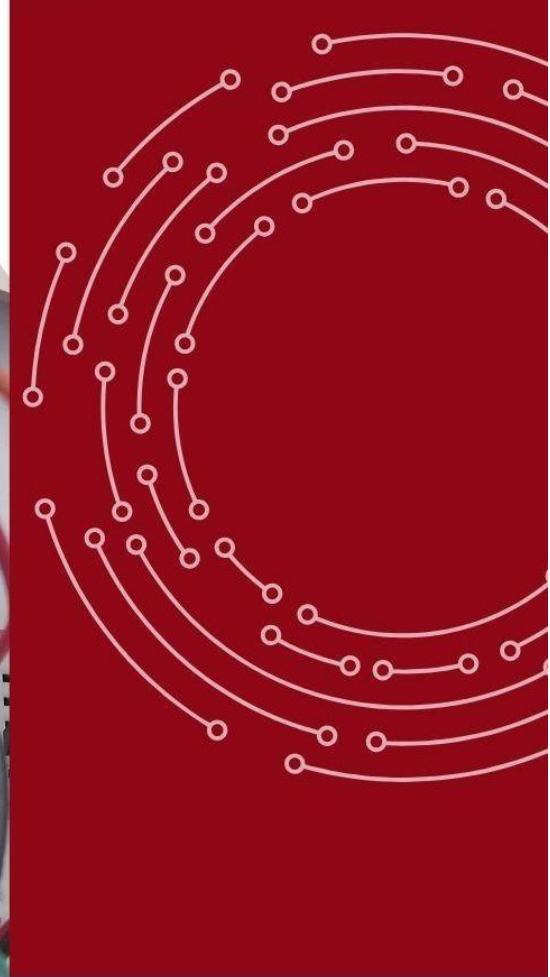
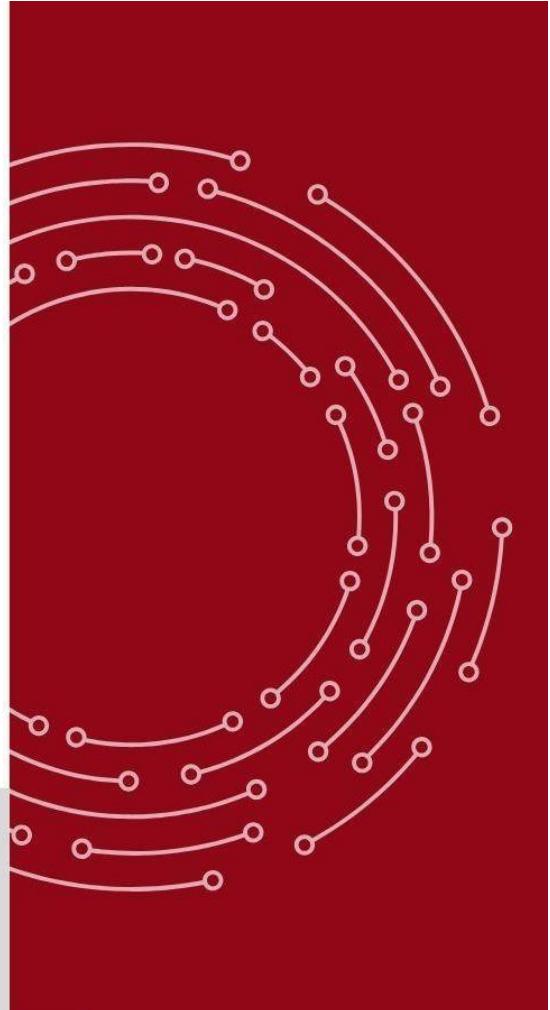
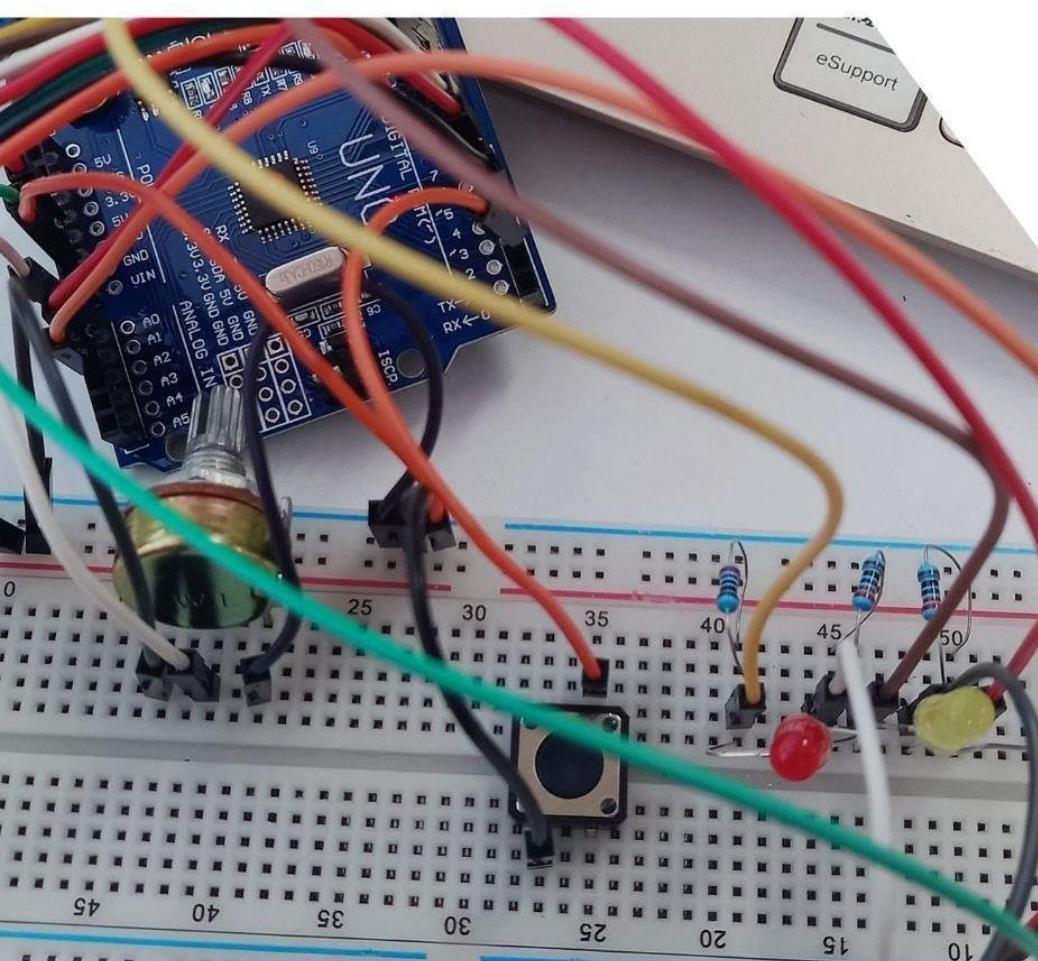


MODUL PRAKTIKUM RANGKAIAN LISTRIK 2025

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

HANYA DIGUNAKAN
FAKULTAS 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 2024/2025

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 Rabbanii	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 Piay 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	Abdurasyid 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 2024/2025 FAKULTAS TEKNIK
ELEKTRO**

Nomor: 033/AKD7/TE-WD1/2024

Menindak lanjuti Surat Edaran Nomor: 358/AKD6/AKD-BAA/2022 tentang Pelaksanaan Model Perkuliahan. Berikut disampaikan Aturan Pelaksanaan Kegiatan Praktikum Semester Genap Tahun Akademik 2024/2025.

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 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 2024/2025 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 menggunakan 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

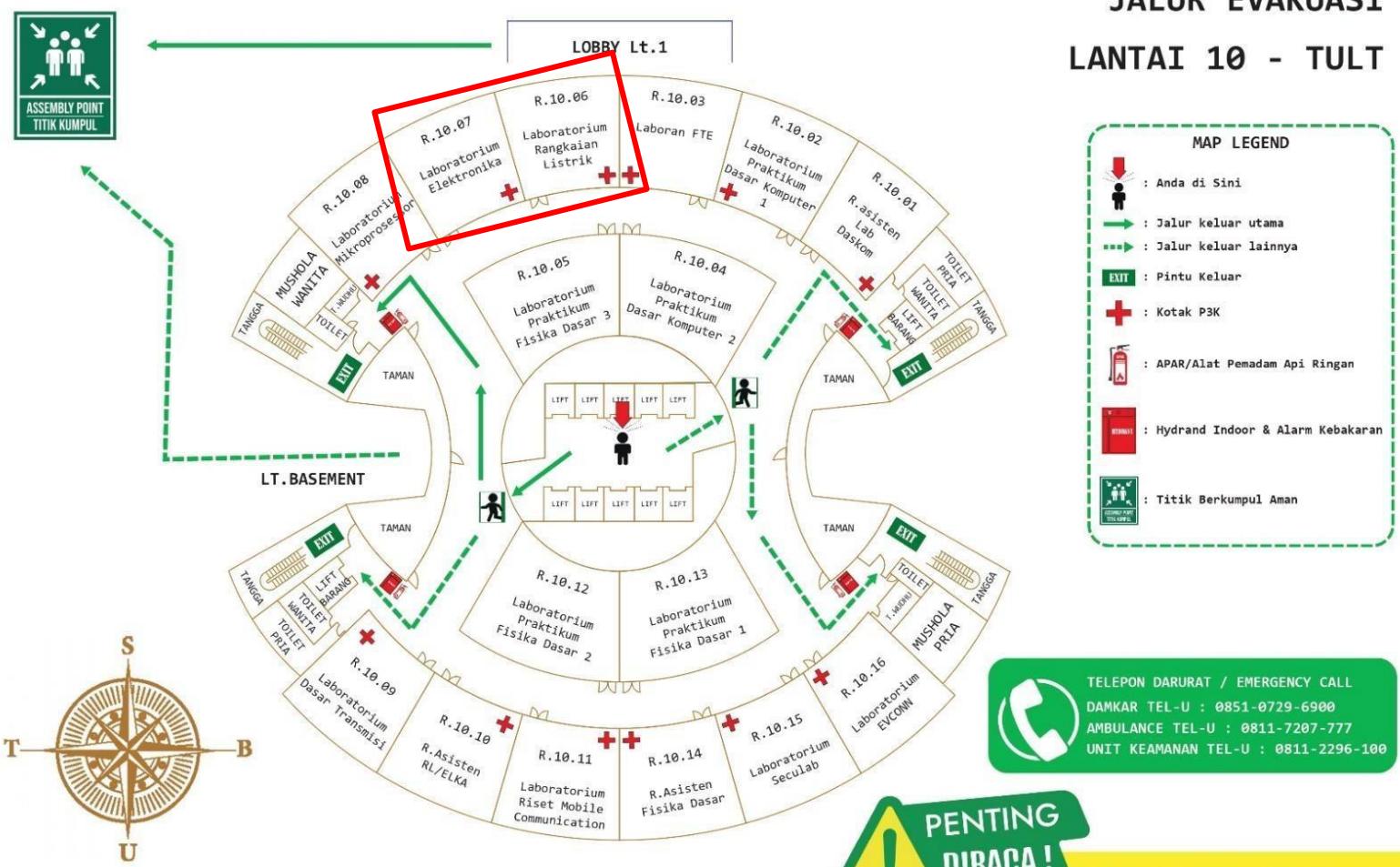
Mata kuliah praktikum terdiri dari 4 mata praktikum, masing-masing 3 modul praktikum

- 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

JALUR EVAKUASI

LANTAI 10 - TULT



PROSEDUR EVAKUASI

1. Ketika Anda mendengar suara teriakan atau sirine 3 kali berturut-turut, segera tinggalkan tempat Anda melalui pintu keluar terdekat, berkumpul pada Titik Kumpul Aman (Muster Point)
2. Jika terjadi kebakaran, gunakan APAR yang ada di lokasi untuk memadamkan api, jika tidak dapat ditanggulangi, segera hubungi Pemadam Kebakaran atau Petugas Keamanan
3. Posisi APAR dan Jalan Evakuasi harus bebas dan tidak terhalangi benda apapun
4. Jika terjadi gempa bumi dan berada di ketinggian, silahkan lindungi kepala dan jangan langsung berlari keluar hingga keadaan kondusif
5. Putuskan aliran listrik untuk mencegah keparahan jika terjadi kebakaran

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 laporkan 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 laporkan 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 menyalaikan korek dan sejenisnya tanpa perintah asisten. Bila akan menyalaikannya 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

- Berusalah 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 2024/2025 FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO.....	vii
ATURAN PERIZINAN PRAKTIKUM SUSULAN SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2024/2025 FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO.....	x
ATURAN LABORATORIUM RANGKAIAN LISTRIK	xiii
DENAH LOKASI LABORATORIUM RANGKAIAN LISTRIK.....	xvi
PANDUAN UMUM KESELAMATAN DAN PENGGUNAAN PERALATAN LABORATORIUM.....	i
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
PENGENALAN APLIKASI CIRCUIT SIMULATOR (CS).....	1
MODUL 1 Pengenalan, Pembacaan, dan Pengukuran Komponen.....	22
1.1 Tujuan	22
1.2 Alat dan Bahan	22
1.3 Dasar Teori	22
1.3.1 Komponen.....	22
1.3.2 Project Board	32
1.3.3 Pengantar Alat Ukur.....	34
1.4 Prosedur Praktikum.....	43
1.4.1 Pembacaan dan Pengukuran Resistor.....	43
1.4.2 Pembacaan dan pengukuran Resistor Variabel.....	44
1.4.3 Pembacaan dan Pengukuran LDR.....	45
1.4.4 Pembacaan dan Pengukuran Kapasitor	46
1.4.5 Pembacaan dan Pengukuran Induktor	46
1.4.6 Pembacaan dan Pengukuran Induktor Angka.....	47
MODUL 2 Rangkaian Arus Searah.....	48

2.1	Tujuan	48
2.2	Alat dan Bahan	48
2.3	Dasar Teori	48
2.3.1	Alat Ukur	48
2.3.2	Rangkaian Arus Searah	51
2.4	Prosedur Praktikum.....	53
2.4.1	Pengukuran DC	53
2.4.2	Rangkaian Superposisi	54
	MODUL 3 Teorema Thevenin dan Norton	58
3.1	Tujuan	58
3.2	Alat dan Bahan	58
3.3	Dasar Teori	58
3.3.1	Teorema Thevenin.....	58
3.3.2	Teorema Norton	59
3.3.3	Transfer Daya Maksimum	60
3.4	Prosedur Praktikum.....	61
3.4.1	Pengukuran Arus dan Tegangan Langsung	61
3.4.2	Teorema Thevenin.....	63
3.4.3	Teorema Norton	65
	MODUL 4 Impedansi dan Fungsi Transfer	68
4.1	Tujuan	68
4.2	Alat dan Bahan	68
4.3	Dasar Teori	68
4.3.1	Pengenalan Alat Ukur (Osiloskop dan <i>Function Generator</i>)	68
4.3.2	Impedansi.....	73
4.3.3	Fungsi Transfer	73
4.3.4	Respon Frekuensi	74
4.3.5	Frekuensi <i>Cut-Off</i>	74
4.3.6	Filter	74
4.3.7	Bentuk Gelombang Rangkaian Diferensiator dan Integrator	76
4.4	Prosedur Praktikum.....	77
4.4.1	Pengukuran Tegangan Bolak-Balik	77
4.4.2	Pengukuran Beda Phasa pada komponen C dengan Osiloskop.....	78
4.4.3	Pengukuran Output L Rangkaian RL (Diferensiator).....	79
4.4.4	Pengukuran Output C Rangkaian RC (Integrator)	80

MODUL 5 Resonansi	83
5.1 Tujuan	83
5.2 Alat dan Bahan	83
5.3 Dasar Teori	83
5.3.1 Resonansi.....	83
5.4 Prosedur Praktikum.....	88
5.4.1 Rangkaian Seri RLC.....	88
5.4.2 Rangkaian Paralel RLC	89
5.4.3 Rangkaian Seri Paralel	90
MODUL 6 Teorema Kutub Empat.....	92
6.1 Tujuan	92
6.2 Alat dan Bahan	92
6.3 Dasar Teori	92
6.3.1 Parameter Z (Impedansi)	93
6.3.2 Parameter Y (Admitansi)	94
6.3.3 Parameter h&g (<i>Hybrid</i>).....	96
6.3.4 Parameter Transmisi (ABCD).....	96
6.4 Prosedur Praktikum.....	97
6.4.1 Pengukuran Parameter Z	97
6.4.2 Pengukuran Parameter Y	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 0.1: Memilih file sesuai operating system	2
Gambar 0.2 Lokasi "Extract All"	2
Gambar 0.3: Software circuitjs1	2
Gambar 0.4: Default Circuit Simulator	3
Gambar 0.5: New Blank Circuit	3
Gambar 0.6: Tampilan setelah "New Blank Circuit"	3
Gambar 0.7: Tampilan layar full screen	4
Gambar 0.8: Menu "New Blank Circuit"	4
Gambar 0.9: Menu "Draw"	5
Gambar 0.10: Mengubah besaran komponen	5
Gambar 0.11: Menu "Edit"	6
Gambar 0.12: Menghubungkan komponen	6
Gambar 0.13: Menu "Export As Text"	7
Gambar 0.14: Menyimpan file ".txt"	7
Gambar 0.15: Menu "Import from Text"	7
Gambar 0.16: Memasukkan file dari teks hasil copy	8
Gambar 0.17: Membuka file lama	8
Gambar 0.18: Membuka file dalam bentuk tautan	8
Gambar 0.19: File rangkaian bentuk teks.	9
Gambar 0.20: Tampilan utama Circuit Simulator	9
Gambar 0.21: Menu “European Resistor”.	13
Gambar 0.22: Contoh skematik rangkaian	14
Gambar 0.23: Menambahkan resistor	14
Gambar 0.24: Posisi resistor.	14
Gambar 0.25: Menambahkan sumber tegangan.	15
Gambar 0.26: Posisi sumber tegangan	15
Gambar 0.27: Menu "Add Wire"	15
Gambar 0.28: Menghubungkan komponen	16
Gambar 0.29: Kumpulan gambar tutorial mengubah nilai komponen	16
Gambar 0.30: Tampilan akhir rangkaian	17
Gambar 0.31: Rangkaian voltmeter	17

Gambar 0.32: Menu untuk menampilkan voltmeter	17
Gambar 0.33: Menambahkan voltmeter ke rangkaian	18
Gambar 0.34: Tampilan akhir rangkaian voltmeter	18
Gambar 0.35: Menu komponen Ammeter	18
Gambar 0.36: Posisi amperemeter	19
Gambar 0.37: Rangkaian ohmmeter	19
Gambar 0.38: Menu "Add Ohmmeter"	19
Gambar 0.39: Menambahkan ohmmeter ke rangkaian	20
Gambar 0.40: Wiring ohmmeter	20
Gambar 0.41: Penambahan switch	20
Gambar 1.1: Tabel pita warna resistor	22
Gambar 1.2: Thermistor PTC dan NTC	22
Gambar 1.3: Light Dependent Resistor	23
Gambar 1.4: Potensiometer	24
Gambar 1.5: Trimmer Potentiometer	25
Gambar 1.6: Kapasitor Polar	26
Gambar 1.7: Kapasitor ELCO beserta keterangan besaran	27
Gambar 1.8: Kapasitor non polar	27
Gambar 1.9: Kapasitor keramik	28
Gambar 1.10: Kapasitor mylar	28
Gambar 1.11: Kapasitor polyester	29
Gambar 1.12: Induktor gelang	30
Gambar 1.13: Project board	31
Gambar 2.1: Skema pengukuran tegangan	46
Gambar 2.2: Contoh lain skema pengukuran tegangan.	46
Gambar 2.3: Rangkaian pengukuran arus	47
Gambar 2.4: Contoh lain skema pengukuran arus.	47
Gambar 2.5: Rangkaian dua sumber bebas	48
Gambar 2.6: Sumber arus dijadikan open circuit	49
Gambar 2.7: Sumber tegangan dijadikan short circuit.	49
Gambar 3.1: Rangkaian pengganti Thevenin	55
Gambar 3.2: Rangkaian pengganti Norton	56
Gambar 4.1: Osiloskop	65
Gambar 4.2: Bagian-bagian osiloskop.	65

Gambar 4.3: Keterangan plot osiloskop	66
Gambar 4.4: Tampilan gelombang osiloskop	67
Gambar 4.5: Beda fase gelombang	68
Gambar 4.6: Tampilan function generator.	68
Gambar 4.7: Band stop filter	70
Gambar 4.8: Band pass filter	71
Gambar 4.9: Low pass filter	71
Gambar 4.10: High pass filter	72
Gambar 5.1: Rangkaian resonansi seri	79
Gambar 5.2: BPF	80
Gambar 5.3: BSF	80
Gambar 5.4: Rangkaian resonansi paralel	81
Gambar 6.1: Skema rangkaian kutub empat	86
Gambar 6.2: Kutub empat sumber arus.	87
Gambar 6.3: Kutub empat sumber tegangan	87
Gambar 6.4: Rangkaian parameter Z	87
Gambar 6.5: Rangkaian parameter Y	89

DAFTAR TABEL

Tabel 0.1: Menu "File" Circuit Simulator	10
Tabel 0.2: Menu "Edit" Circuit Simulator	11
Tabel 0.3: Menu "Draw" Circuit Simulator	11
Tabel 0.4: Menu "Scopes" Circuit Simulator	12
Tabel 0.5: Menu "Options" Circuit Simulator	12
Tabel 0.6: Menu "Circuits" Circuit Simulator	13
Tabel 4.1: Rangkaian RC	72
Tabel 4.2: Rangkaian RL	73

PENGENALAN APLIKASI CIRCUIT SIMULATOR (CS)

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 dengan berbasis pada JavaScript secara gratis dan dapat dijalankan berbasis web browser. Perangkat lunak ini tersedia dalam bentuk *online* dan *offline* yang dapat diunduh secara *standalone*. *Circuit* Simulator menggunakan pendekatan model matematika untuk merepresentasikan tingkah laku perangkat elektronika atau rangkaian yang sebenarnya terjadi.

Circuit simulator adalah aplikasi yang menawarkan kemampuan untuk mensimulasikan berbagai analog dan sirkuit digital. Sebuah *file-sistem* yang lengkap, memungkinkan pengguna untuk membuka salah satu *file* contoh sebelumnya dibuat dari dalam jendela *applet*. Hal ini juga berisi built Editor sirkuit yang membuatnya mudah 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*.

Banyak komponen, seperti *switch* dan *input* digital dapat diaktifkan hanya dengan mengklik pada menu. *Input* analog mengizinkan nilai untuk diubah dengan mengedit komponen. Komponen tersebut menunjukkan berbagai informasi yang berguna dan pengguna dapat melihat bentuk gelombang dalam bentuk grafik di jendela osiloskop gaya dengan mengklik kanan dan memilih *View*.

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

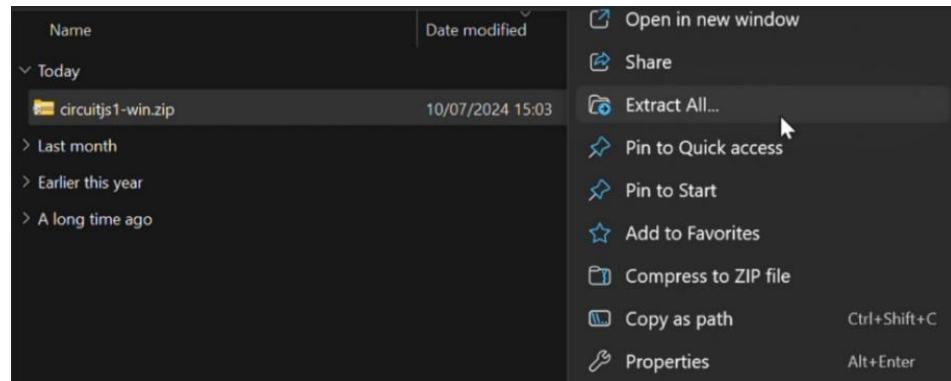
1. Buka link <https://falstad.com/circuit/offline/>
2. Pilih file yang akan diunduh sesuai dengan *Operating System*.

