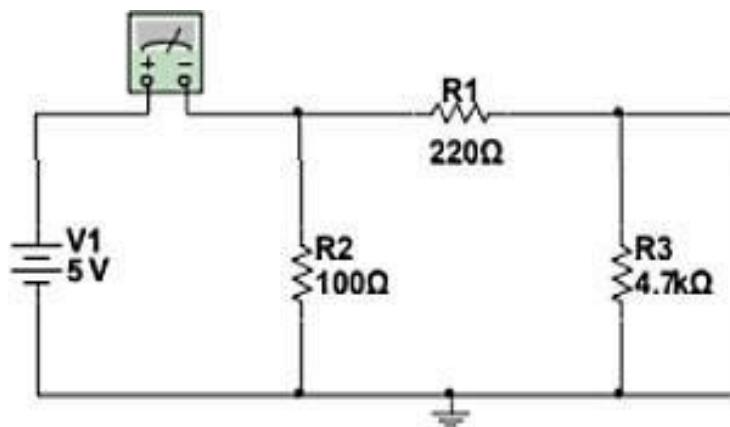
4. Catat hasil pengukuran  $I_1$  dan  $I_2$  pada jurnal dan masukan nilai  $V_1 = 0V$  dan  $V_2 = 5V$ .

### Kondisi 2 (V2 Short Circuit)

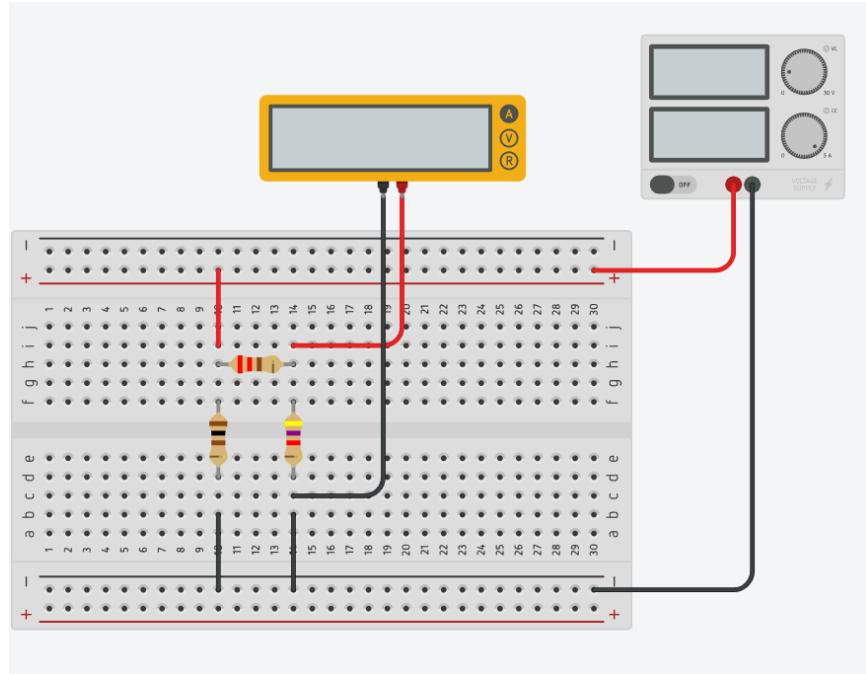
1. Dengan rangkaian yang sama, pindahkan *power supply* ke *port* V1, kemudian hubungan-singkatkan *port* V2.



2. Ukurlah besar  $I_1$  dengan menghubungkan amperemeter dengan jalur 5V *breadboard* dengan *node*  $100\Omega$  dan  $220\Omega$ . Hubung singkatkan resistor  $4k7\Omega$  dengan *jumper*.



3. Ukurlah besar  $I_2$  dengan menghubungkan amperemeter dengan *node*  $220\Omega$  dan  $4k7\Omega$  dan *ground*. Hubungkan *node*  $100\Omega$  dan  $220\Omega$  dengan jalur  $5V$  *breadboard* dengan *jumper*.



## **TUGAS BESAR**

### **Tujuan**

Merancang sebuah filter berdasarkan pengetahuan komprehensif yang telah didapatkan pada praktikum-praktikum sebelumnya.

### **Kriteria Rancangan**

Setiap kelompok akan mendapatkan tugas perancangan filter LPF, HPF dan BPF dengan nilai frekuensi *cut off*, faktor kualitas, atau *bandwitch* yang sudah ditentukan oleh koordinator laboratorium/asisten.

### **Instrumentasi dan Komponen**

Instrumentasi dan komponen harap disediakan sendiri oleh masing-masing praktikan, konsultasi dengan koordinator laboratorium/asisten dan dikumpulkan serta dipresentasikan pada waktu yang telah ditetapkan oleh koordinator laboratorium/asisten.

### **Waktu Pengerjaan**

Filter yang telah anda rancang dapat diuji di laboratorium pada minggu 11 praktikum Kemudian dikumpulkan serta dipresentasikan pada minggu 12 praktikum.

### **Langkah-langkah pengerjaan Tugas Besar**

1. Hitunglah soal rangkaian filter yang sudah disediakan oleh koordinator laboratorium/asisten dengan metode atau cara yang sudah diajarkan oleh dosen pengampu mata kuliah Rangkaian Listrik.
2. Buktikan hasil hitungan dengan aplikasi simulator falstad.
3. Rangkailah rangkaian yang sudah dibuat pada aplikasi simulator falstad pada breadboard atau pcb bolong atau pcb cetak. (masing-masing metode memiliki poin plus).
4. Buktikan nilai yang Anda dapatkan pada aplikasi simulator falstad di laboratorium, buktikan dengan menggunakan alat yang ada pada laboratorium Rangkaian Listrik
5. Dokumentasikan setiap tahapan yang sudah Anda kerjakan untuk dimasukkan pada laporan. (format laporan akan disediakan oleh dosen pengampu Rangkaian Listrik).