Index of /circuit/offline

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory	-	-	
CircuitJS1-mac.dmg	2024-02-26 00:07	89M	
CircuitJS1-macarm.dmg	2024-02-26 22:59	110M	
circuitjs1-linux64.tgz	2024-02-26 00:09	83M	
circuitjs1-win.zip	2024-02-26 00:10	76M	

Gambar 0.1: Memilih file sesuai operating system

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



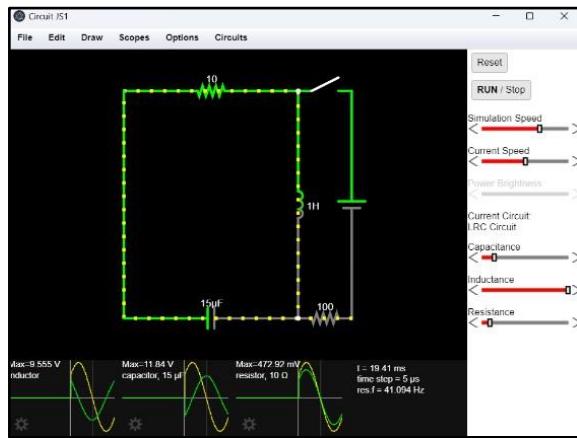
Gambar 0.2 Lokasi "Extract All"

4. Buka file yang telah di-Extract > buka Software circuitjs1.

locales	10/07/2024 15:09	File folder
resources	10/07/2024 15:09	File folder
swiftshader	10/07/2024 15:10	File folder
chrome_100_percent.pak	10/07/2024 15:09	PAK File
chrome_200_percent.pak	10/07/2024 15:09	PAK File
circuitjs1.exe	10/07/2024 15:09	Application
d3dcompiler_47.dll	10/07/2024 15:09	Application extension
ffmpeg.dll	10/07/2024 15:09	Application extension
icudtl.dat	10/07/2024 15:09	DAT File
libEGL.dll	10/07/2024 15:09	Application extension
libGLESv2.dll	10/07/2024 15:09	Application extension
LICENSE	10/07/2024 15:09	File

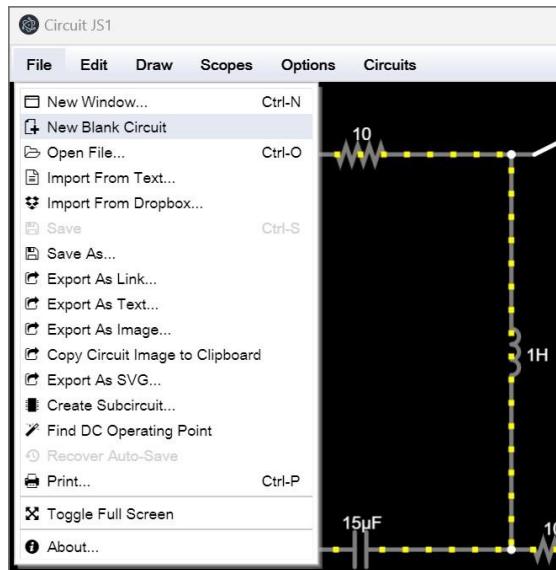
Gambar 0.3: Software circuitjs1

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



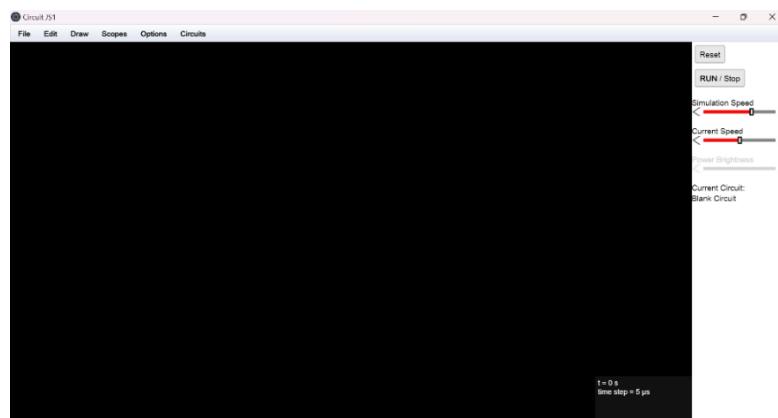
Gambar 0.4: Default Circuit Simulator

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



Gambar 0.5: New Blank Circuit

7. Maka tampilan akan seperti ini.



Gambar 0.6: 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:

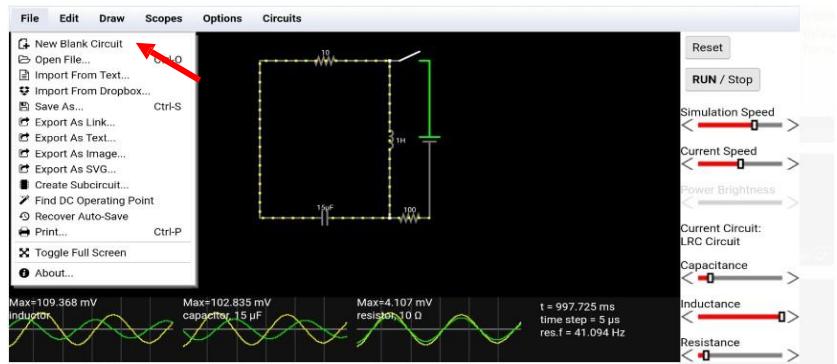


3. Jadikan layar Circuit Simulator menjadi full screen dengan cara File > Toggle Full Screen.



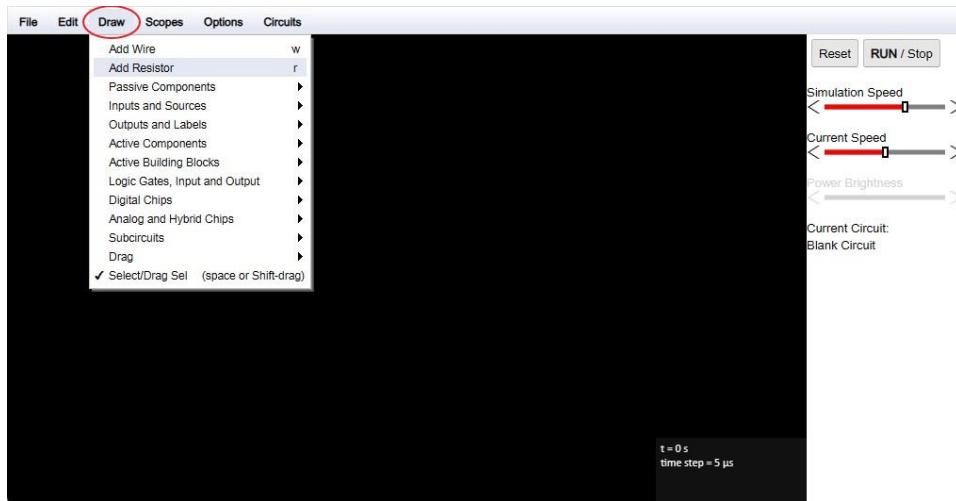
Gambar 0.7: Tampilan layar full screen

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



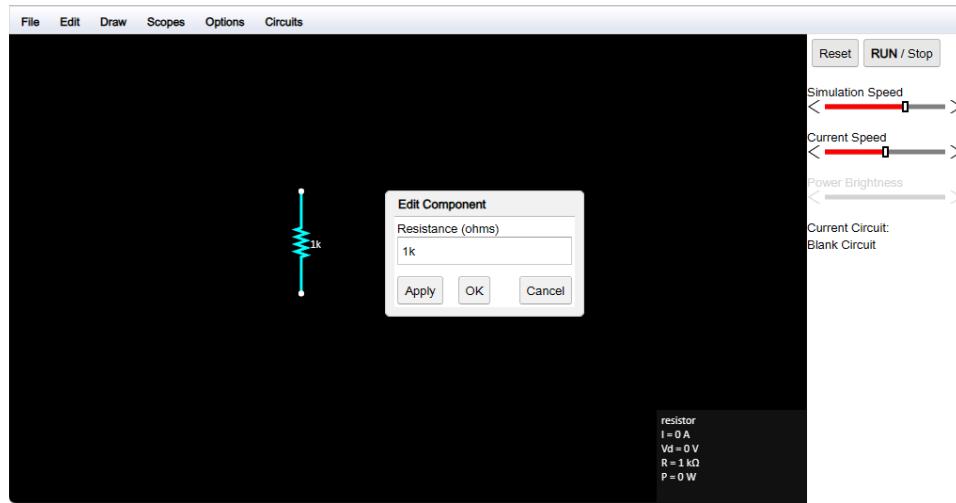
Gambar 0.8: Menu "New Blank Circuit"

5. 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



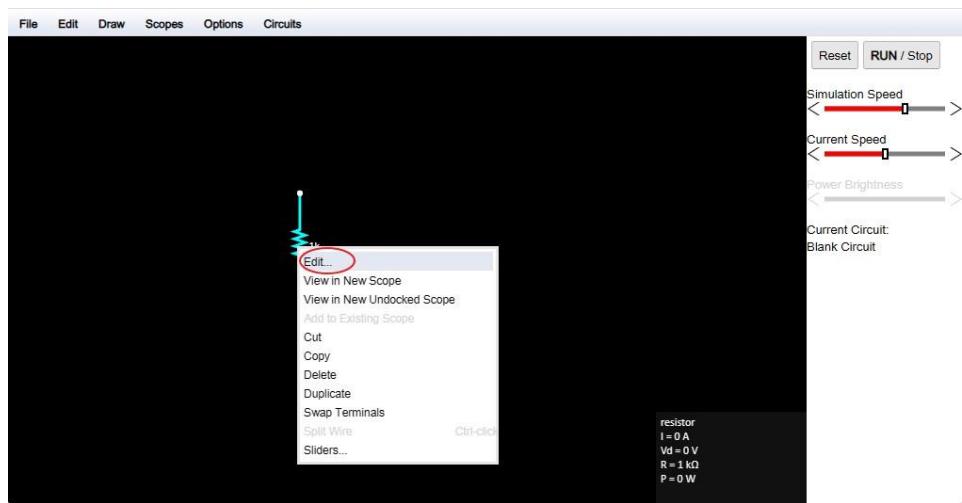
Gambar 0.9: Menu "Draw"

6. Untuk mengubah besaran komponen dengan cara ketuk dua kali pada komponen tersebut



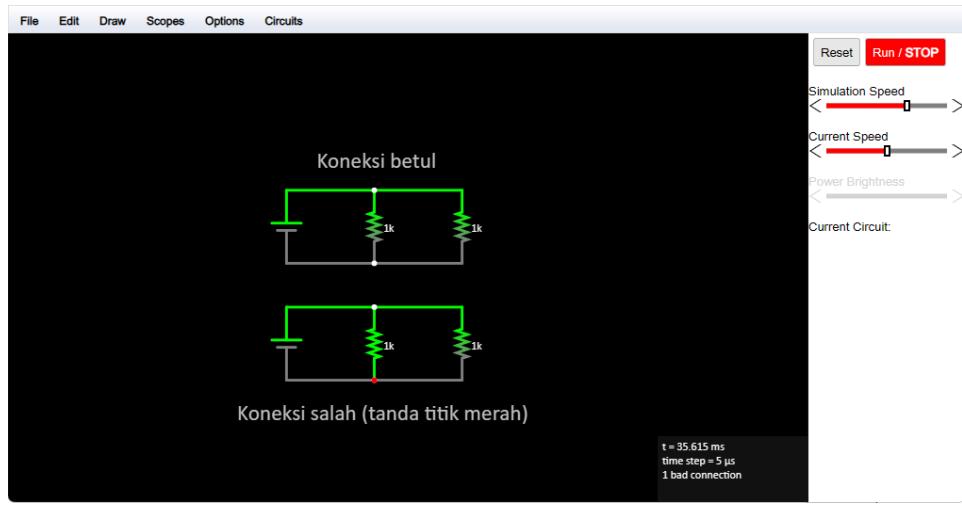
Gambar 0.10: Mengubah besaran komponen

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



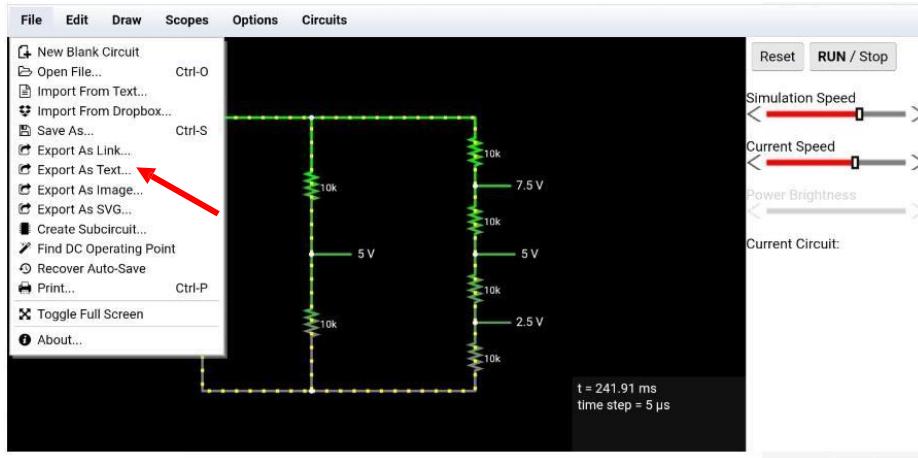
Gambar 0.11: Menu "Edit"

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



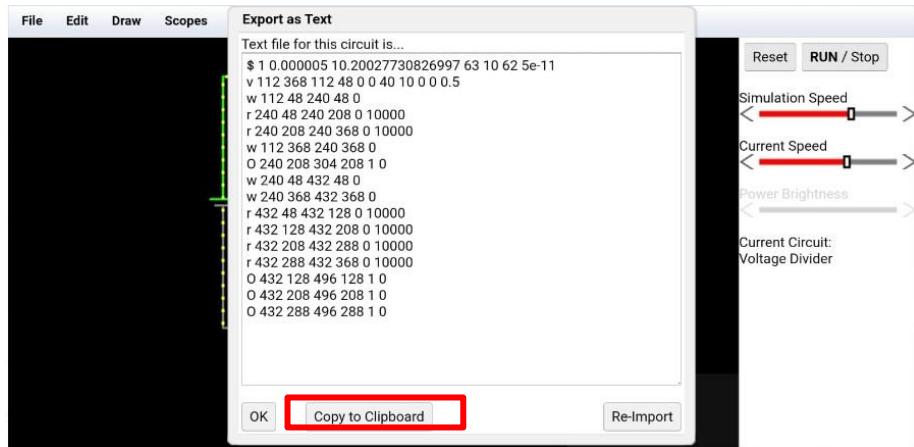
Gambar 0.12: Menghubungkan komponen

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



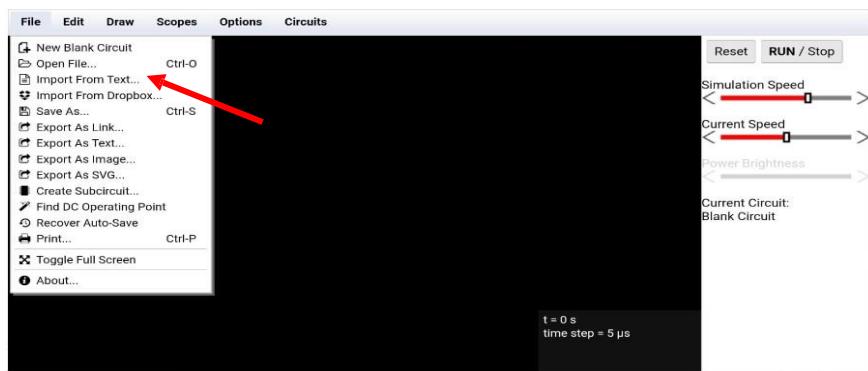
Gambar 0.13: Menu "Export As Text"

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

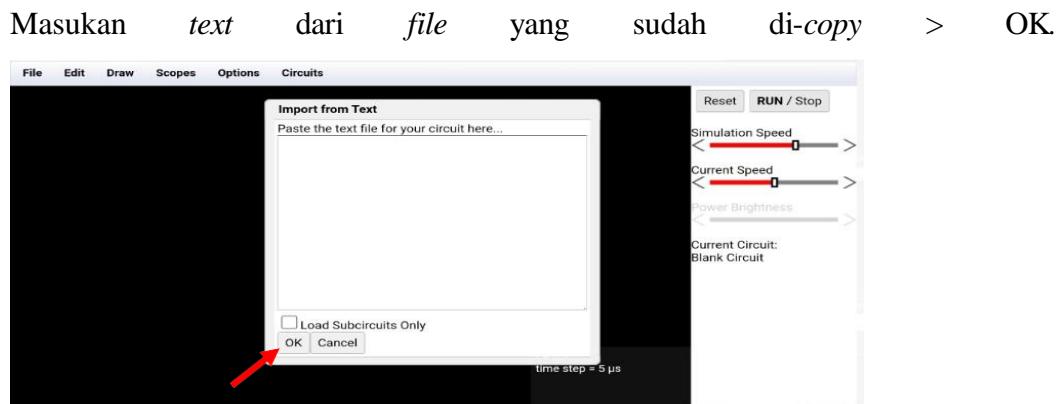


Gambar 0.14: Menyimpan file ".txt"

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

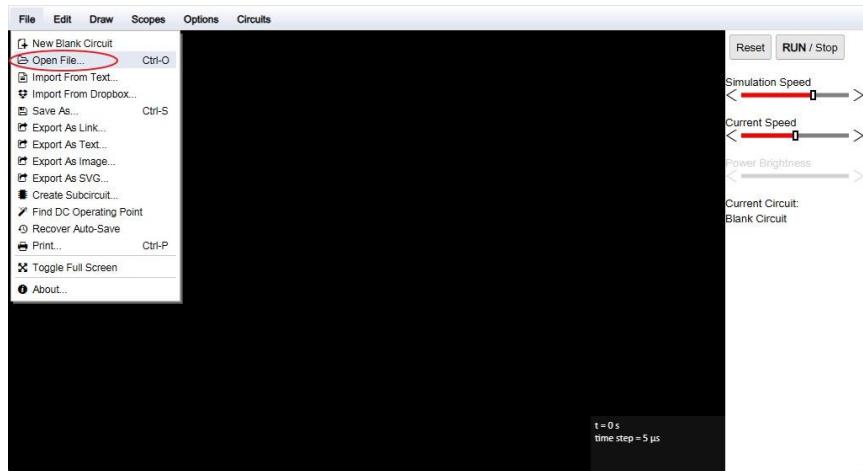


Gambar 0.15: Menu "Import from Text"



Gambar 0.16: 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

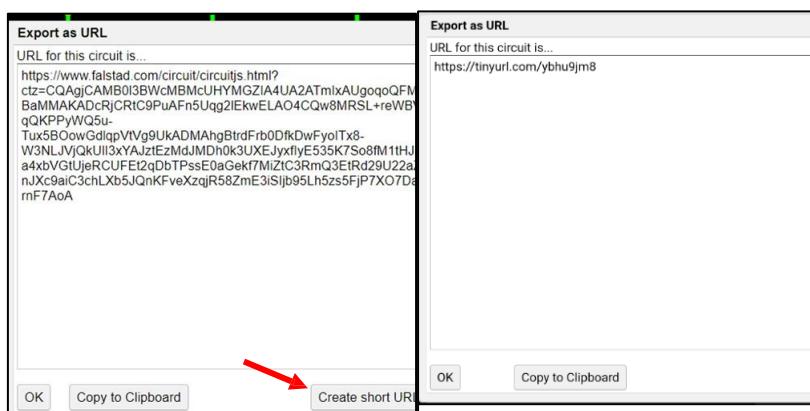


Gambar 0.17: Membuka file lama

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.



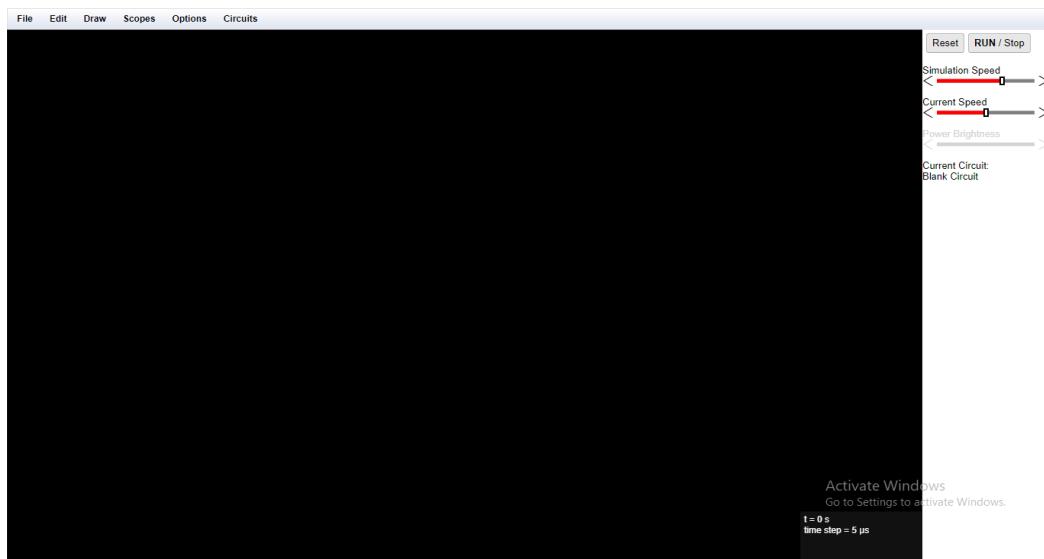
Gambar 0.18: Membuka file dalam bentuk tautan



Gambar 0.19: 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 0.20: Tampilan utama Circuit Simulator

File		Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
New Blank Circuit		Membuat <i>file</i> baru				
Open File... Ctrl-O		Membuka <i>file</i> yang sudah tersedia				
Import From Text...		Mengimpor <i>file</i> dari .txt				
Import From Dropbox...		Mengimpor <i>file</i> dari Dropbox				
Save As... Ctrl-S		Menyimpan <i>file</i>				
Export As Link... Export As Text... Export As Image... Export As SVG...		Mengekspor <i>file</i> berupa Link, Text, Foto, dan 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 <i>file</i>				

Toggle Full Screen	Membuat tampilan circuit simulator menjadi <i>full screen</i>
About...	Deskripsi program

Tabel 0.1: Menu "File" 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 0.2: Menu "Edit" 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 0.3: Menu "Draw" 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 0.4: Menu "Scopes" 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 penunjuk 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

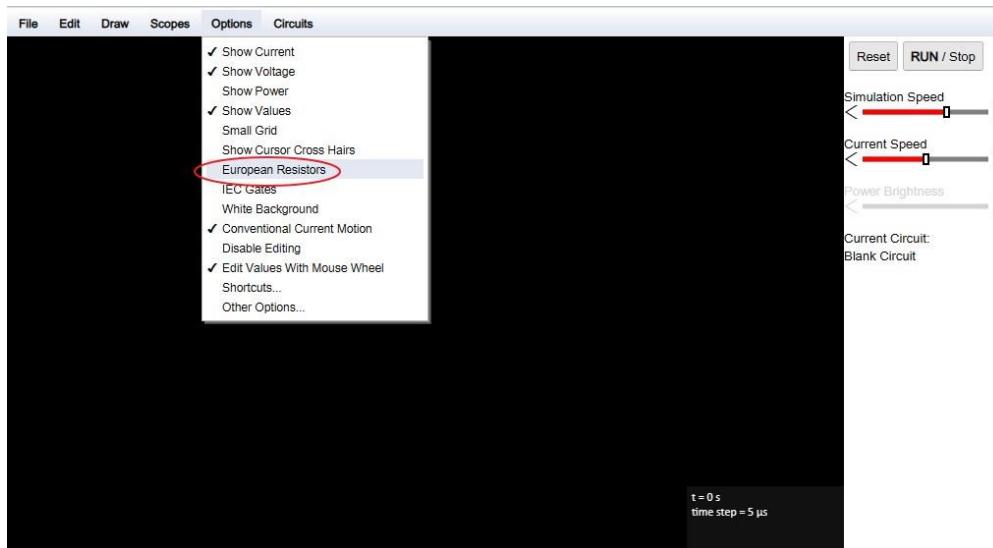
Tabel 0.5: Menu "Options" Circuit Simulator

File	Edit	Draw	Scopes	Options	Circuits
Basics	A/C Circuits	Passive Filters	Other Passive Circuits	Diodes	<p>Menu Sirkuit dapat digunakan untuk melihat beberapa sirkuit pra-definisi yang menarik. Setelah sirkuit dipilih, nantinya dapat memodifikasinya sesuai keinginan.</p> <p>Contoh, jika memilih menu <i>Basics</i> maka akan ada pilihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Resistor: ini menunjukkan beberapa resistor dengan berbagai ukuran secara seri dan paralel. b) Kapasitor: ini menunjukkan kapasitor yang dapat diisi dan kosongkan dengan mengklik sakelar. c) Induktor: ini menunjukkan induktor yang dapat diisi dan dikosongkan dengan mengklik sakelar. 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. e) Pembagi Tegangan: ini menunjukkan pembagi tegangan, yang menghasilkan tegangan referensi 7.5V, 5V, dan 2.5V dari catu daya 10V. f) Teorema Thevenin menyatakan bahwa rangkaian di atas sama dengan rangkaian di bawah. g) Teorema Norton menyatakan bahwa rangkaian di atas sama dengan rangkaian di bawah. <p>Penjelasan selengkapnya dapat dilihat pada tautan berikut. https://www.falstad.com/circuit/directions.html</p>

Tabel 0.6: Menu "Circuits" Circuit Simulator

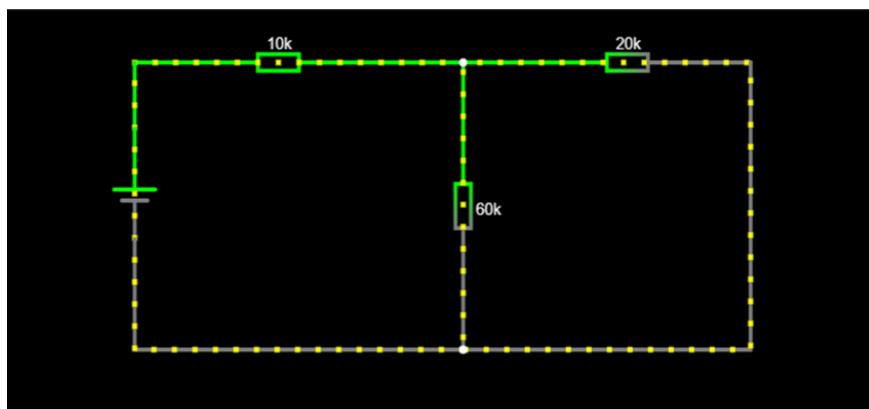
TUTORIAL MEMBUAT RANGKAIAN SEDERHANA

Buatlah rangkaian listrik sederhana seperti tampak pada gambar berikut ini. Model resistor yang digunakan pada simulasi ini adalah model Eropa atau IEC, lakukan setting pada menu *Option --> checklist* pada *European Resistors*.



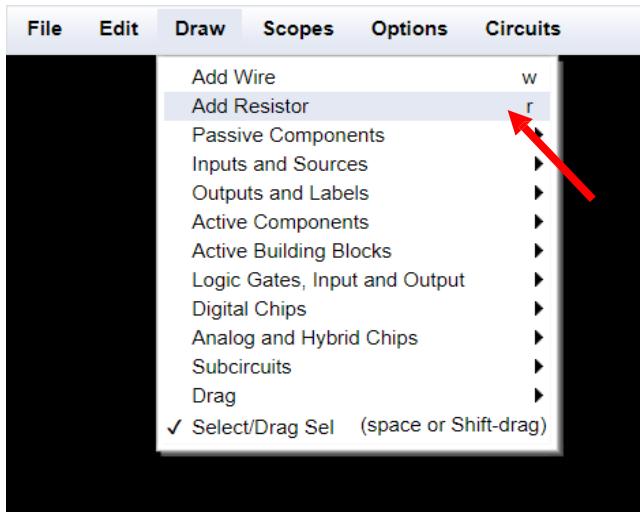
Gambar 0.21: Menu “European Resistor”.

Maka skematik yang akan disimulasikan sebagai berikut:



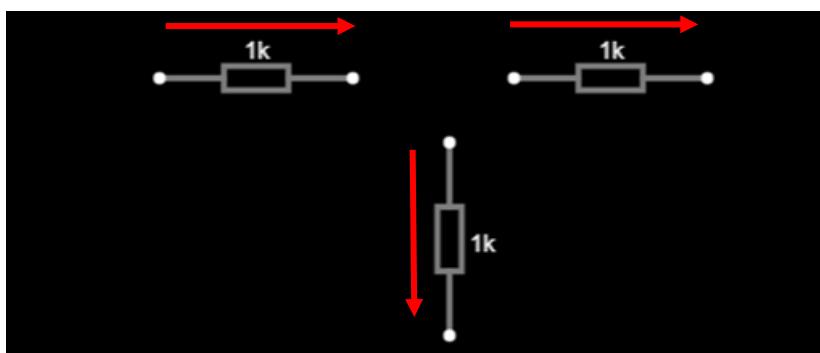
Gambar 0.22: Contoh skematik rangkaian

1. Buatlah lembar kerja kosong dengan klik *File --> New Blank Circuit*, tambahkan resistor dengan cara klik *Draw > Add Resistor*.



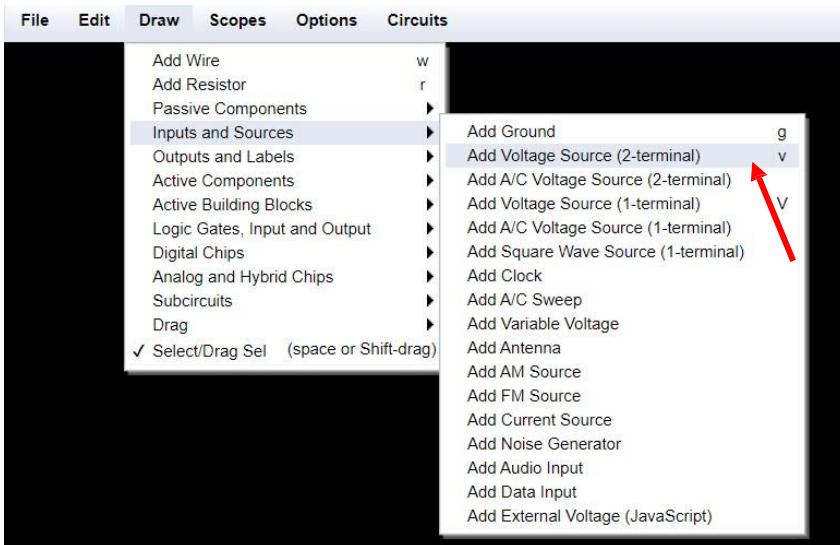
Gambar 0.23: Menambahkan resistor

2. Tarik kurSOR *mouse* ke arah vertikal dan horizontal.



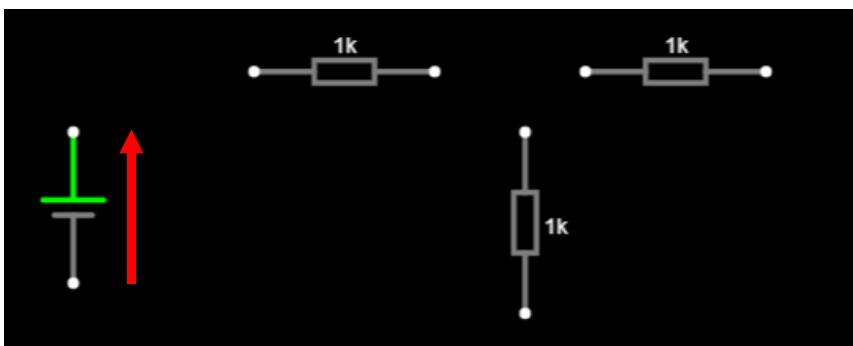
Gambar 0.24: Posisi resistor.

3. Tambahkan sumber tegangan 2 terminal dengan cara klik *Draw > Input and Sources > Add Voltage Source (2 Terminals)*.



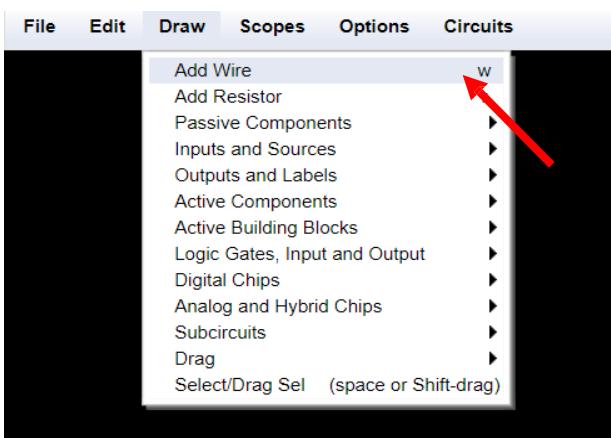
Gambar 0.25: Menambahkan sumber tegangan.

4. Tarik kursor vertikal.



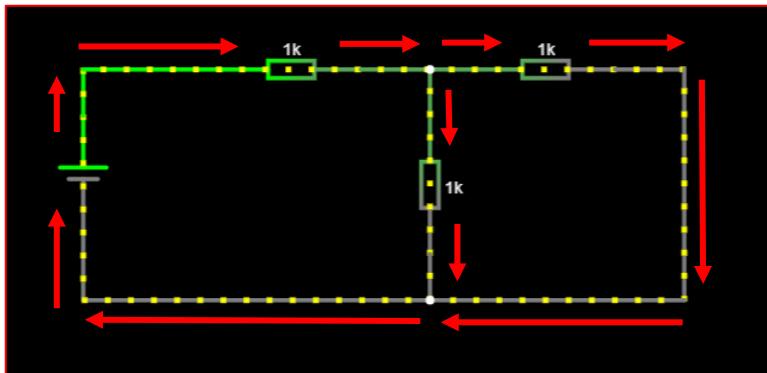
Gambar 0.26: Posisi sumber tegangan

5. Pilih menu “Draw” lalu klik “Add Wire”.



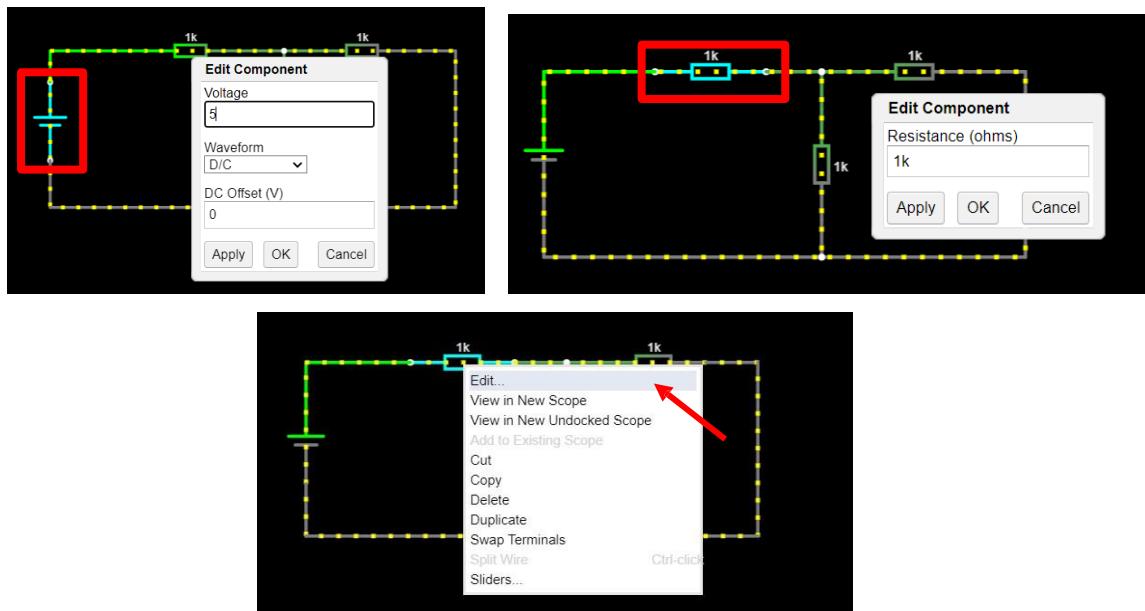
Gambar 0.27: Menu "Add Wire"

6. Hubungkan antar komponen pada ujung-ujung komponen.



Gambar 0.28: Menghubungkan komponen

7. Ubah nilai resistor dan sumber tegangan sesuai dengan contoh, dengan cara *double click* pada komponen tersebut atau klik kanan komponen > *edit*.



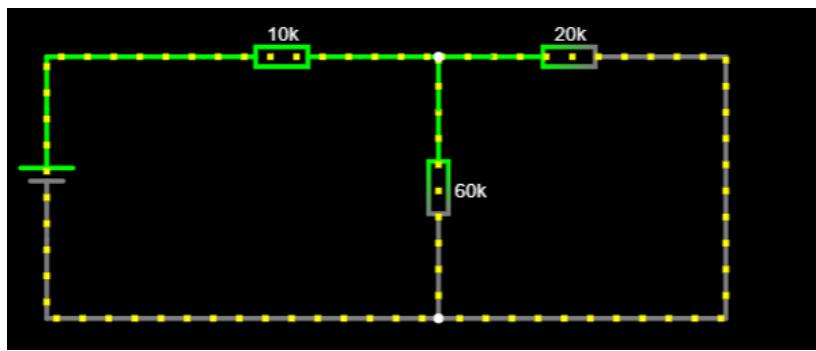
Gambar 0.29: Kumpulan gambar tutorial mengubah nilai komponen

Keterangan:

$$*R_1 = 10\text{k } \Omega, R_2 = 20\text{k } \Omega, R_3 = 60\text{k } \Omega$$

$$*\text{Sumber tegangan} = 10 \text{ V}$$

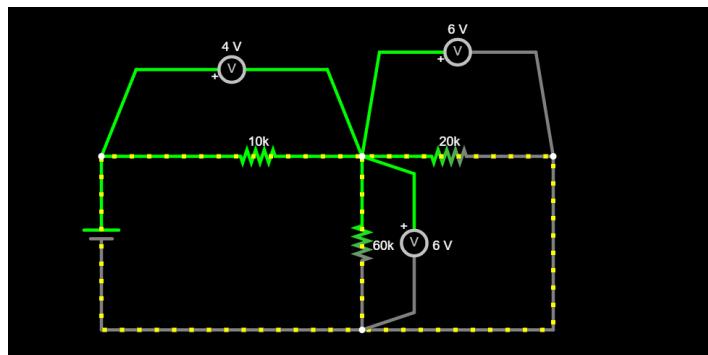
8. Maka tampilan akan seperti ini.



Gambar 0.30: Tampilan akhir rangkaian

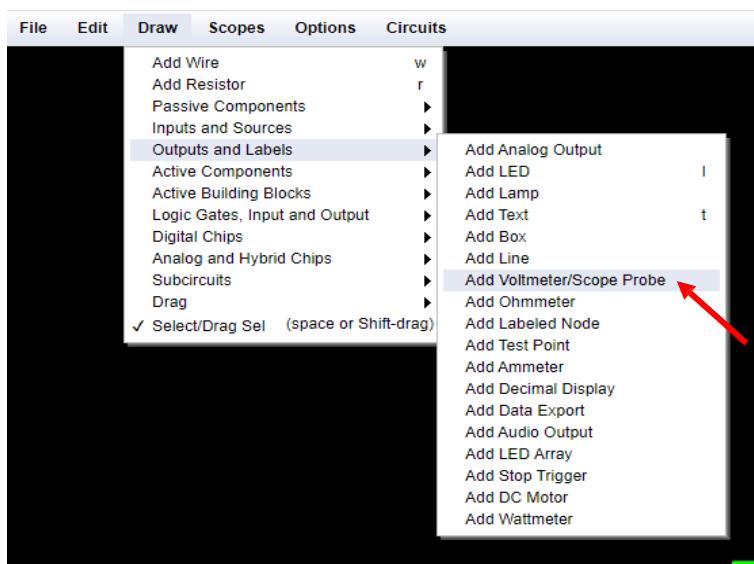
TUTORIAL MENGUKUR TEGANGAN

Buatlah rangkaian listrik sederhana untuk mengukur tegangan seperti tampak pada gambar berikut.



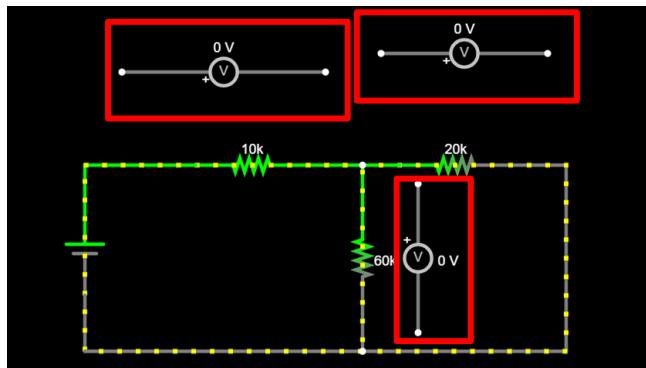
Gambar 0.31: Rangkaian voltmeter

1. Pilih *Draw > Outputs and Labels > Add Voltmeter/Scope Probe.*



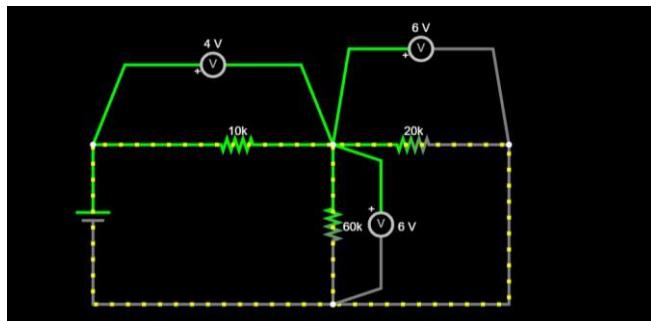
Gambar 0.32: Menu untuk menampilkan voltmeter

2. Tambahkan *voltmeter* ke rangkaian.



Gambar 0.33: Menambahkan voltmeter ke rangkaian

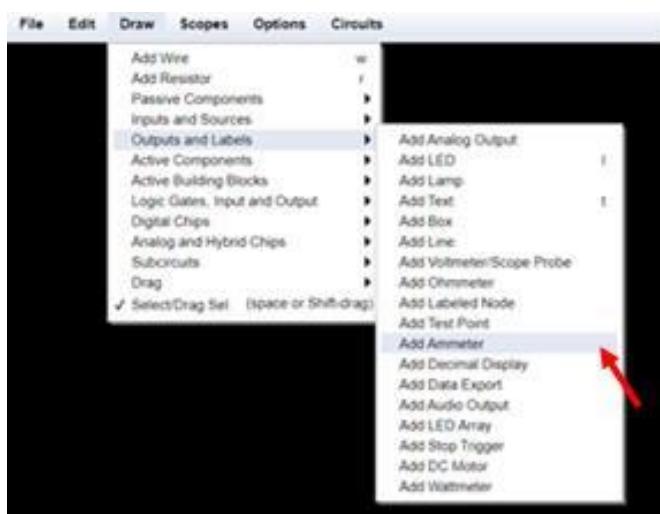
3. Add wire ke voltmeter, sehingga tampilan tampak seperti gambar berikut.



Gambar 0.34: Tampilan akhir rangkaian voltmeter

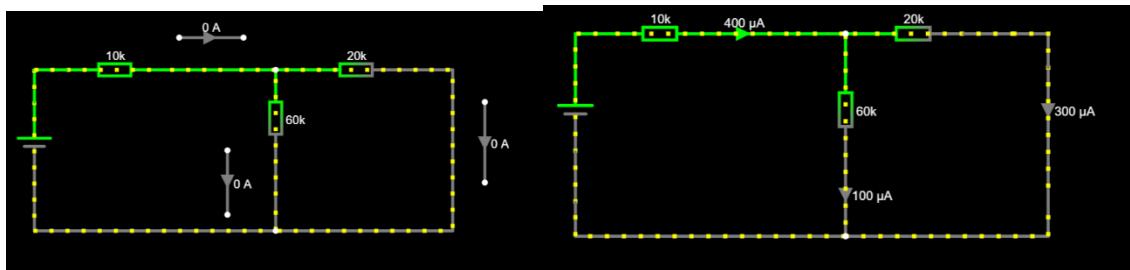
TUTORIAL MENGIKUT ARUS

1. Tambahkan komponen *Ammeter*, dengan cara klik *Draw > Outputs and Labels > Add Ammeter*.



Gambar 0.35: Menu komponen Ammeter

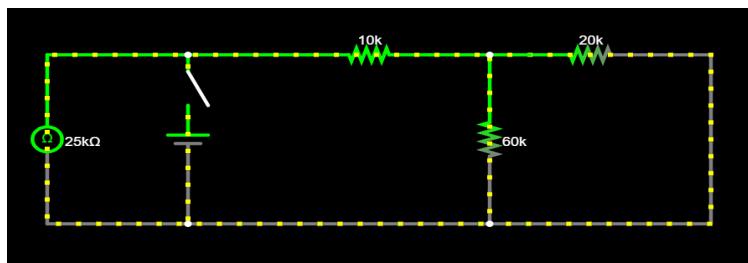
2. Tempatkan *Amperemeter* secara seri dengan rangkaian.



Gambar 0.36: Posisi amperemeter

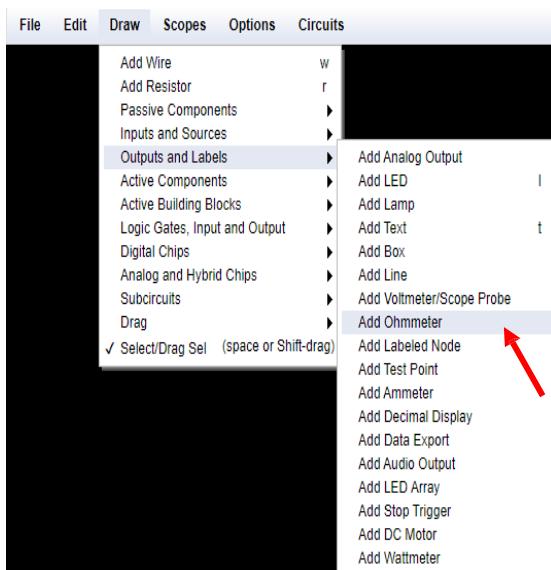
TUTORIAL MENGIKUKUR HAMBATAN TOTAL

Buatlah rangkaian listrik sederhana untuk mengukur hambatan total seperti tampak pada gambar berikut.



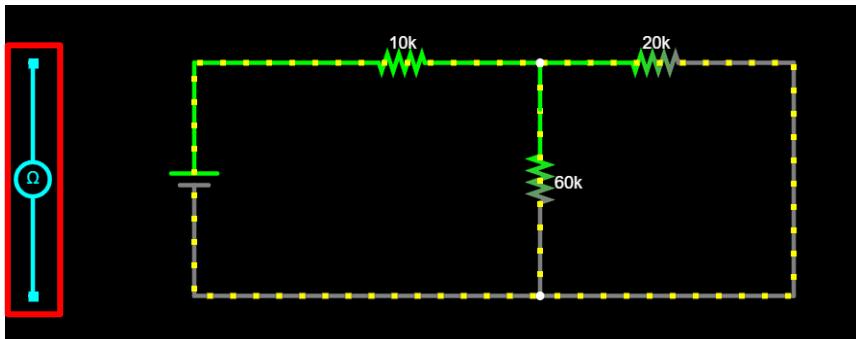
Gambar 0.37: Rangkaian ohmmeter

1. Pilih *Draw > Outputs and Labels > Add Ohmmeter*.



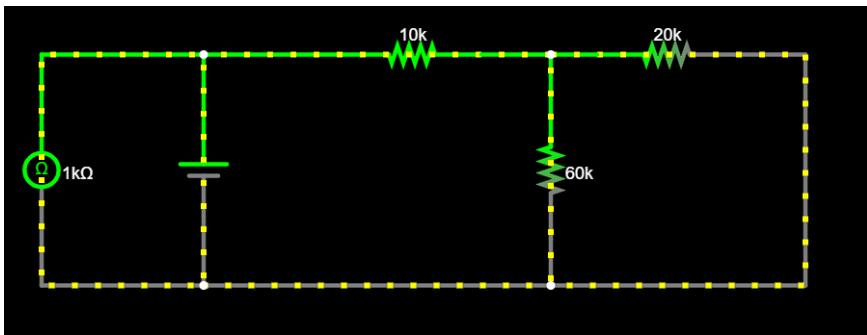
Gambar 0.38: Menu "Add Ohmmeter"

2. Tambahkan *Ohmmeter* ke rangkaian.



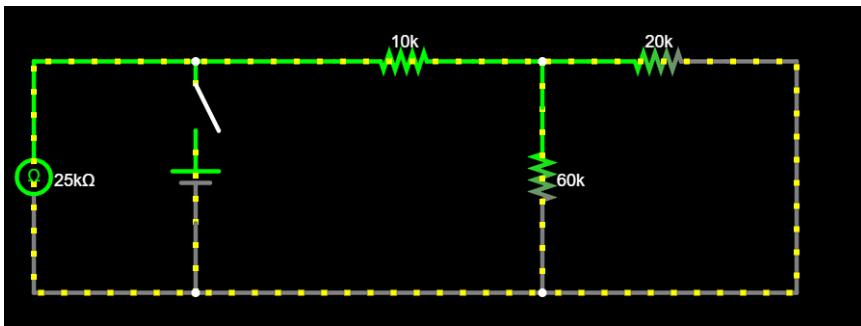
Gambar 0.39: Menambahkan ohmmeter ke rangkaian

3. Add wire ke ohmmeter.



Gambar 0.40: Wiring ohmmeter

4. Tambahkan *switch* dan putuskan *wire*, sehingga tampak seperti gambar berikut.



Gambar 0.41: Penambahan switch

MODUL 1

Pengenalan, Pembacaan, dan Pengukuran Komponen

1.1 Tujuan

Setelah mengikuti praktikum ini mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mengenal dan menganalisis komponen – komponen rangkaian listrik.
2. Memahami cara untuk melakukan pembacaan dan pengukuran pada komponen rangkaian listrik.

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. Falstad Circuit Simulator

1.3 Dasar Teori

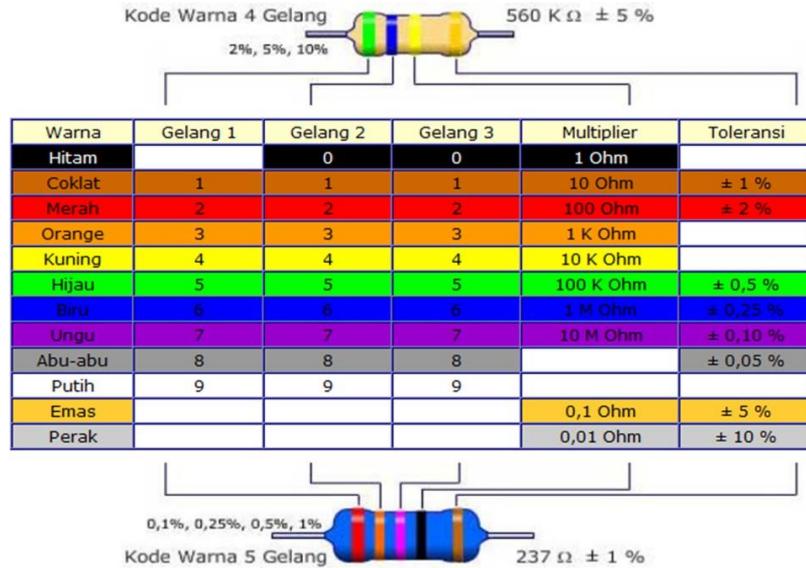
1.3.1 Komponen

A. Resistor

Resistor merupakan komponen pasif yang berfungsi pokok untuk membagi tegangan dan membagi arus dalam rangkaian listrik. Jenis resistor berdasarkan nilainya, dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. *Fixed Resistor* adalah resistor yang nilai hambatannya tetap.
2. *Variable Resistor* adalah resistor yang nilai hambatannya dapat diubah-ubah.
3. Resistor non linier adalah resistor yang nilai hambatannya linier karena pengaruh lingkungan, misalnya suhu dan cuaca.

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 warna.



Gambar 0.1: Tabel pita warna resistor

B. Thermistor (PTC-NTC)

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:

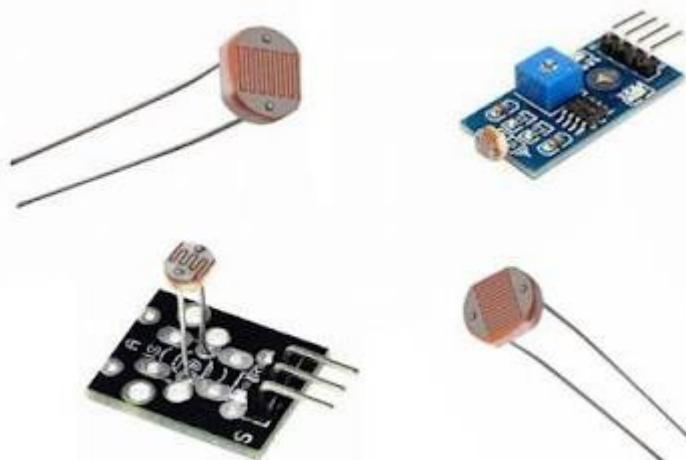
- Thermistor NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Nilai resistansi thermistor NTC akan turun jika suhu di sekitar Thermistor NTC tersebut tinggi (berbanding terbalik / Negatif).
- Thermistor PTC (*Positive Temperature Coefficient*). Nilai resistansi thermistor PTC, semakin tinggi suhu di sekitarnya, semakin tinggi pula nilai resistansinya (berbanding lurus / positif).

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Thermistor PTC		+T atau
Thermistor NTC		-T atau

Gambar 0.2: Thermistor PTC dan NTC

C. 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.

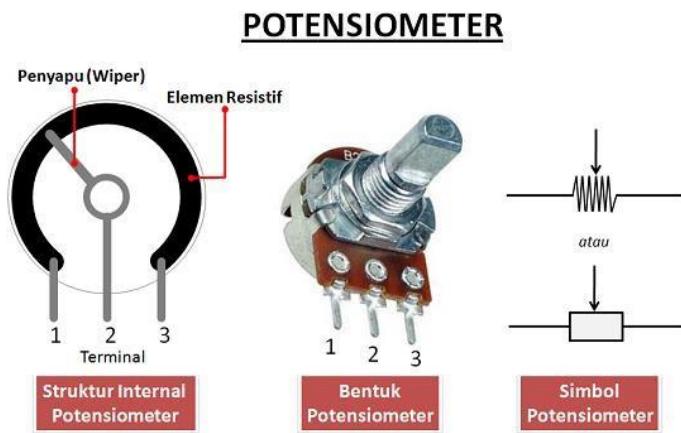


Gambar 0.3: Light Dependent Resistor

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 gelap maka aliran listrik akan terhambat (OFF).

D. Potentiometer

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 pengurnanya.



Gambar 0.4: Potensiometer

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

1. *Potensiometer Slider*, yaitu Potensiometer yang nilai resistansinya dapat diatur dengan cara menggeserkan Wiper-nya dari kiri ke kanan atau dari bawah ke atas sesuai dengan pemasangannya. Biasanya menggunakan Ibu Jari untuk menggeser wiper-nya.
2. *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

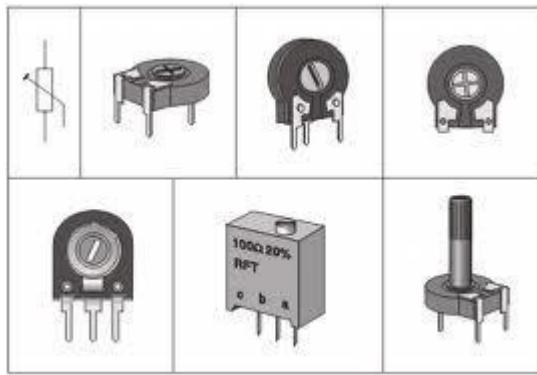
Selain itu, ada beberapa hal yang diperhatikan, diantaranya adalah sebagai berikut.

- **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.

3. 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.

E. 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 0.5: Trimmer Potentiometer

Ada dua jenis trimpot dasar yang digunakan, seperti:

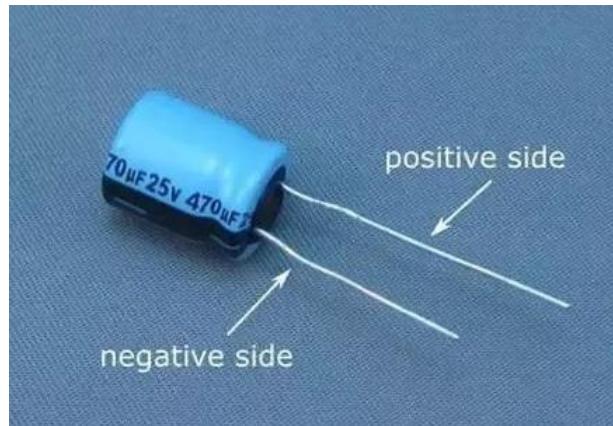
1. Trimpot Single turn = Trimpot single turn adalah trimpot yang paling umum dan digunakan di mana resolusi satu putaran sudah cukup. Dari sisi harga, ini adalah resistor variabel yang harganya cukup murah.
2. Trimpot Multi-turn = Trimpot multi turn atau putaran adalah opsi yang lebih serbaguna. Dengan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

F. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Kemampuan suatu kapasitor dalam menyimpan muatan listrik disebut dengan kapasitansi, yang dilambangkan dengan satuan Farad (F). Berdasarkan polaritas, kapasitor dapat dibagi menjadi dua jenis sebagai 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.

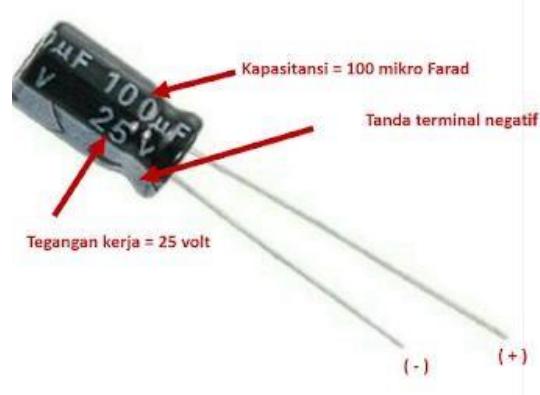


Gambar 0.6: Kapasitor Polar

Membaca nilai Kapasitor Polar

- Kapasitor Elektrolit (ELCO)

Nilai pada kapasitor ELCO biasanya sudah terteran di badan kapasitor sehingga kita tinggal melihat ke badan kapasitor untuk mengetahui nilainya.



Gambar 0.7: Kapasitor ELCO beserta keterangan besaran

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.



Gambar 0.8: Kapasitor non polar

Membaca nilai Kapasitor non-polar.

• Kapasitor 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 $1 \text{ pF} = 1 \times 10^{-12}$

Contoh:



Gambar 0.9: 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} F .

• Kapasitor Mylar

Kode	Toleransi
F	1%
G	2%
H	3%
J	5%
K	10%
M	20%

Gambar 0.10: 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 10×10^5 pF atau 10^{-6} F dengan toleransi 5% dan 400 V tegangan kerja.

• Kapasitor Polyester

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

Gambar 0.11: 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 56×10^3 pF atau 5.6×10^{-5} Farad dengan toleransi 5%.

G. Induktor

Induktor 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).

1. Induktor Gelang

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 (uH). Contohnya adalah sebagai berikut.



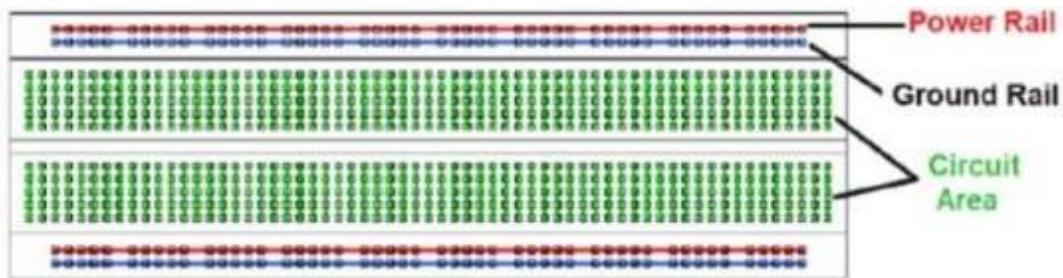
Gambar 0.12: Induktor gelang

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

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

1.3.2 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.



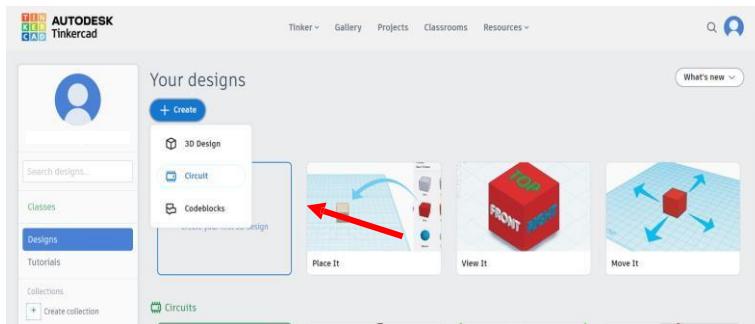
Gambar 0.13: Project board

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.

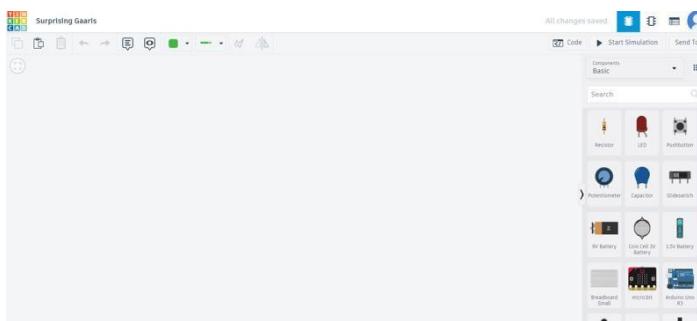
Tutorial Protoboard pada Tinkercad

Masuk ke website <https://www.tinkercad.com/dashboard>.

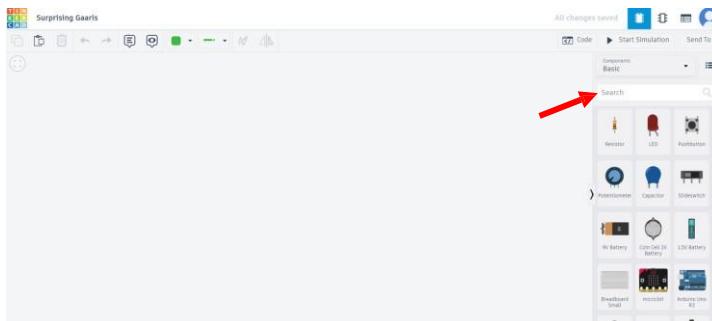
1. Pilih menu *Create > Circuit*



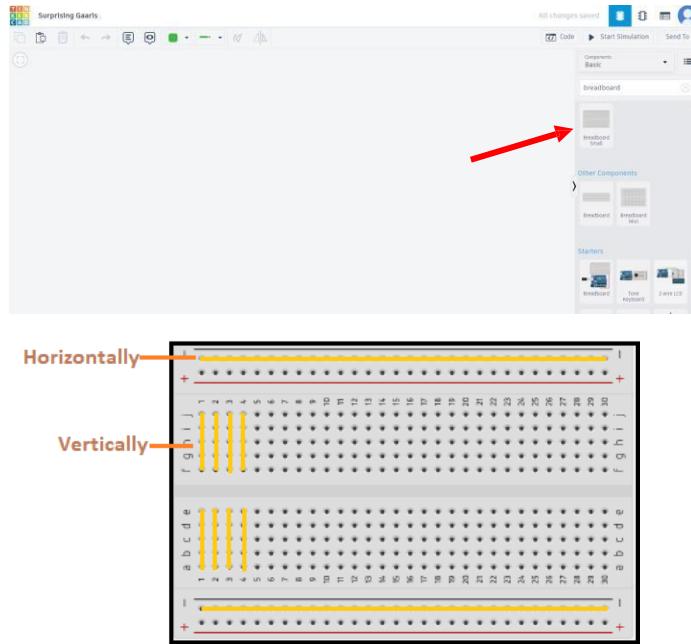
2. Kemudian tampilan akan seperti ini.



3. Semua komponen yang dibutuhkan untuk merangkai tersedia pada kolom *Search*.



- 4.Tambahkan komponen protoboard dengan mengetik “*Breadboard*” pada kolom *Search* > pilih *Breadboard mini* > tempatkan pada lembar kerja.



5. Jalur kuning yang terhubung secara horizontal berfungsi sebagai penghubung catu daya dengan rangkaian, sedangkan jalur kuning yang terhubung secara vertikal berfungsi untuk merangkai komponen.

1.3.3 Pengantar Alat Ukur

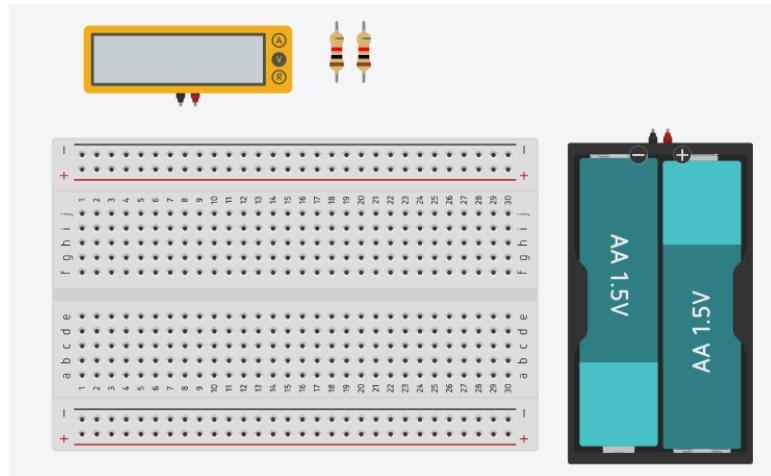
Pada praktikum Rangkaian Listrik kita menggunakan alat ukur berupa multimeter. Multimeter adalah alat ukur yang dapat mengukur besaran listrik. Besaran listrik yang diukur umumnya ada tiga, yakni arus, tegangan, dan hambatan. Untuk mengukur ketiga besaran listrik tersebut, ada 3 mode yang dapat kita pilih pada multimeter, yakni:

- Voltmeter (mengukur tegangan).
- Amperemeter (mengukur arus)
- Ohmmeter (mengukur resistansi/tahanan).

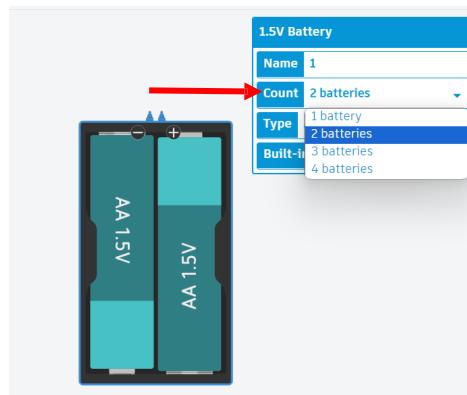
Tutorial Menggunakan Amperemeter, Voltmeter, dan Ohmmeter.

A. Amperemeter

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



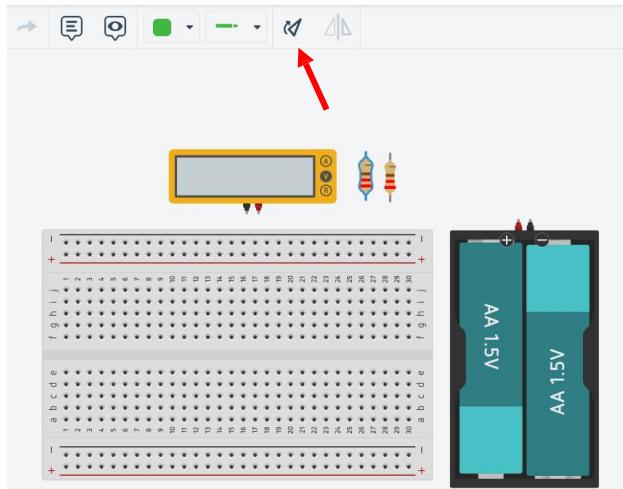
2. Untuk mengubah nilai baterai dapat mengklik baterai > ubah *count* menjadi 2



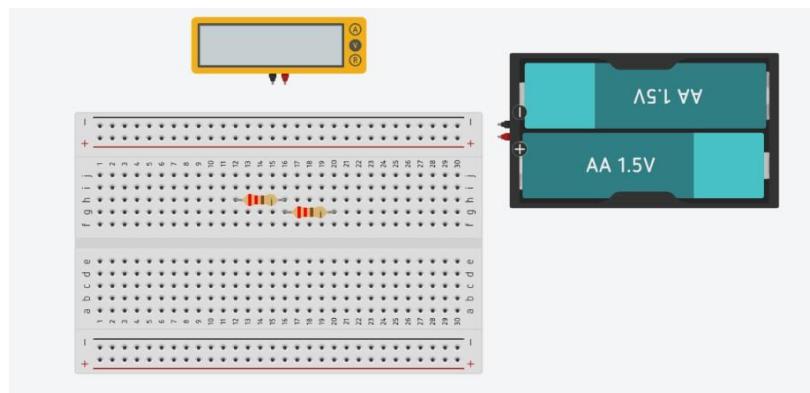
3. Untuk mengubah nilai resistor, tekan pada resistor > ubah menjadi 220 Ohm



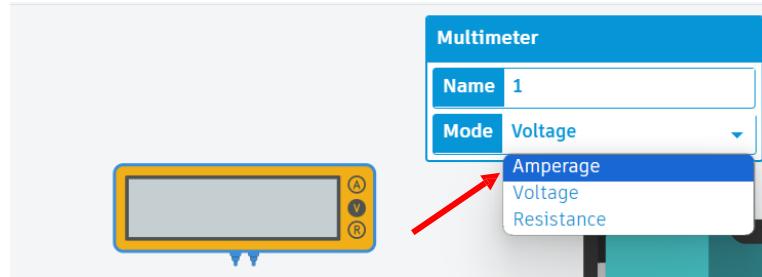
4. Untuk memutar komponen, tekan komponen yang dipilih lalu klik ikon ini.



5. Tempatkan resistor pada breadboard dengan posisi Horizontal.

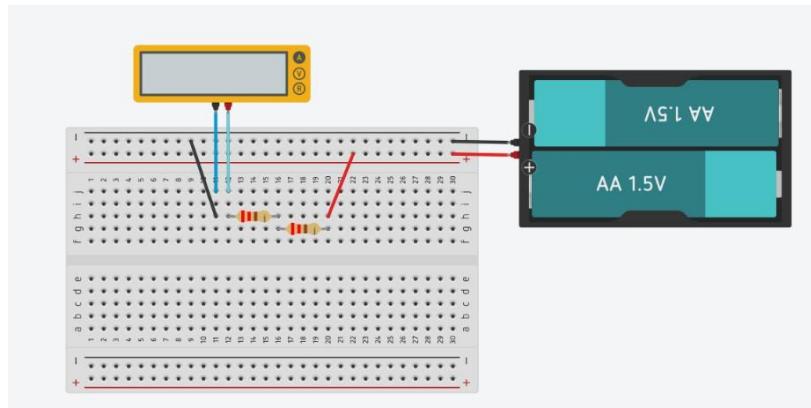


6. Pada multimeter ubah menjadi mode *Amperemeter* dengan cara menekan multimeter > mode = *Ampereage*

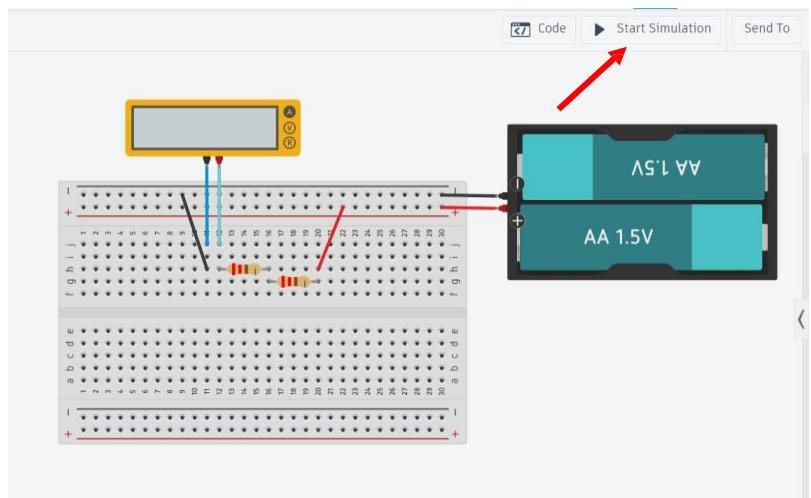


7. Hubungkan kutub positif dari baterai ke power (+) dan kutub negatif ke ground (-)

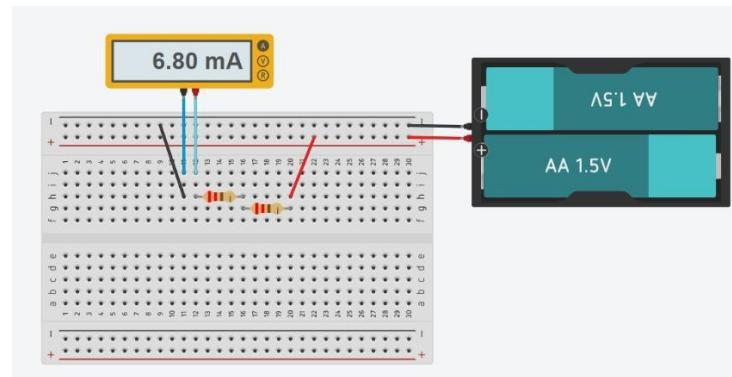
8. Rangkai resistor secara seri dengan multimeter



9. Klik Start Simulation

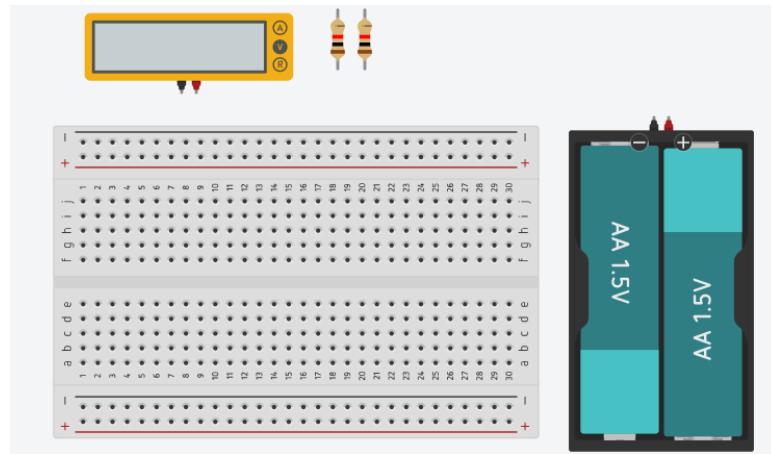


10. Multimeter akan menampilkan nilai arus.

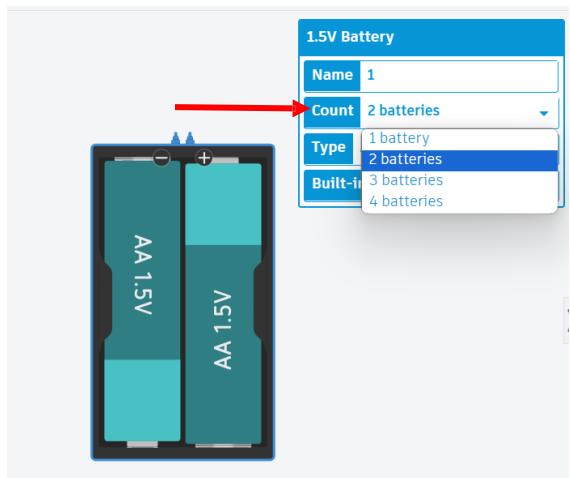


B. Voltmeter

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



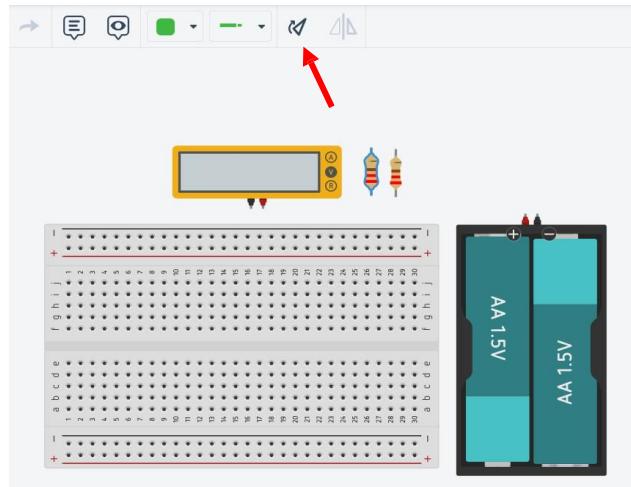
2. Untuk mengubah nilai baterai dapat mengklik baterai > ubah *count* menjadi 2



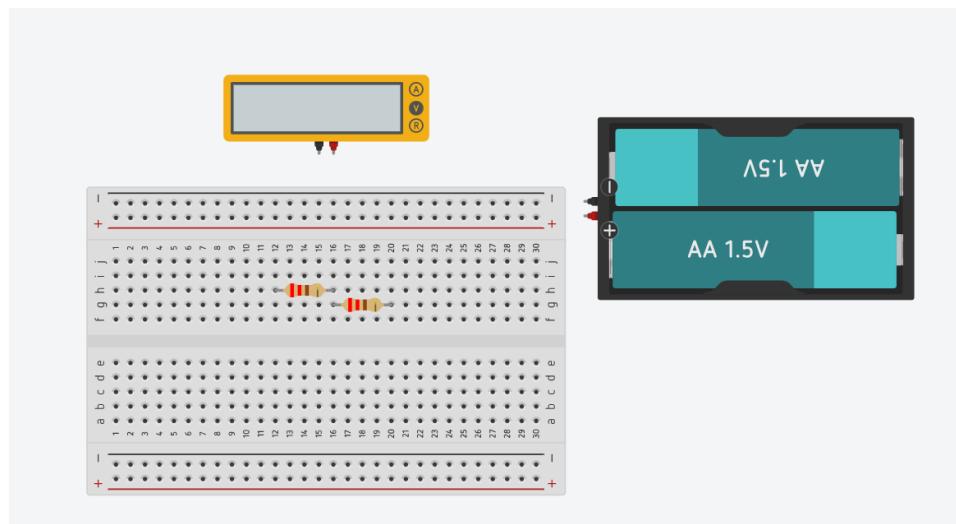
3. Untuk mengubah nilai resistor, tekan pada resistor > ubah menjadi 220 Ohm



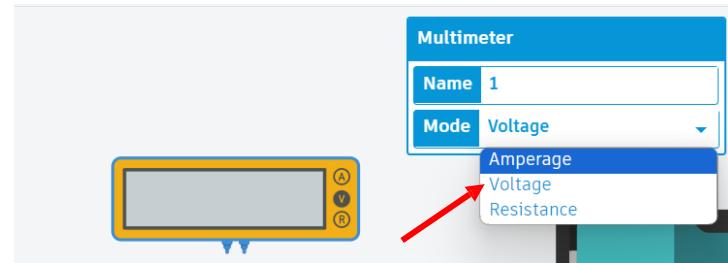
4. Untuk memutar komponen, tekan komponen yang dipilih lalu klik ikon ini.



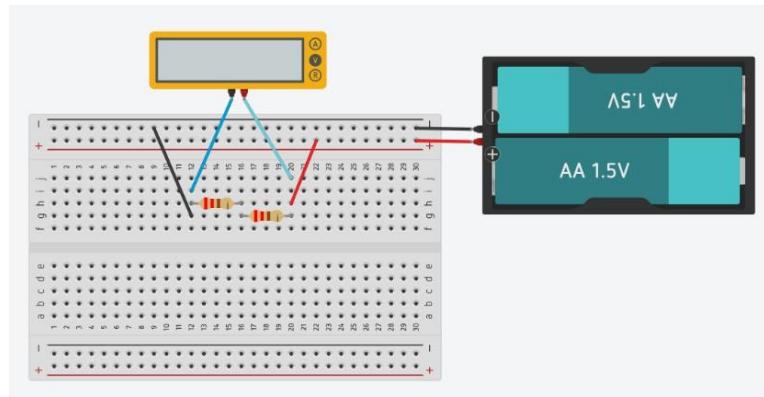
5. Tempatkan resistor pada breadboard dengan posisi Horizontal.



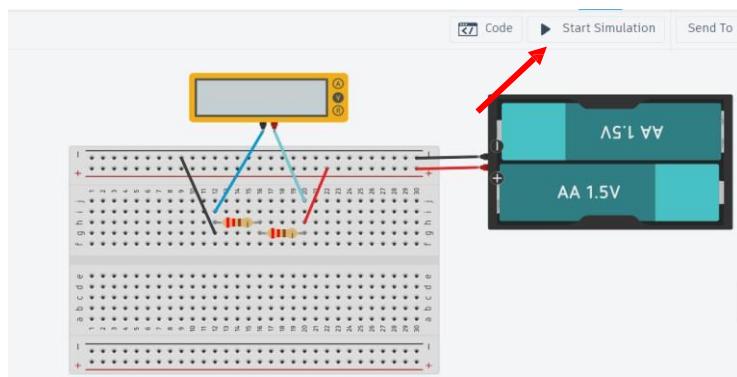
6. Pada multimeter ubah menjadi mode Voltmeter dengan cara menekan multimeter > mode = *Voltmeter*.



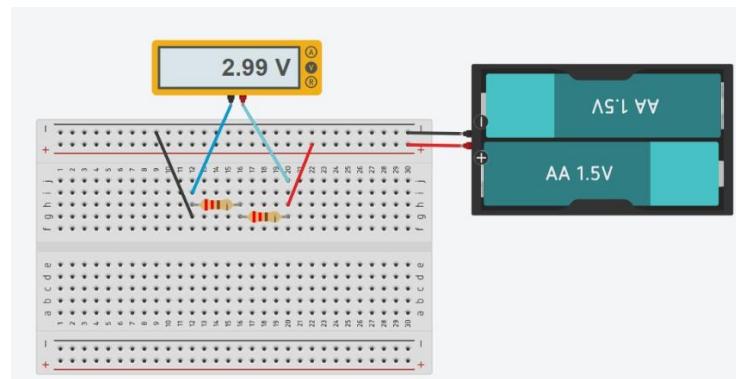
7. Hubungkan kutub positif dari baterai ke power (+) dan kutub negatif ke ground (-).
8. Rangkai resistor secara seri. Tempatkan sisi positif dan negatif multimeter pada ujung setiap resistor untuk menghitung tegangan total.



9. Klik Start Simulation

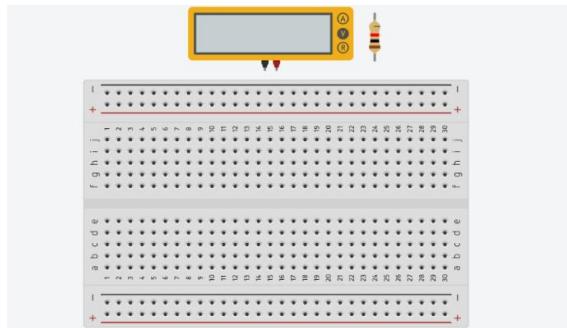


10. Multimeter akan menampilkan nilai tegangan.

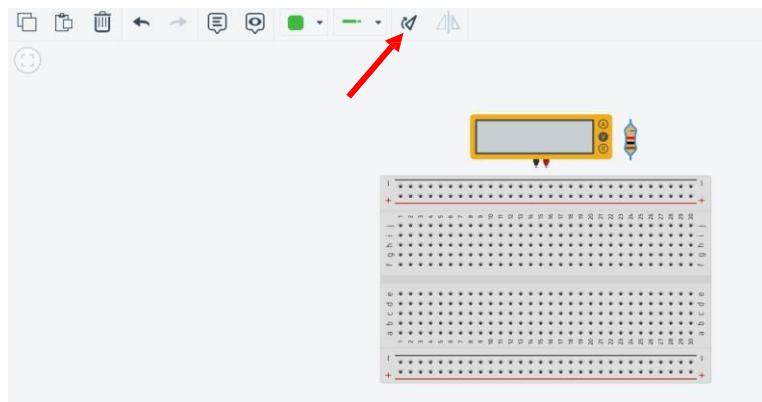


C. Ohmmeter

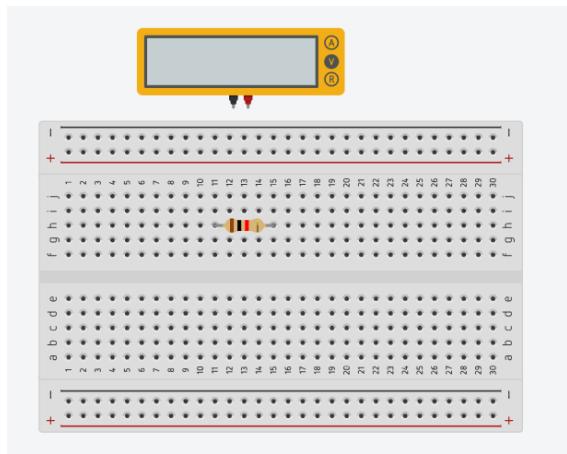
1. Pada kolom *Search*, ketikkan *Breadboard*, Multimeter dan Resistor > tempatkan pada lembar kerja.



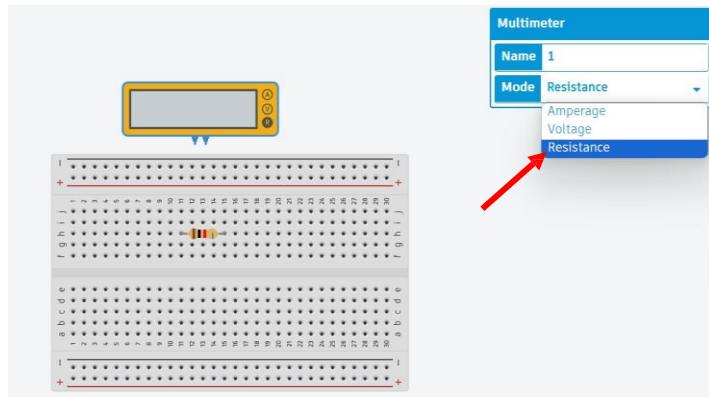
2. Untuk memutar komponen, tekan komponen yang dipilih lalu klik ikon ini.



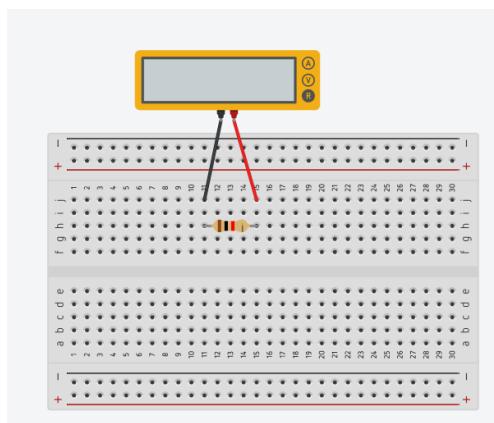
3. Tempatkan resistor pada breadboard dengan posisi Horizontal.



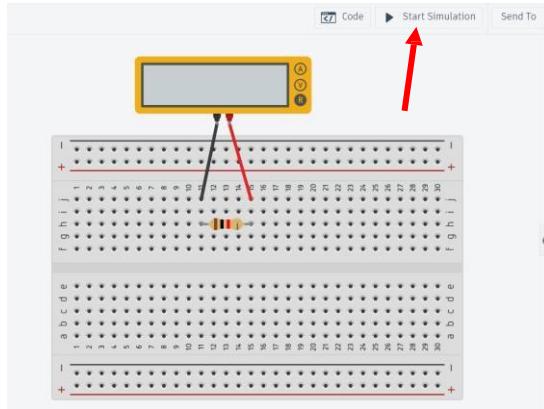
4. Pada multimeter ubah menjadi mode *Resistance* dengan cara menekan multimeter > mode = *Resistance*.



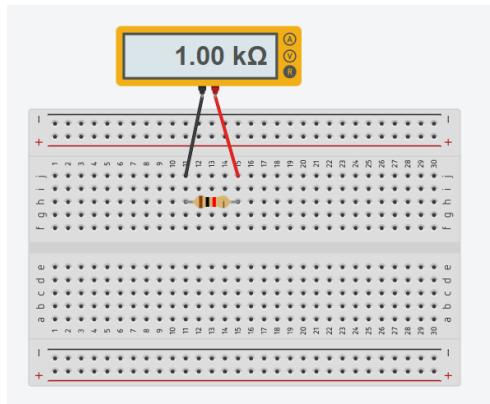
5. Hubungkan ujung kutub multimeter pada lubang breadboard yang terhubung dengan tiap kaki-kaki resistor.



6. Klik Start Simulation

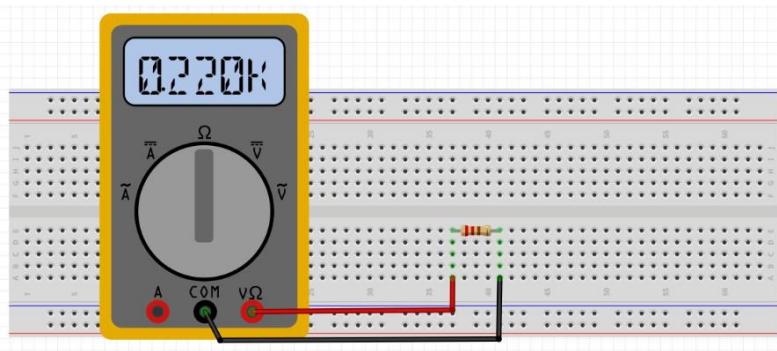


7. Multimeter akan menunjukkan nilai resistor.



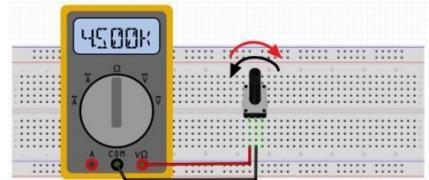
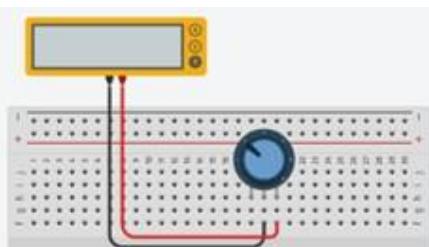
1.4 Prosedur Praktikum

1.4.1 Pembacaan dan Pengukuran Resistor

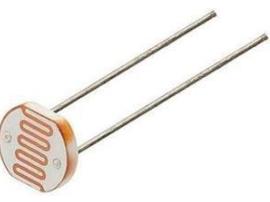
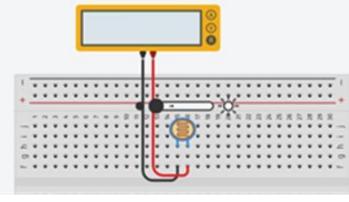
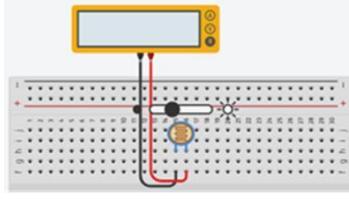
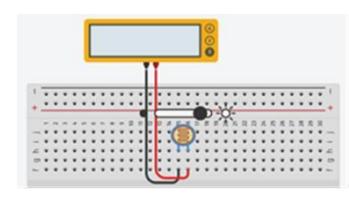


Komponen	Pembacaan kode warna	Pengukuran ohmmeter								
Contoh: 	<table border="1"> <tr> <td>Merah</td> <td>Merah</td> <td>Coklat</td> <td>Emas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>x10</td> <td>5%</td> </tr> </table> <p>Nilai = $220 \pm 5\%$ Range = $219,95 - 220,05$</p>	Merah	Merah	Coklat	Emas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

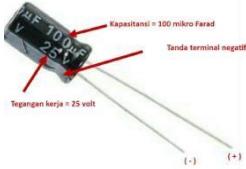
1.4.2 Pembacaan dan pengukuran Resistor Variabel

Komponen	Pembacaan kode angka	Instruksi Pengukuran dengan Ohmmeter
	<p>B10K Potensiometer linier dengan maksimum besar tahanan 10k</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rangkai pengukuran seperti gambar berikut untuk kaki potensiometer di kaki 1 dan 2, - Posisi tombol full ke arah kiri - Putar 45 derajat potensio ke arah kanan dan ukur besar tahanan 
	<p>103 Trimpot dengan maksimum besar tahanan 10K</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Set multimeter pada pengukuran hambatan. - Resistor variabel pada posisi putar paling kiri - Ukur kaki 1 dan kaki 2 dengan multimeter - Putar resistor variabel kira-kira 45 derajat - Tuliskan nilai yang tertera pada multimeter 

1.4.3 Pembacaan dan Pengukuran LDR

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

1.4.4 Pembacaan dan Pengukuran Kapasitor

Komponen	Pembacaan kode angka							
	Digit pertama	Digit kedua	Pengali	Toleransi				
	1	0	$\times 10^4$	-				
Nilai = 10×10^4 pF atau 10^{-7} F								
	<table border="1"> <tr> <th>Kapasitansi</th> <th>Tegangan kerja</th> </tr> <tr> <td>100 μF</td> <td>25 V</td> </tr> </table>				Kapasitansi	Tegangan kerja	100 μ F	25 V
Kapasitansi	Tegangan kerja							
100 μ F	25 V							
Nilai = 100 μ F atau 100×10^{-6} F dengan tegangan kerja 25 V								

1.4.5 Pembacaan dan Pengukuran Induktor

Komponen	Pembacaan kode warna			
	Coklat	Hitam	Jingga	Silver
	1	0	$\times 10^3$	5%
Nilai = 10×10^3 uH atau 10 mH dengan toleransi 5%				

1.4.6 Pembacaan dan Pengukuran Induktor Angka

Komponen	Pembacaan kode angka		
	Digit pertama	Digit kedua	Pengali
	1	5	$\times 10^1$
Nilai = 150 uH			

MODUL 2

Rangkaian Arus Searah

2.1 Tujuan

Setelah mengikuti praktikum ini, mahasiswa diharapkan:

1. Mengetahui cara mengukur arus, tegangan serta resistansi menggunakan multimeter.
2. Dapat menggunakan osiloskop untuk mengukur tegangan, frekuensi dan beda fasa dari berbagai bentuk gelombang.
3. Dapat mengukur serta menghitung arus dan tegangan pada suatu beban dalam rangkaian yang bersifat linier dengan menerapkan teorema superposisi dan substitusi.

2.2 Alat dan Bahan

1. Multimeter
2. Osiloskop
3. Sumber tegangan DC
4. Function Generator
5. *Project Board*
6. Kabel Jumper
7. Probe

2.3 Dasar Teori

2.3.1 Alat Ukur

A. Multimeter

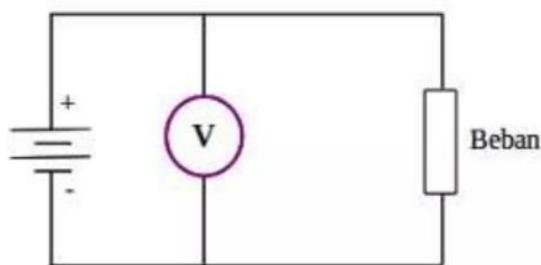
Multimeter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui nilai besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, hambatan, frekuensi, dan lain-lain. Terdapat dua jenis multimeter, yaitu analog dan digital. Mode pengukuran pada multimeter:

1) 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 akan diukur.

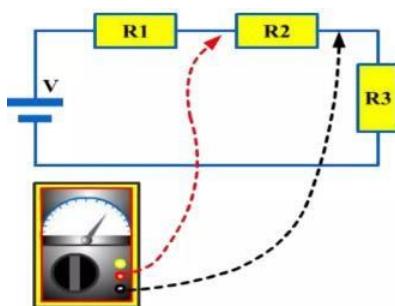
Voltmeter yang baik adalah voltmeter yang mempunyai hambatan dalam (R_V) yang besar, semakin besar semakin baik, karena hambatan dalam voltmeter harus sebesar mungkin untuk menghindari adanya arus yang terbagi dalam rangkaian yang menyebabkan tegangan yang diukur bukanlah tegangan sebenarnya.

Rangkaian Pengukuran Tegangan



Gambar 0.1: 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.



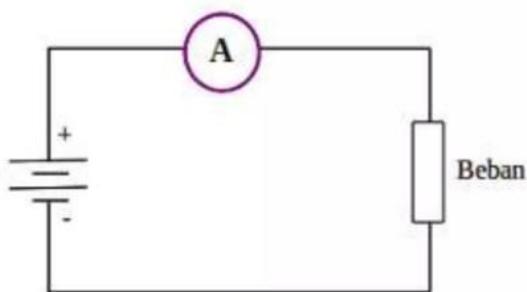
Gambar 0.2: Contoh lain skema pengukuran tegangan.

2) Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur arus dari suatu rangkaian dan dirangkaikan 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).

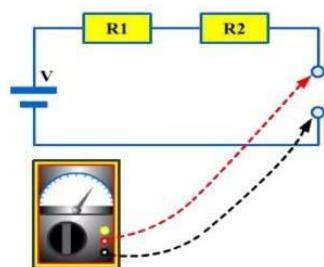
Amperemeter yang baik adalah amperemeter yang memiliki hambatan dalam (R_a) yang kecil, semakin kecil semakin baik, karena (R_a) harus sekecil mungkin untuk menghindari *drop* tegangan pada rangkaian (ada tegangan yang terbagi) sehingga arus yang diukur bukanlah arus yang akan diukur sebenarnya.

Rangkaian Pengukuran Arus



Gambar 0.3: Rangkaian pengukuran arus

Ampermeter 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 ukut amperemeter.



Gambar 0.4: Contoh lain skema pengukuran arus.

3) Ohmmeter

Ohmmeter merupakan alat ukur hambatan listrik. Besarnya satuan hambatan yang diukur oleh alat ini dinyatakan dalam ohm. Alat ohmmeter ini menggunakan galvanometer untuk mengukur besarnya arus listrik yang lewat pada suatu hambatan listrik (R), yang kemudian dikalibrasikan ke satuan ohm.

Prinsip kerjanya adalah benda dialiri listrik dan diukur tahanan/hambatan listriknya. Tahanan/hambatan listrik adalah perbandingan antara tegangan listrik dari suatu komponen elektronik (misalnya resistor) dengan arus listrik yang melewatkinya.

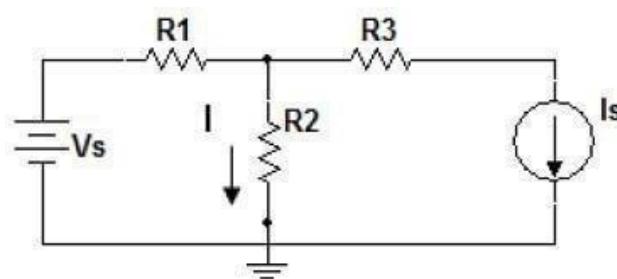
2.3.2 Rangkaian Arus Searah

A. Rangkaian Linier

Rangkaian linier adalah rangkaian yang terbentuk oleh sumber-sumber linier dan persamaan arus atau dan tegangan dari rangkaian tersebut memenuhi persamaan linier. Suatu persamaan dikatakan linier apabila memenuhi sifat superposisi, yaitu $f(kx) = k \cdot F(x)$, dimana k adalah suatu konstanta.

B. Rangkaian Superposisi

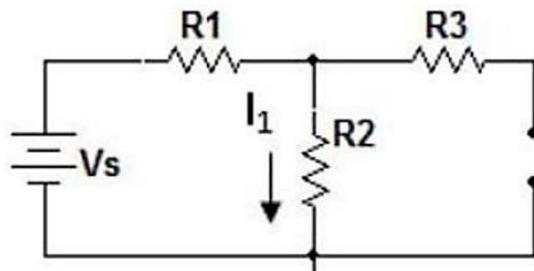
Teorema superposisi menyatakan bahwa arus dan tegangan untuk setiap elemen dalam rangkaian linear dengan beberapa sumber adalah jumlah arus dan tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sumber yang bekerja secara independen. Berikut ilustrasinya.



Gambar 2.5 Rangkaian dua sumber bebas

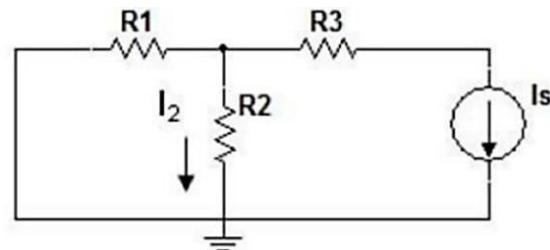
Dari rangkaian di atas ditanyakan nilai arus I, Langkah mengerjakannya jika dengan menggunakan Rangkaian Superposisi :

1. Saat sumber tegangan aktif dan sumber arus non aktif (*Open Circuit*).



Gambar 2.6 Sumber arus dijadikan open circuit

2. Saat sumber arus aktif dan sumber tegangan nonaktif (*Short Circuit*).



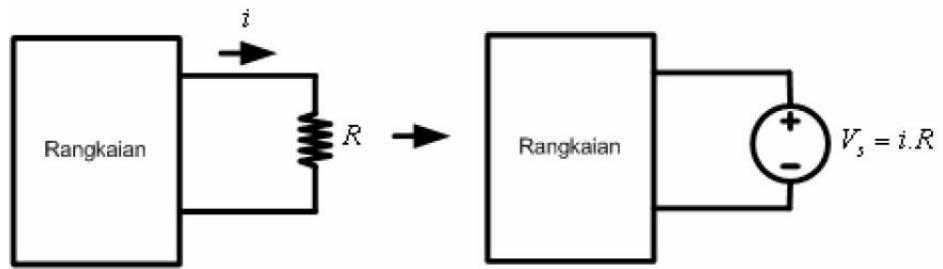
Gambar 2.7 Sumber tegangan dijadikan short circuit.

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

C. 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 $V_s = i \cdot R$ dengan tahanan dalam dari sumber tegangan tersebut sama dengan nol.

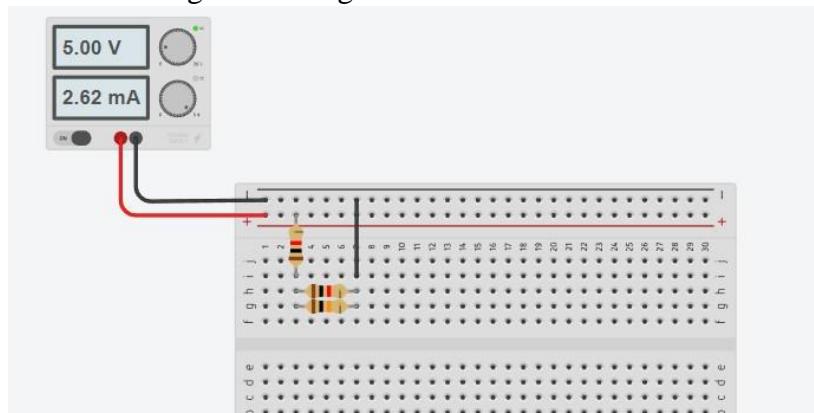


Gambar 2.8 Ilustrasi Rangkaian Substitusi

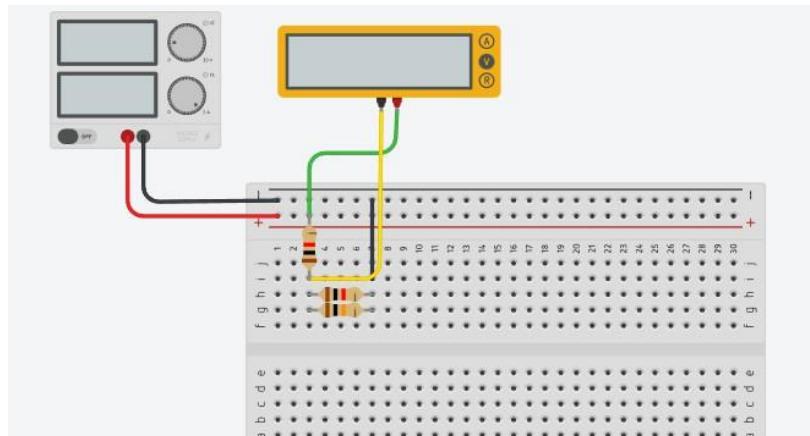
2.4 Prosedur Praktikum

2.4.1 Pengukuran DC

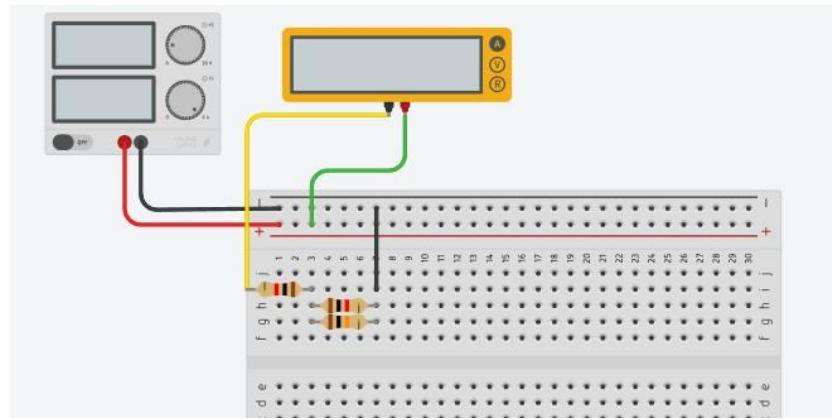
- Buatlah rangkaian sebagai berikut.



- Ukurlah nilai tegangan pada resistor $1\text{k}\Omega$. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



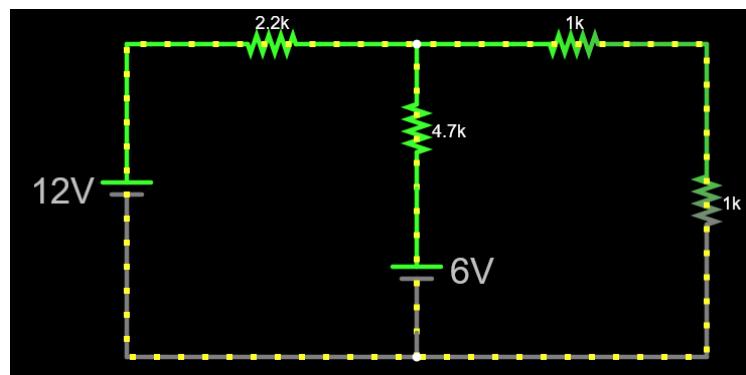
- Selanjutnya ukur arus pada resistor yang sama. contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



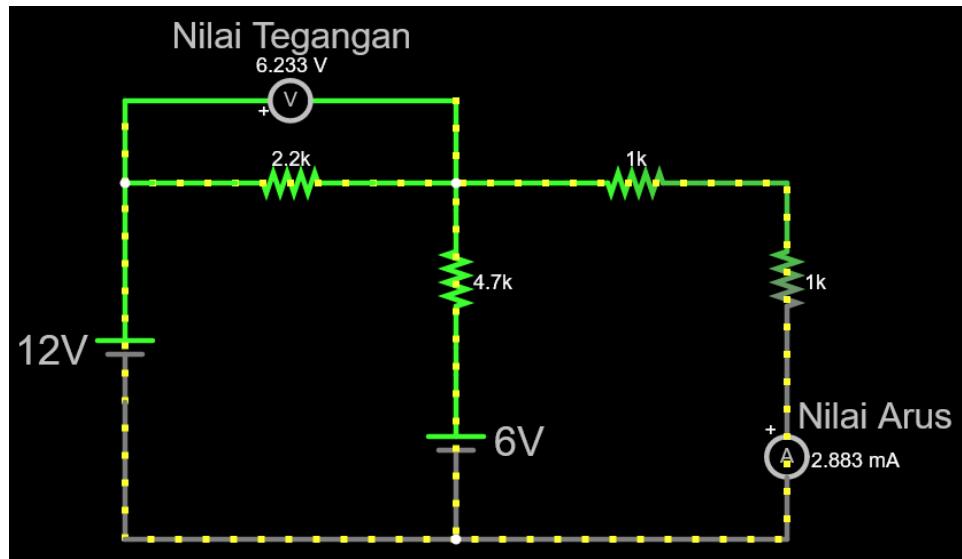
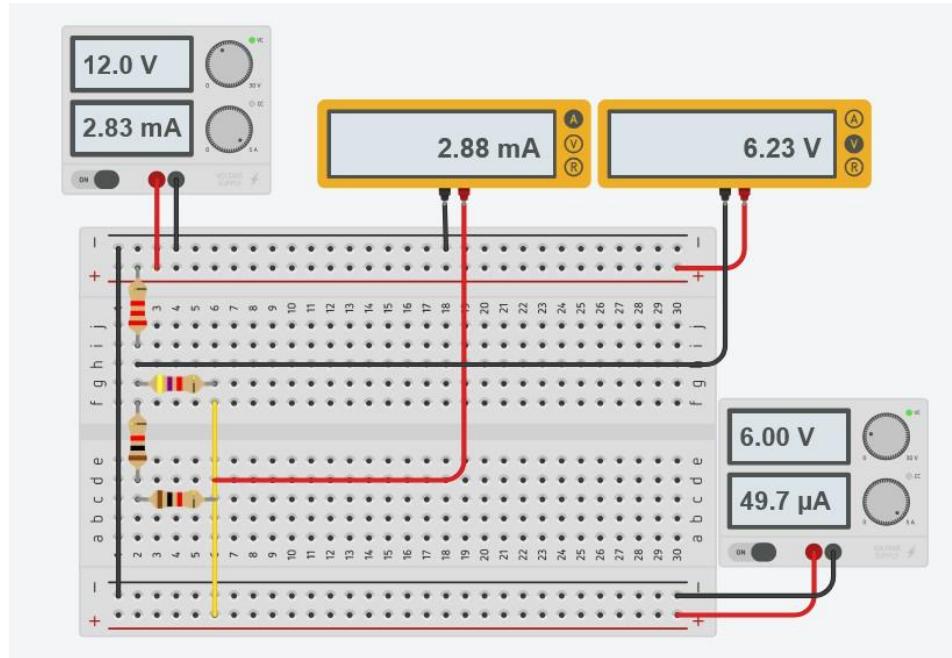
4. Ganti resistor $1\text{k}\Omega$ menjadi $2\text{k}2\Omega$.
5. Ulangi langkah nomor 2 dan nomor 3 pada resistor yang diganti.
6. Ganti resistor $2\text{k}2\Omega$ menjadi $4\text{k}7\Omega$.
7. Ulangi langkah nomor 2 dan nomor 3 pada resistor yang diganti.

2.4.2 Rangkaian Superposisi

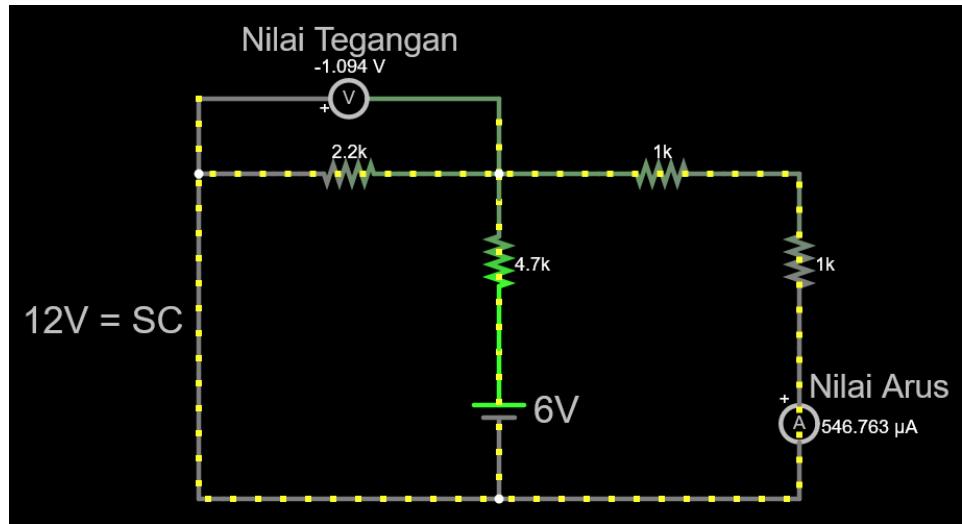
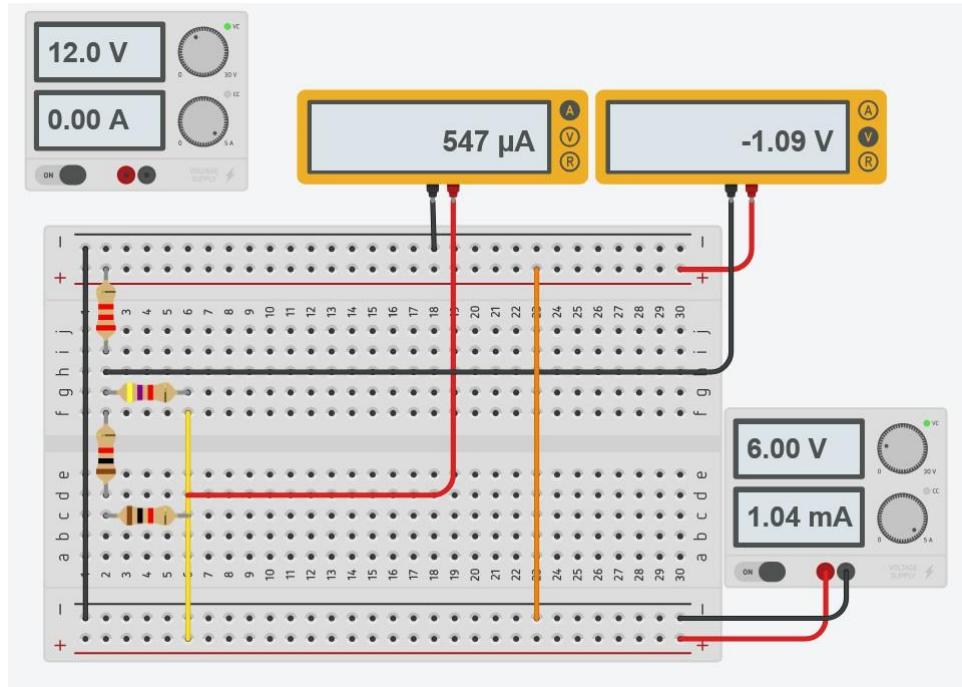
1. Buatlah rangkaian sebagai berikut.



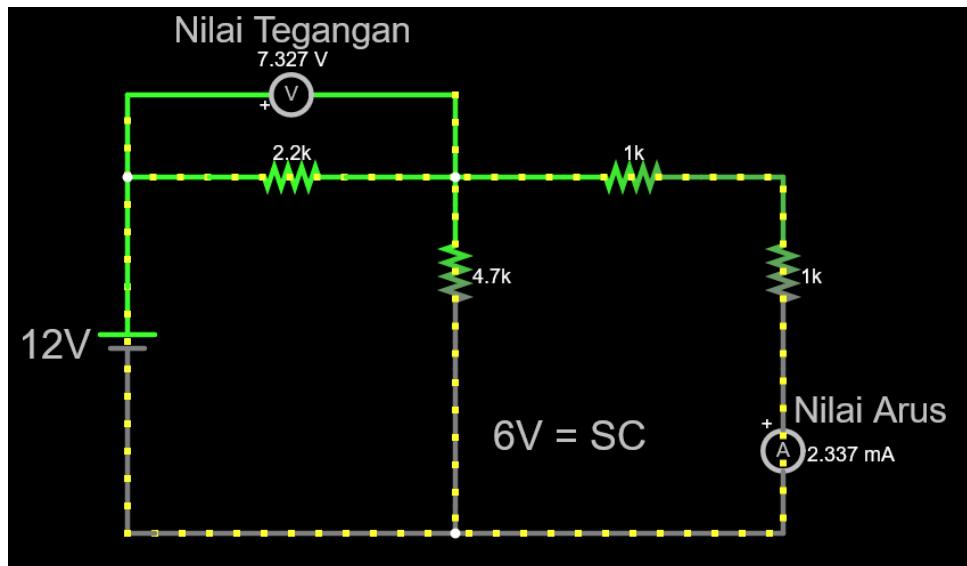
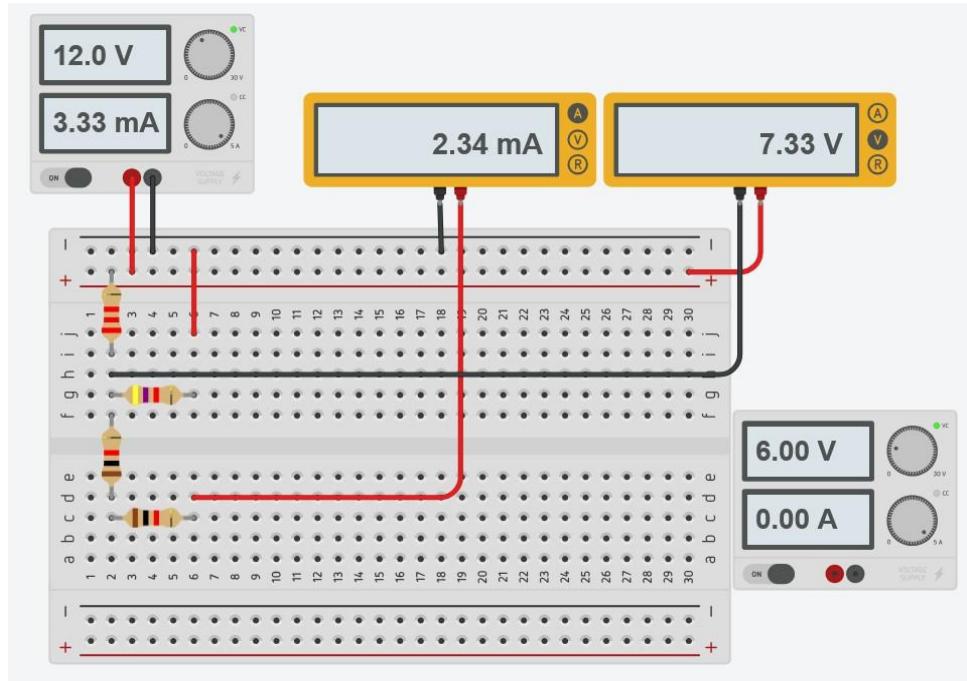
2. Dengan kondisi 12V dan 6V aktif, ukur dan catat nilai arus (I) di resistor $1\text{k}\Omega$ dan nilai tegangan (V) di resistor $2\text{k}2\Omega$ pada jurnal.



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



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



5. Bandingkan ketiga hasil pengukuran arus pada titik tersebut.

MODUL 3

Teorema Thevenin dan Norton

1.1 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

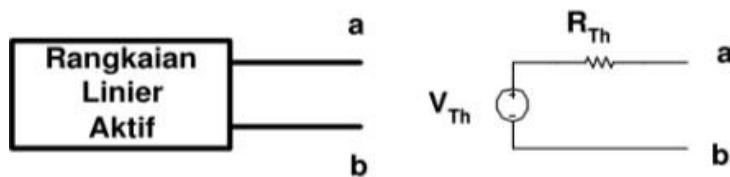
1.2 Alat dan Bahan

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

1.3 Dasar Teori

1.3.1 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 3.1: Rangkaian pengganti Thevenin

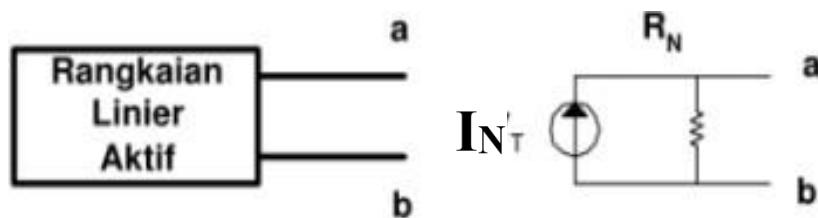
Tujuan dari teorema ini adalah menyederhanakan analisis rangkaian yang kompleks menjadi rangkaian pengganti yang lebih sederhana, dengan hasil perhitungan yang sama dengan rangkaian sebelumnya.

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} .

1.3.2 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 3.2: 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 (\mathbf{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 (\mathbf{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 = \mathbf{R}_N).
6. Buatlah rangkaian pengganti Thevenin dengan cara menghubungkan \mathbf{I}_N , \mathbf{R}_{ab} , dan \mathbf{R}_N secara paralel.
7. Hitung besaran (tegangan/arus) pada \mathbf{R}_{ab} .

1.3.3 Transfer Daya Maksimum

Transfer daya maksimum terjadi jika nilai resistansi beban sama dengan nilai resistansi sumber ($\mathbf{R}_S = \mathbf{R}_L$), 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 ($\mathbf{R}_S = \mathbf{R}_{th}$) 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 \mathbf{R}_{th} atau \mathbf{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 Vs dan Rs tetap, dan PL merupakan fungsi RL, maka untuk mencari nilai maksimum PL adalah:

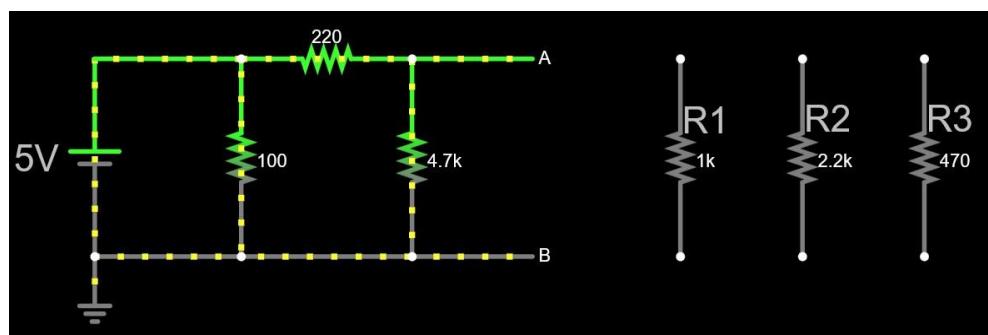
- $P_L = \left(\frac{V_S}{R_S + R_L} \right)^2 \cdot R_L = \frac{V_S^2}{(R_S + R_L)^2} \cdot R_L$
- $P_L = V_S^2 (R_S + R_L)^{-2} R_L$
- $\frac{dP_L}{dR_L} = V_S^2 [(R_S + R_L)^{-2} - 2(R_S + R_L)^{-3} R_L]$
- $0 = V_S^2 \left[\frac{1}{(R_S + R_L)^2} - \frac{2R_L}{(R_S + R_L)^3} \right]$
- $\frac{1}{(R_S + R_L)^2} = \frac{2R_L}{(R_S + R_L)^3}$
- $1 = \frac{2R_L}{(R_S + R_L)}$
- $R_S + R_L = 2R_L$
- $R_S = R_L$

Sehingga $R_L = R_S$

1.4 Prosedur Praktikum

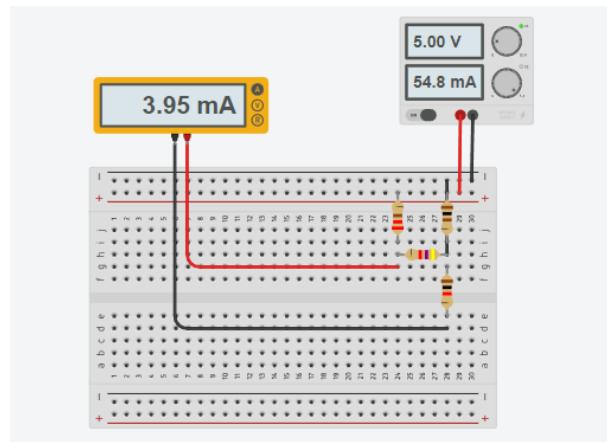
1.4.1 Pengukuran Arus dan Tegangan Langsung

1. Buatlah rangkaian dengan skema berikut.

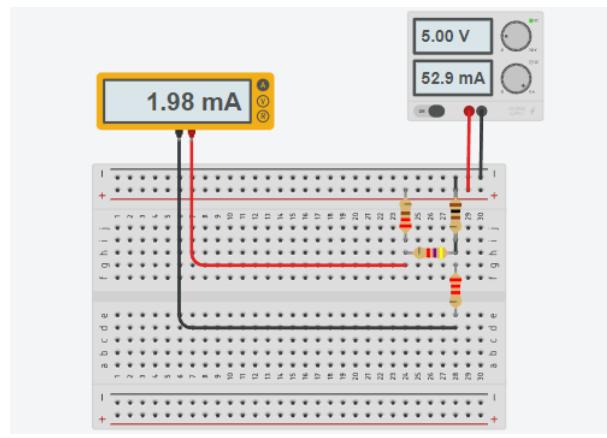


2. Ukurlah arus dari titik a ke titik b dengan nilai resistor yang berbeda-beda! ($1\text{k}\Omega$, $2\text{k}\Omega$, dan 470Ω). Berikut adalah contoh rangkaiannya.

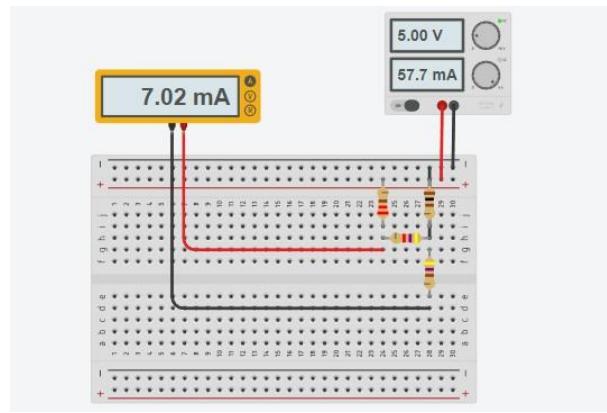
- Resistor $1k\Omega$:



- Resistor $2k2\Omega$:



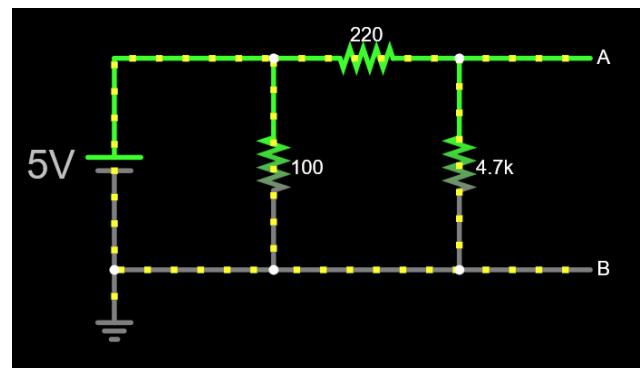
- Resistor 470Ω :



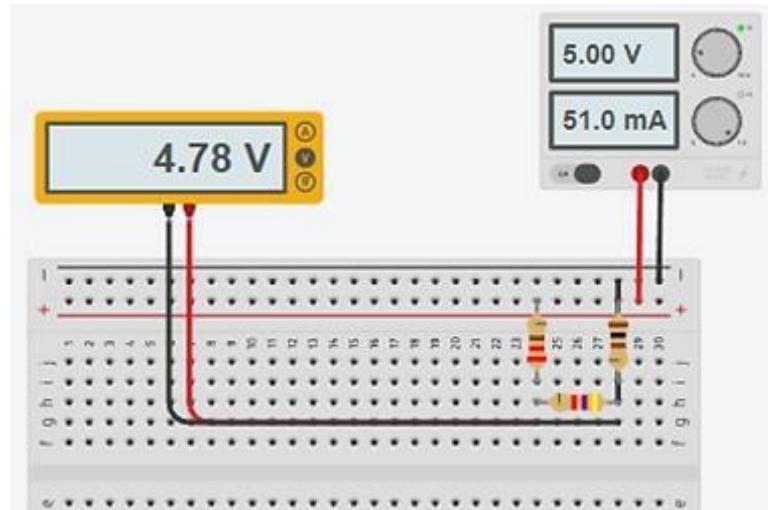
3. Catat hasil pengukuran arus pada jurnal!

1.4.2 Teorema Thevenin

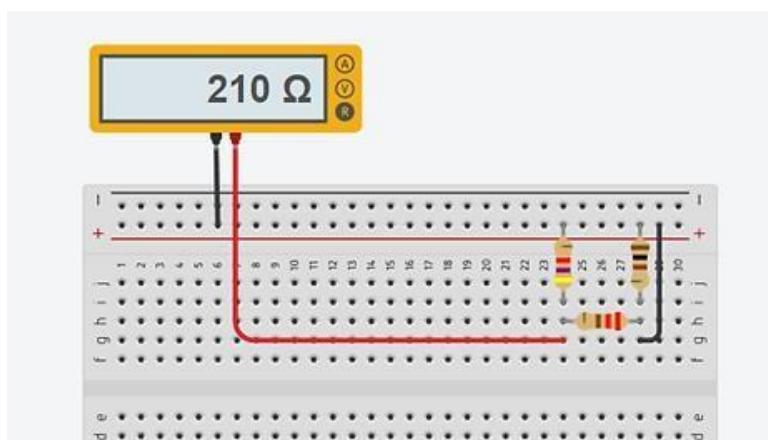
- Buatlah skema dengan contoh rangkaian berikut.



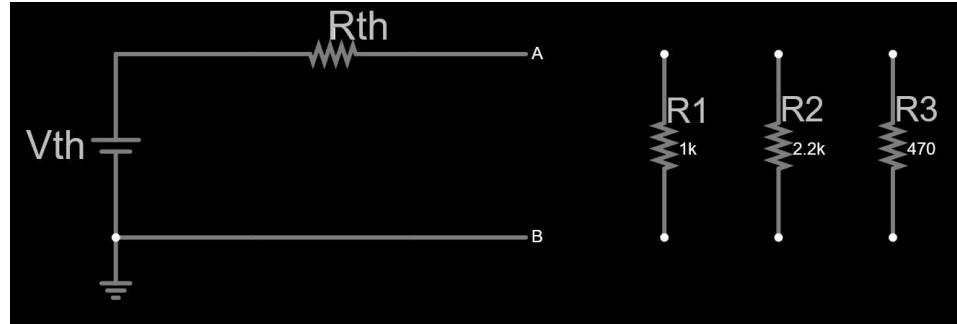
- Lepas resistor pada titik a-b sehingga sambungan titik a ke titik b terputus (*open circuit*).
- Hitunglah nilai V_{th} dengan mengukur nilai tegangan pada titik a ke titik b menggunakan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



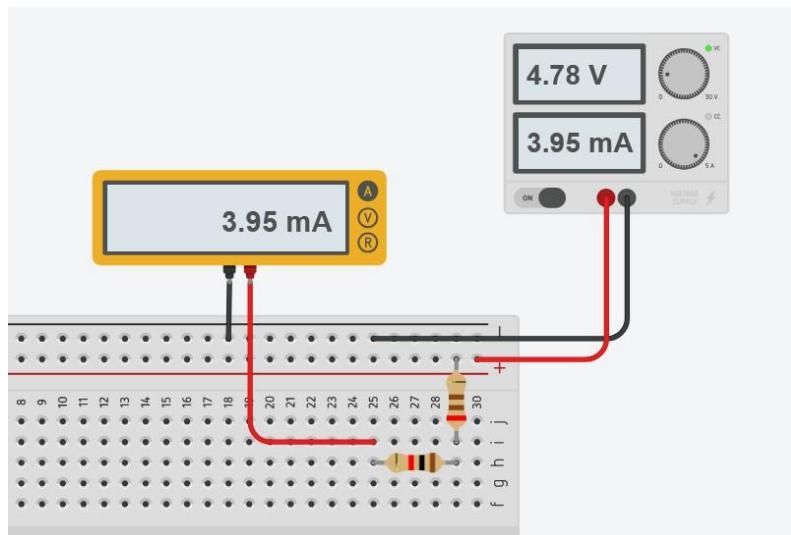
- Cabut sumber tegangan dan jadikan *short circuit* menggunakan *jumper*, lalu hitunglah nilai R_{th} dengan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



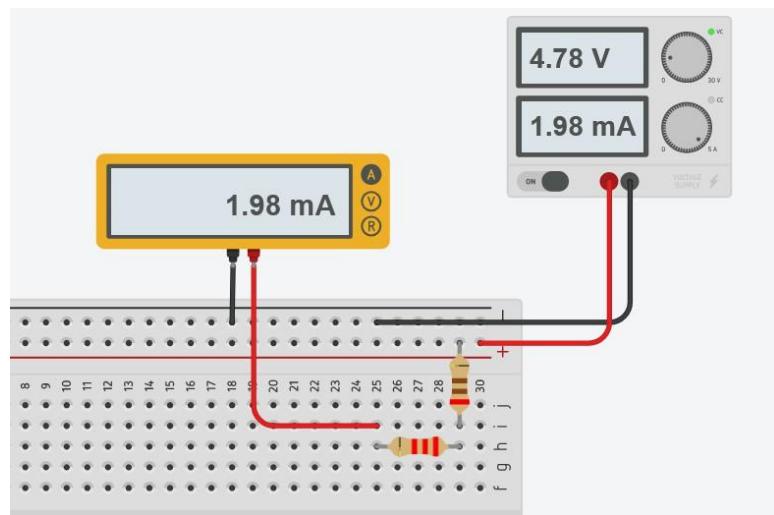
5. Setelah nilai V_{th} dan R_{th} didapat, buatlah rangkaian pengganti Thevenin, lalu ukur nilai arus pada resistor parameter a-b dengan nilai yang berbeda-beda ($1k\Omega$, $2k2\Omega$, dan 470Ω) menggunakan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



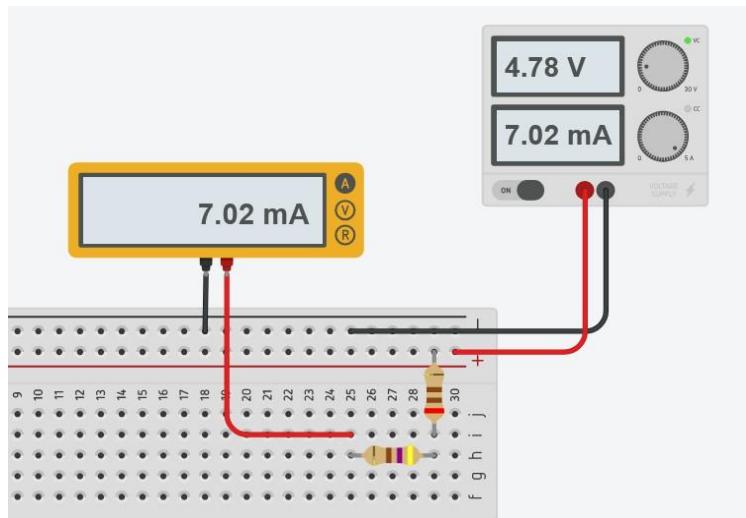
- Resistor $1k\Omega$ sebagai parameter a-b:



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



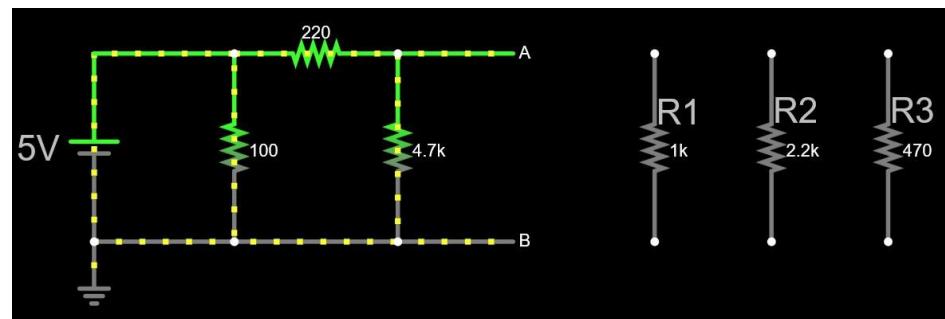
- Resistor 470Ω sebagai parameter a-b:



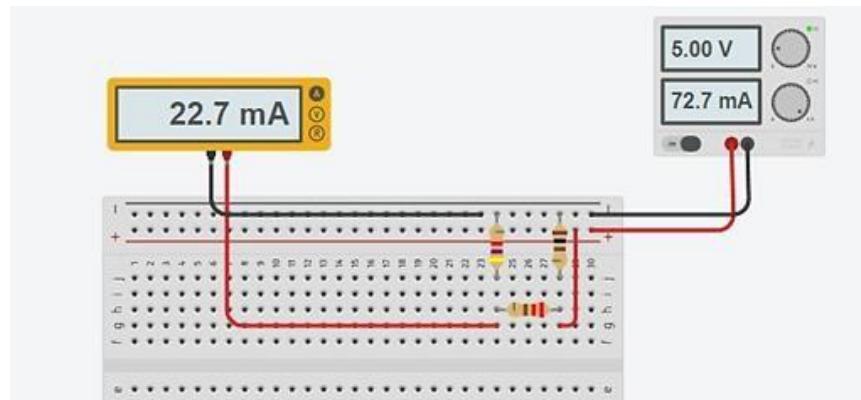
- Catat hasil pengukuran pada jurnal dan bandingkan hasilnya dengan pengukuran secara langsung.

1.4.3 Teorema Norton

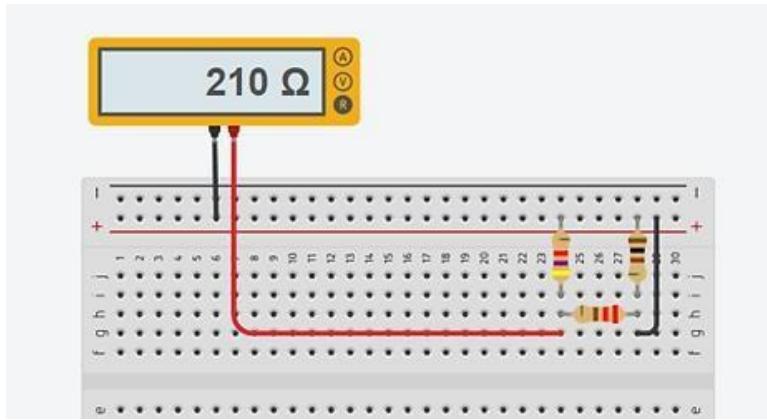
- Buatlah skema dengan contoh rangkaian berikut.



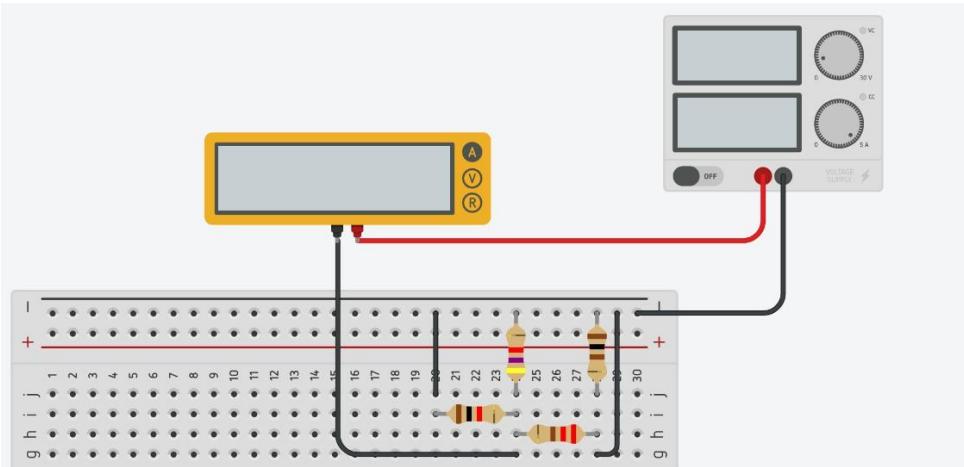
- Lepas resistor parameter a-b, kemudian sambungkan titik a ke titik b menggunakan kabel jumper (*short circuit*).
- Hitunglah nilai I_N dengan mengukur arus pada titik a ke titik b menggunakan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut.



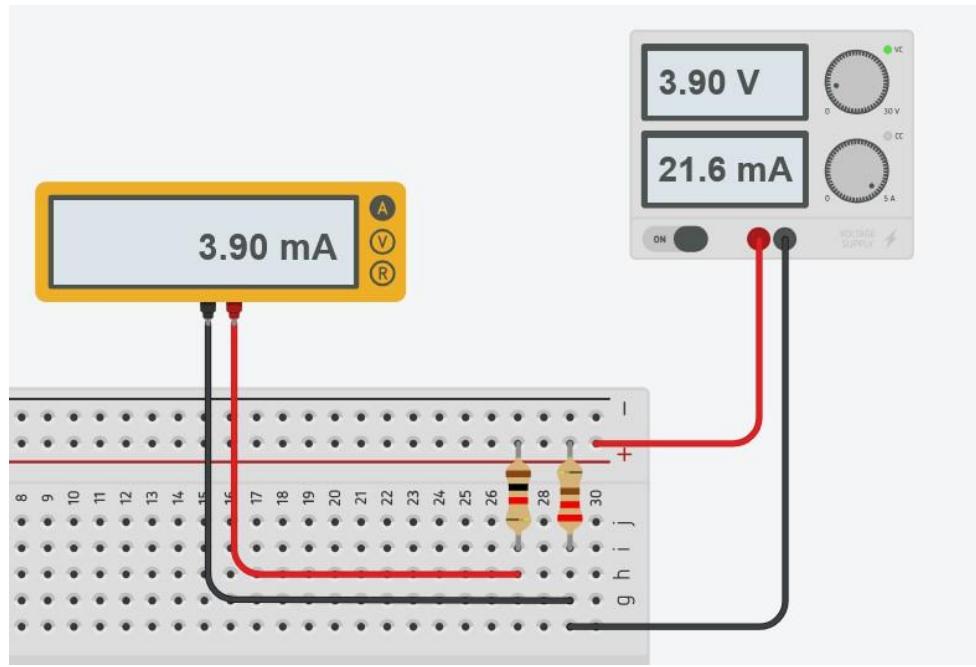
4. Cabut sumber tegangan dan jadikan *short circuit* menggunakan *jumper*, lalu hitunglah nilai R_N dengan multimeter. Contoh rangkaianya adalah sebagai berikut (nilai R_N selalu sama dengan R_{th}).



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 470Ω , 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 470Ω (nilai V_{ds} disesuaikan dengan nilai parameter a-b).
12. Bandingkan hasilnya dengan pengukuran secara langsung.

MODUL 4

Impedansi dan Fungsi Transfer

4.1 Tujuan

Setelah mengikuti praktikum ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mampu mengoperasikan alat ukur osiloskop dan function generator.
2. Memahami definisi Impedansi dan Fungsi Transfer.
3. Mengetahui perbedaan gelombang rangkaian differensiator dan integrator, serta beda fasa yang terjadi pada rangkaian seri RC atau RL.
4. Mempelajari respon frekuensi, frekuensi *cut-off* dan dapat mengetahui jenis-jenis filter yang terjadi pada rangkaian RL atau RC.

4.2 Alat dan Bahan

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

4.3 Dasar Teori

4.3.1 Pengenalan Alat Ukur (Osiloskop dan *Function Generator*)

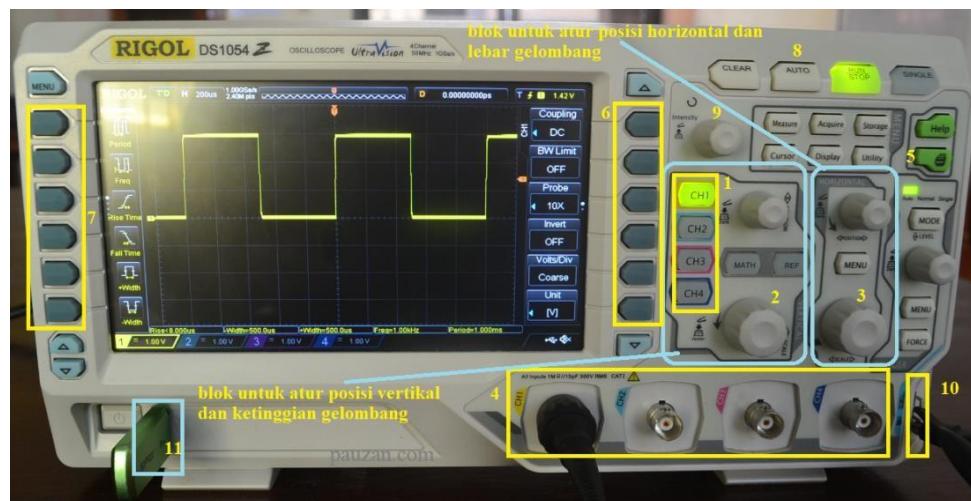
A. Osiloskop

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 di-

sampling atau dicuplik terlebih dahulu kemudian didigitalisasikan. Pada praktikum ini kita akan menggunakan osiloskop digital.



Gambar 0.1: Osiloskop



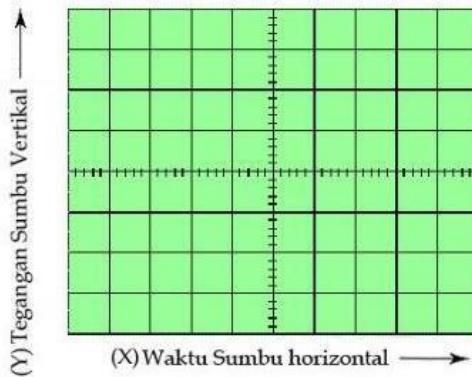
Gambar 0.2: Bagian-bagian osiloskop.

- **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.

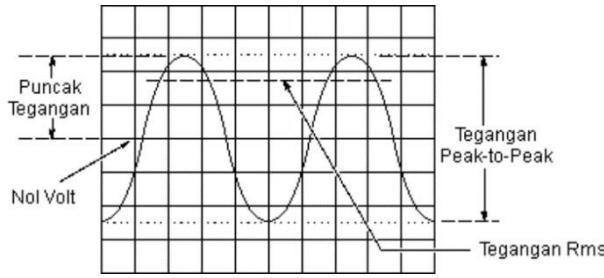
- **Nomor 4** merupakan tempat untuk menghubungkan kabel probe dari *channel 1* hingga *channel 4* osiloskop.
- **Nomor 5** merupakan tanda “*print*” yang berfungsi sebagai tombol untuk menyimpan *file* gambar gelombang hasil tampilan osiloskop. *File* gambar ini nantinya dapat disimpan di dalam *flashdisk*.
- **Nomor 6** merupakan blok bagian pada osiloskop yang digunakan untuk mengatur mulai dari batas bandwidth (BW limit), hingga menampilkan satuan-satuan besaran gelombang (V_{rms} , 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:

1. Pengukuran Tegangan Bolak-Balik



Gambar 0.3: Keterangan plot osiloskop



Gambar 0.4: Tampilan gelombang osiloskop

Keterangan:

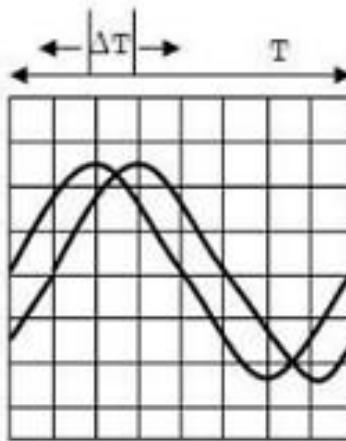
- $\text{Nilai Puncak} = \frac{0,05 \text{ Volt}}{\text{DIV}} \times 2,5 \text{ DIV} = 0,125 \text{ VPP}$
- $\text{Nilai Puncak (10 probe)} = \frac{0,05 \text{ Volt}}{\text{DIV}} \times 2,5 \text{ DIV} \times 10 = 125 \text{ VPP}$
- $\text{Tegangan Peak to Peak (VPP)} = \frac{0,05 \text{ Volt}}{\text{DIV}} \times 5 \text{ DIV} = 0,25 \text{ Volt}$
- 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).
- $\text{Harga Efektif (Vrms)} = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}} = \frac{0,25}{2\sqrt{2}} = 0,0883 \text{ Volt}$

2. Pengukuran Frekuensi

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

3. 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.



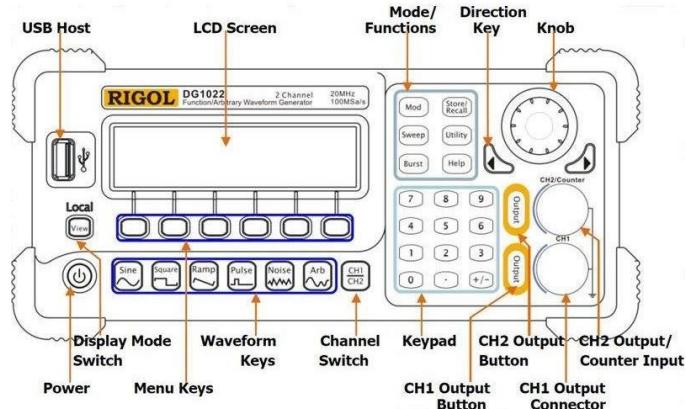
$$\bullet \quad \text{Beda fase } (\Delta\phi) = \frac{\Delta T}{T} \times 360^\circ$$

Keterangan:

- $\Delta\phi$ = beda fase
- ΔT = selang waktu antar gelombang (detik)
- T = periode (detik)

B. 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 0.6: Tampilan function generator.

4.3.2 Impedansi

Pada analisis sebuah rangkaian AC, istilah impedansi artinya adalah total hambatan dari suatu rangkaian yang diberikan sinyal input AC dan mempunyai satuan Ω (Ohm). Cara menghitung impedansi sama dengan cara menghitung resistansi, hanya saja komponen kapasitor dan induktor diganti bentuk tahanannya menjadi:

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

Keterangan:

- j = bilangan imajiner
- ω = kecepatan sudut (rad/s)
- R = resistansi (Ω)
- L = induktansi (H)
- C = kapasitansi (F)

4.3.3 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.

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

4.3.4 Respon Frekuensi

Respon frekuensi adalah respon keadaan tunak suatu sistem terhadap input gelombang sinusoidal. Hal ini berkaitan erat dengan filter gelombang yang akan dipelajari pada segmen selanjutnya, dimana gelombang akan dilewatkan maupun diredam sampai akhirnya mencapai keadaan tunak (*steady state*). Memperoleh respon frekuensi dapat dilakukan dengan cara memasukkan rumus magnitude fungsi sebagai berikut.

$$|H(j\omega)| = \sqrt{(Re(H(j\omega)))^2 + (Im(H(j\omega)))^2}$$

Dengan mengetahui respon frekuensi, kita dapat mengetahui jenis filter dari suatu rangkaian.

4.3.5 Frekuensi *Cut-Off*

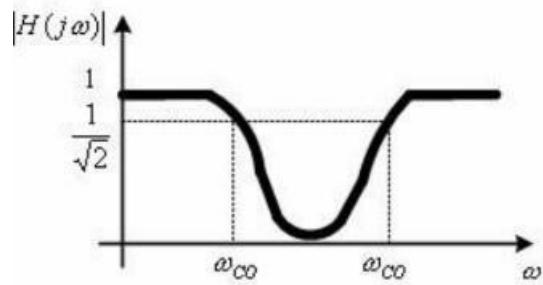
Frekuensi *cut-off* adalah frekuensi yang menyebabkan magnitude fungsi $|H(j\omega)|$ bernilai $\frac{1}{\sqrt{2}}$. Frekuensi *cut-off* digunakan sebagai titik acuan range frekuensi yang akan diredam maupun dilewatkan. Dengan acuan ini, kita dapat menentukan atau mengetahui jenis filter pada suatu rangkaian.

4.3.6 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)

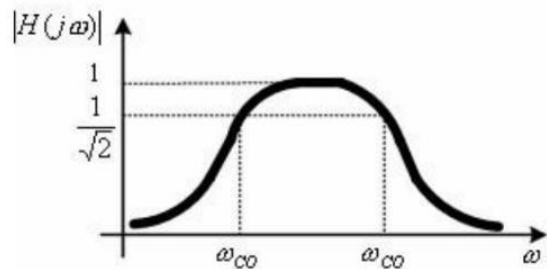
Band stop filter (BSF) adalah filter yang digunakan untuk meredam suatu *range* frekuensi tertentu dan melewatkannya di luar *range* tersebut. Lebar pita frekuensi dipengaruhi nilai frekuensi *cut-off* bawah dan nilai frekuensi *cut-off* atas.



Gambar 0.7: Band stop filter

B. Band Pass Filter (BPF)

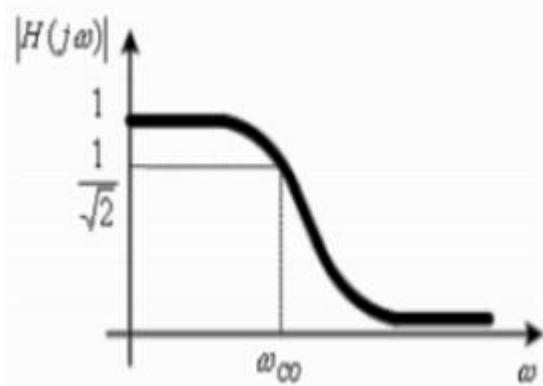
Band pass filter (BPF) adalah filter yang digunakan untuk melewatkkan suatu *range* frekuensi tertentu dan meredam frekuensi di luar *range* tersebut. Lebar pita frekuensi dipengaruhi nilai frekuensi *cut-off* bawah dan nilai frekuensi *cut-off* atas.



Gambar 0.8: Band pass filter

C. Low Pass Filter (LPF)

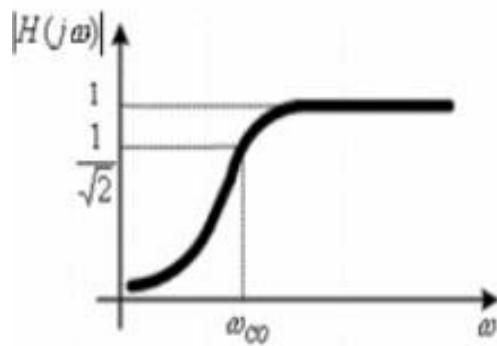
Low pass filter (LPF) digunakan untuk melewatkkan semua frekuensi rendah sampai dengan frekuensi *cut-off* nya dan meredam frekuensi lainnya. Berbeda dengan BPF dan BSF, filter ini hanya memiliki satu nilai frekuensi *cut-off*. LPF dapat terjadi pada dua jenis rangkaian, yakni rangkaian RL dengan output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



Gambar 0.9: Low pass filter

D. High Pass Filter (HPF)

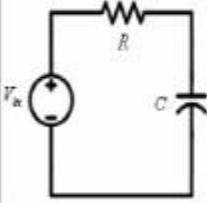
High pass filter (HPF) digunakan untuk meredam semua frekuensi rendah sampai dengan frekuensi cut-off nya dan melewatkannya. Sama halnya seperti LPF, filter ini hanya memiliki satu nilai frekuensi *cut-off*. HPF dapat terjadi pada dua jenis rangkaian, yakni rangkaian RL dengan output di L dan rangkaian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



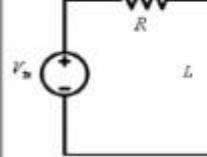
Gambar 0.10: High pass filter

4.3.7 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.

Bentuk Rangkaian	Kondisi	Komponen Output	Jenis sinyal	
			Input	Output
	Differensiator			
	Integrator			

Tabel 0.1: Rangkaian RC

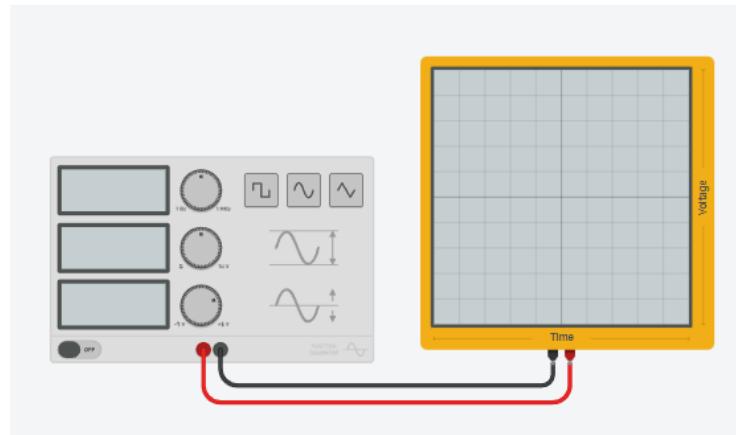
Bentuk Rangkaian	Kondisi	Komponen Output	Jenis sinyal	
			Input	Output
	Differensiator			
	Integrator			

Tabel 0.2: Rangkaian RL

4.4 Prosedur Praktikum

4.4.1 Pengukuran Tegangan Bolak-Balik

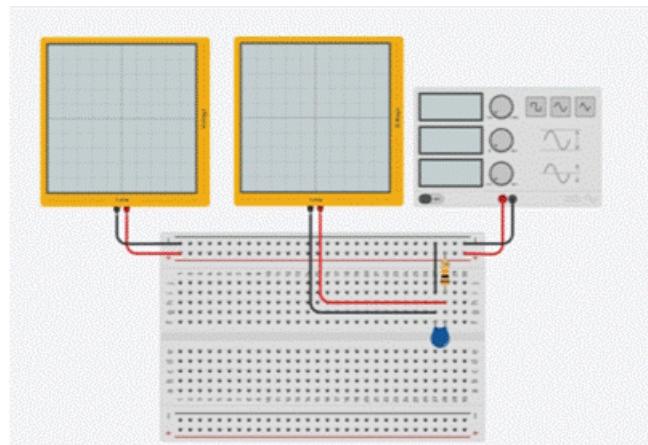
- Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.



2. Aturlah tegangan input (V_{in}) pada function generator menjadi 2 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 3 Vpp dengan frekuensi tetap pada nilai yang sama (50 Hz).
6. Ulangi langkah nomor 3 dan 4.

4.4.2 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.

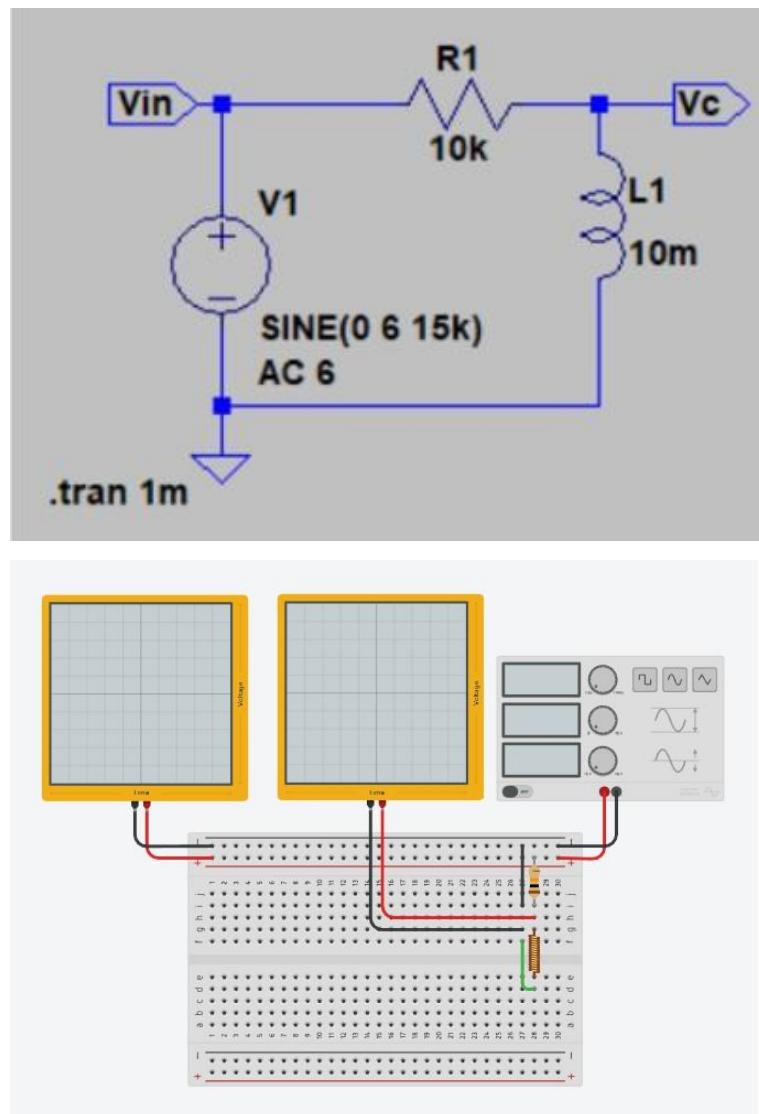


2. Atur frekuensi pada *function generator* menjadi 15 kHz dengan amplitudo V_{in} sebesar 6 Vpp.

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.

4.4.3 Pengukuran Output L Rangkaian RL (Diferensiator)

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



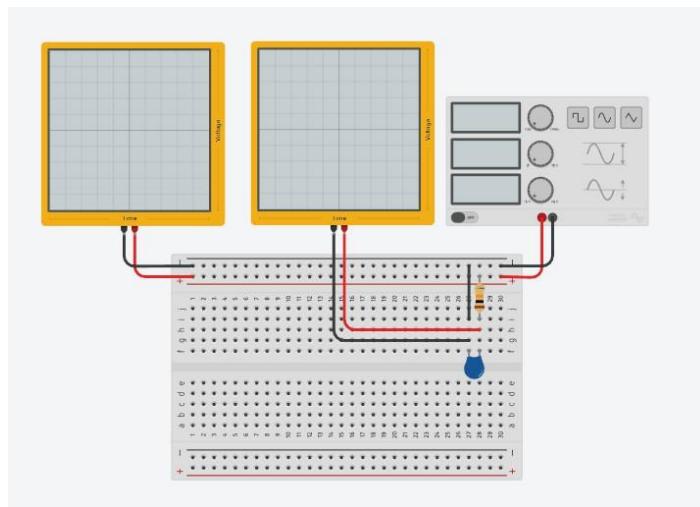
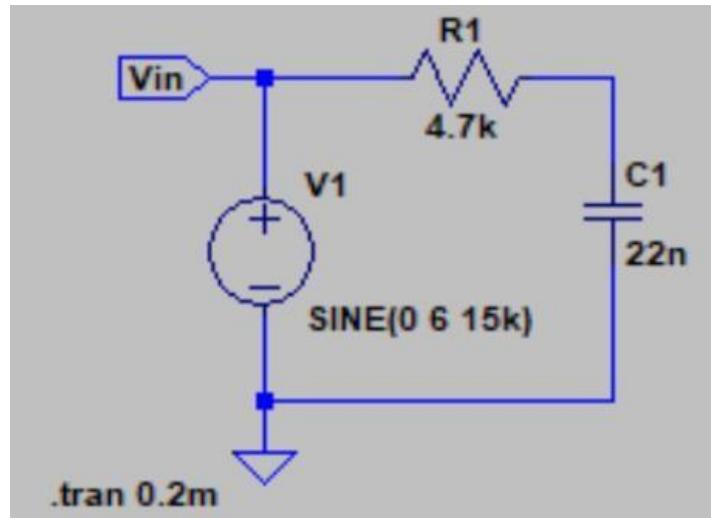
2. Atur amplitudo V_{in} pada *function generator* menjadi 6 Vpp .
3. Hitung nilai tegangan output teoritis menggunakan rumus:

$$V_{pp_{output}} = \frac{V_{pp_{input}}}{\sqrt{2}}$$

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 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. Atur bentuk gelombang *input* (*function generator*) menjadi gelombang sinusoidal, kemudian amati bentuk gelombang *output*.
9. Atur bentuk gelombang *input* (*function generator*) menjadi gelombang segitiga, kemudian amati bentuk gelombang *output*.
10. Ubah kembali bentuk gelombang *input* menjadi gelombang sinusoidal.
11. Perbesar nilai frekuensi *input* pada *function generator*, kemudian amati besar amplitudo pada gelombang *output*.
12. Berdasarkan pengamatan tersebut, tentukan jenis filter pada rangkaian.

4.4.4 Pengukuran Output C Rangkaian RC (Integrator)

1. Buatlah rangkaian RC dengan menggunakan resistor sebesar $4.7\text{ k}\Omega$ dan kapasitor sebesar 22 nF , 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:

$$Vpp_{output} = \frac{Vpp_{input}}{\sqrt{2}}$$

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. Atur bentuk gelombang *input* (*function generator*) menjadi gelombang segitiga, kemudian amati bentuk gelombang *output*.
9. Atur bentuk gelombang input (*function generator*) menjadi gelombang kotak, kemudian amati bentuk gelombang *output*.
10. Ubah kembali bentuk gelombang input menjadi gelombang sinusoidal.
11. Perbesar nilai frekuensi input pada *function generator*, kemudian amati besar amplitudo pada gelombang *output*.
12. Berdasarkan pengamatan tersebut, tentukan jenis filter pada rangkaian.

MODUL 5

Resonansi

5.1 Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan praktikum ini mahasiswa dapat:

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.

5.2 Alat dan Bahan

1. *Function generator*
2. Osiloskop
3. Resistor $1\text{k}\Omega$
4. Induktor 10mH
5. Kapasitor 22nF
6. *Project board*
7. *Jumper*

5.3 Dasar Teori

5.3.1 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 (f_r). Adapun ciri resonansi adalah sebagai berikut.

- Rangkaian bersifat resistif.
- Fase arus sama dengan fase tegangan.
- 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.

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

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

f_1 = frekuensi *cut-off* bawah

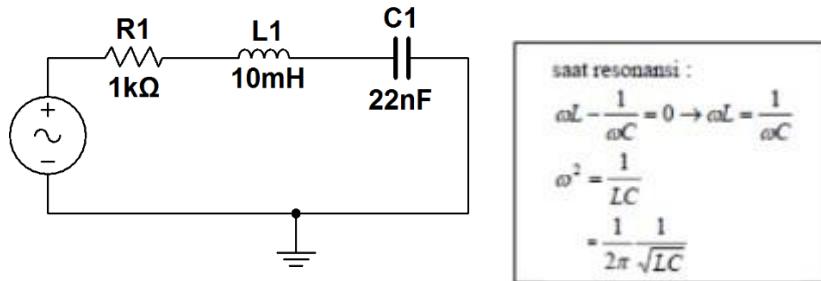
f_2 = frekuensi *cut-off* atas

f_r = 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.

A. Rangkaian Resonansi Seri



Gambar 0.1: Rangkaian resonansi seri

Faktor kualitas pada rangkaian resonansi seri dapat dituliskan sebagai berikut.

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

Dimana:

- X_L (reaktansi induktif) = ωL
- X_C (reaktansi kapasitif) = $\frac{1}{\omega C}$
- $\omega = 2f$
- 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:

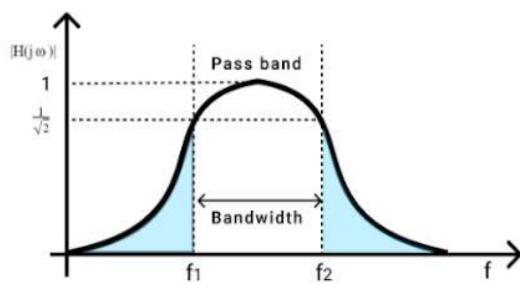
- X_L (reaktansi induktif) = $j\omega L$
- X_C (reaktansi kapasitif) = $\frac{1}{j\omega C}$
- $\omega = 2f$

Rumus impedansi total apabila terdapat bilangan imajiner adalah sebagai berikut

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

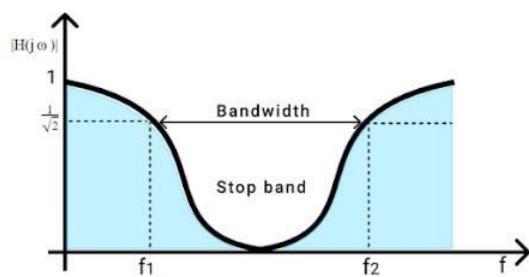
Selain itu, ada beberapa hal pula yang harus diperhatikan pada rangkaian resonansi seri.

1. Impedansi (Z) bernilai minimum sehingga arus (I) maksimum.
2. 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 diredam.



Gambar 0.2: BPF

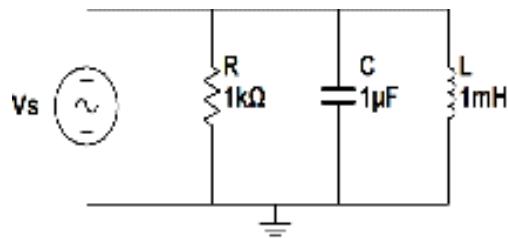
3. Jika output berada di titik L dan C (titik B-C), maka rangkaian akan berfungsi sebagai *band stop filter* (BSF), dimana kawasan frekuensi tertentu akan diredam frekuensi di luar kawasan tersebut akan dilewatkan.



Gambar 0.3: BSF

B. 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 0.4: Rangkaian resonansi paralel

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

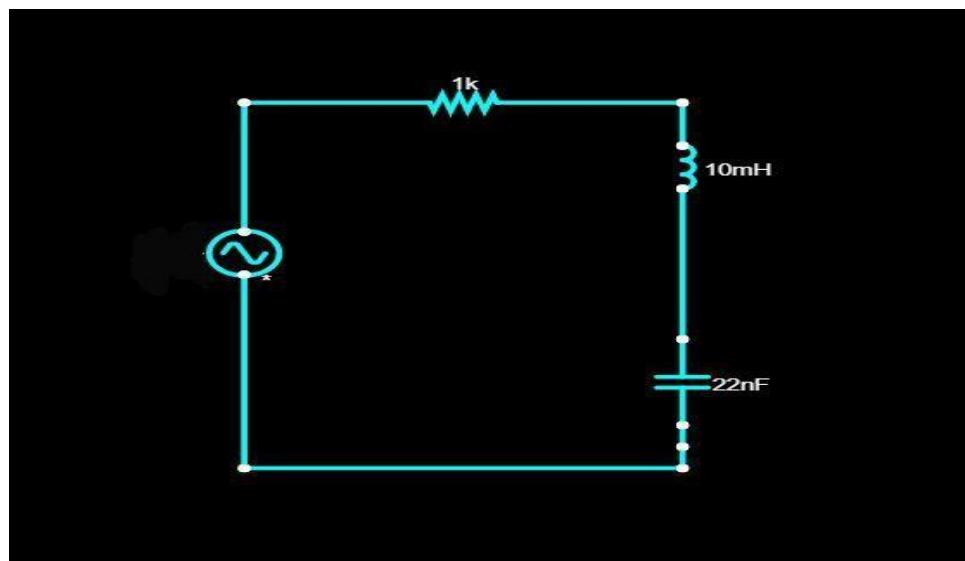
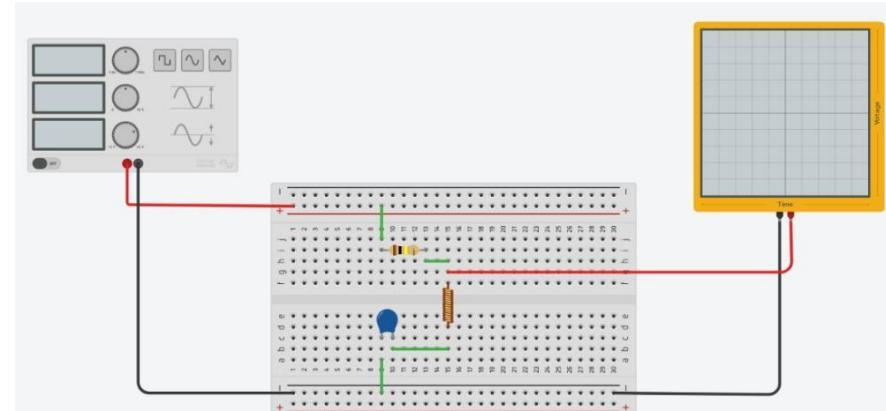
C. Rangkaian Resonansi Seri-Paralel

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

5.4 Prosedur Praktikum

5.4.1 Rangkaian Seri RLC

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.

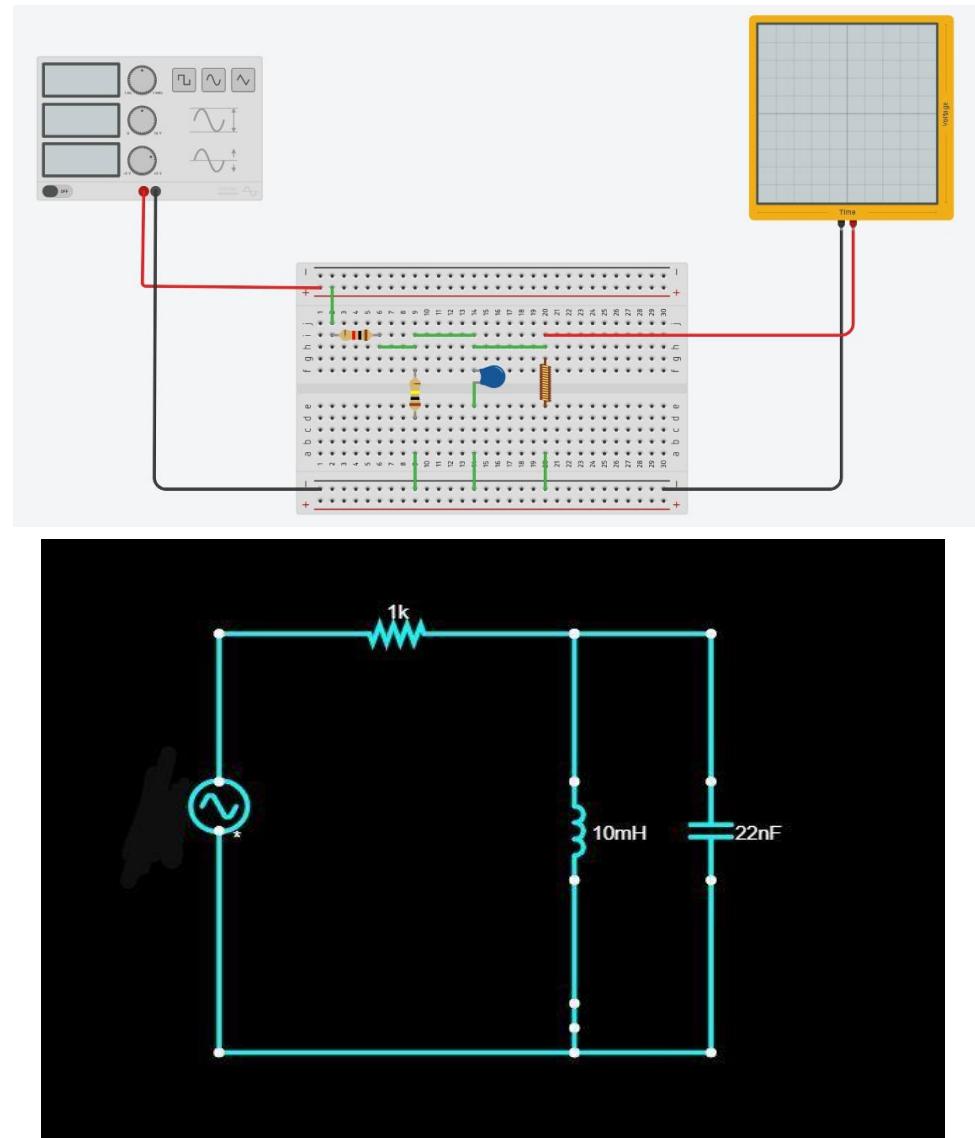


2. Hubungkan probe osiloskop pada kaki induktor 10mH dan *ground* untuk mengukur sinyal.
 3. Hubungkan *output function generator* pada jalur horizontal seperti pada gambar *breadboard* diatas.
 4. Atur function generator untuk mengeluarkan sinyal sinusoidal dengan amplitudo 1V .
 5. Atur frekuensi *function generator* dari 100Hz hingga 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.

5.4.2 Rangkaian Paralel RLC

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.

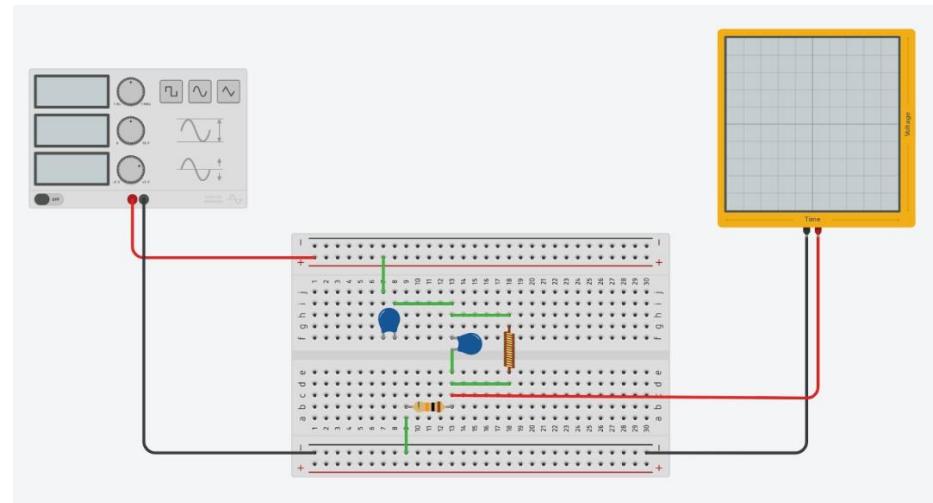


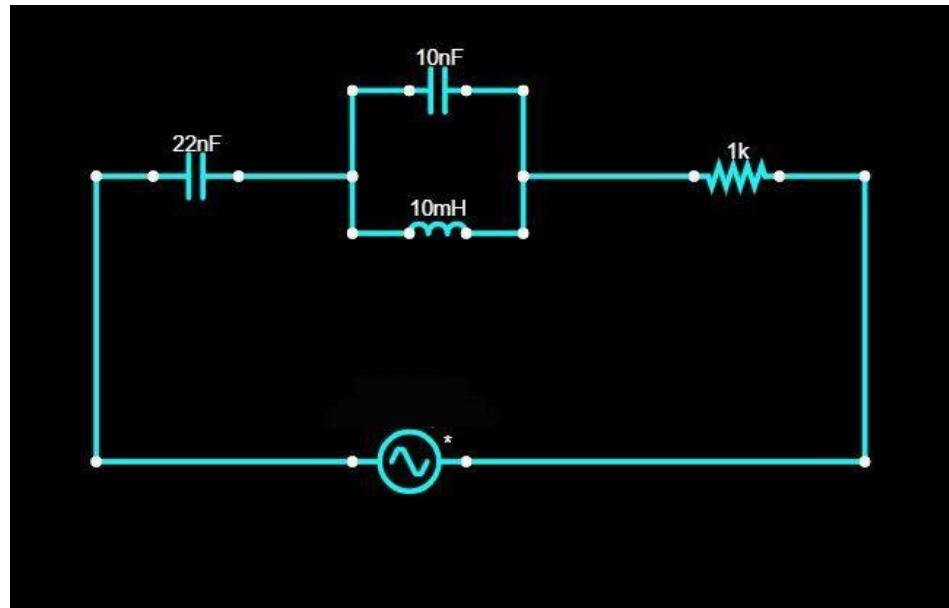
2. Hubungkan probe osiloskop pada kaki induktor 10mH dan *ground* untuk mengukur sinyal.

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.

5.4.3 Rangkaian Seri Paralel

1. Buatlah rangkaian dengan skema dan contoh sebagai berikut.





2. Hubungkan probe osiloskop pada kaki resistor 10K 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 oscilloscope dan plot besar tegangannya pada grafik di jurnal.

MODUL 6

Teorema Kutub Empat

6.1 Tujuan

Melalui praktikum modul ini, mahasiswa diharapkan dapat:

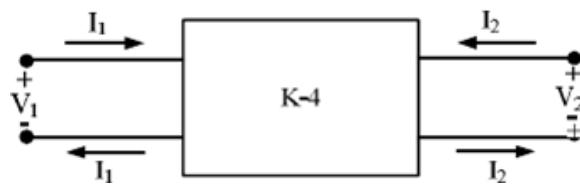
1. Memahami definisi teorema kutub empat.
2. Menghitung parameter kutub empat.
3. Mengukur parameter-parameter dari suatu kutub empat yang tidak diketahui isi rangkaianya.
4. Menentukan sifat-sifat kutub empat berdasarkan parameternya.

6.2 Alat dan Bahan

1. *Power Supply*
2. Multimeter 100Ω , 220Ω , $4k7\Omega$
3. *Breadboard*
4. Resistor
5. Kabel *Jumper*
6. Kabel *Probe*

6.3 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 0.1: 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 Y (Admitansi)
3. Parameter h&g (Hybrid)
4. Parameter ABCD (Transmisi)

6.3.1 Parameter Z (Impedansi)

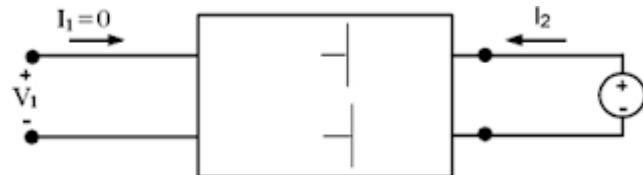
Parameter Z dikenal juga sebagai impedansi atau hambatan. Parameter Z biasanya digunakan dalam sintesa filter, penganalisis jaringan *impedance matching* dan distribusi sistem tenaga. Rangkaian kutub empat ada dengan sumber-sumber tegangan maupun sumber arus. Berikut adalah gambar-gambar blok sederhana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

Rangkaian kutub empat dengan sumber arus.



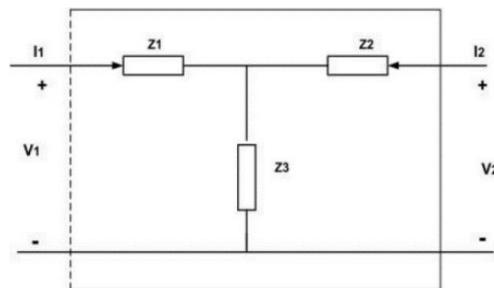
Gambar 0.2: Kutub empat sumber arus.

Rangkaian kutub empat dengan sumber tegangan.



Gambar 0.3: Kutub empat sumber tegangan

Contoh rangkaian kutub empat parameter Z.



Gambar 0.4: Rangkaian parameter Z

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

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

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

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 (V_1) dan sisi sekunder (V_2). Adapun analisisnya sebagai berikut:

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

$$Z_{11} = \frac{V_1}{I_1} \Big| I_2=0$$

$$Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \Big| I_2=0$$

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

$$Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \Big| I_1=0$$

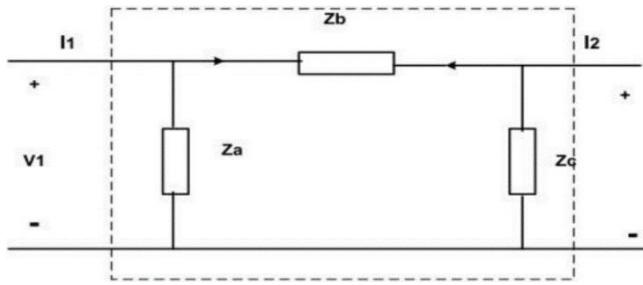
$$Z_{22} = \frac{V_2}{I_2} \Big| I_1=0$$

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.

6.3.2 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 0.5: 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.

6.3.3 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.

Rumus Parameter h

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

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

Dimana:

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

Rumus Parameter g

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

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

Dimana:

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

6.3.4 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.

$$V_1 = AV_2 \cdot BV_2$$

$$I_1 = CV_2 \cdot DV_2$$

Dimana:

$$A = \frac{V_1}{V_2} \Big| I_{2=0}$$

$$B = \frac{V_1}{-I_2} \Big| V_{2=0}$$

$$C = \frac{I_1}{V_2} \Big| I_{2=0}$$

$$D = \frac{I_1}{-V_2} \Big| V_{2=0}$$

Keterangan:

- A: Perbandingan tegangan ketika sisi sekunder *open circuit*.
- B: transfer impedansi ketika sisi sekunder *short circuit*.
- C: transfer admintasi ketika sisi sekunder *open circuit*.
- D: perbandingan arus ketika sisi sekunder *short circuit*.

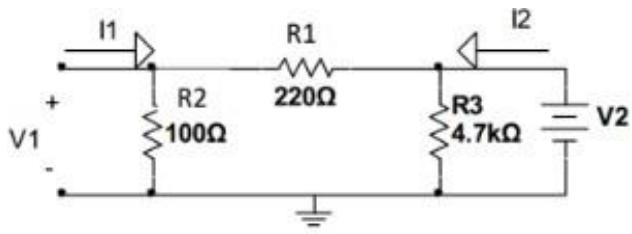
Parameter ini penting untuk teknik transmisi sebab disisi primer (pengirim) terdiri dari variabel V_1 dan I_1 . Sedangkan penerima terdiri dari variabel V_2 dan I_2 .

6.4 Prosedur Praktikum

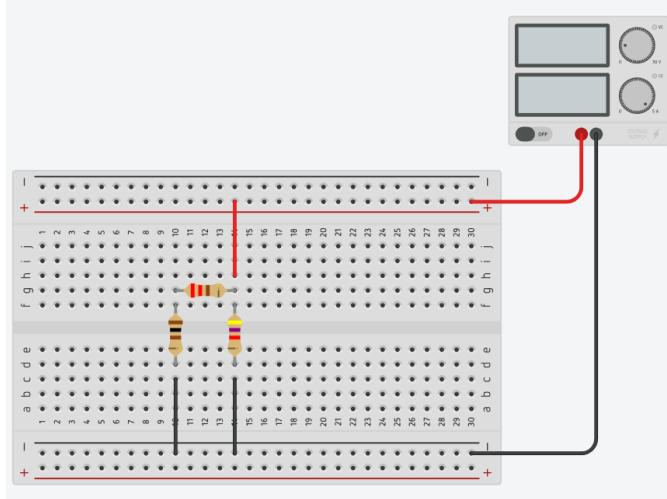
6.4.1 Pengukuran Parameter Z

A. Kondisi 1 (V1 Open Circuit)

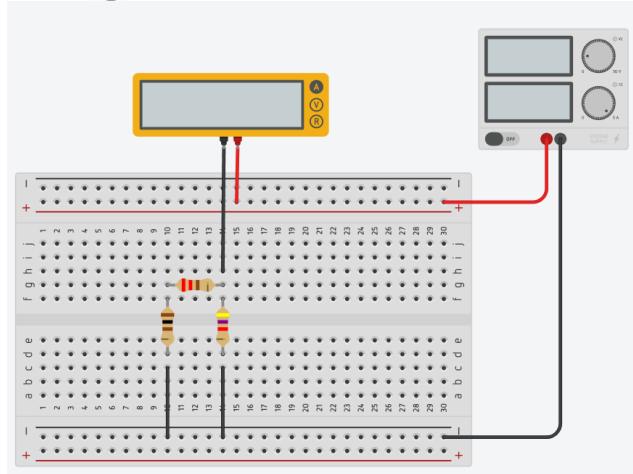
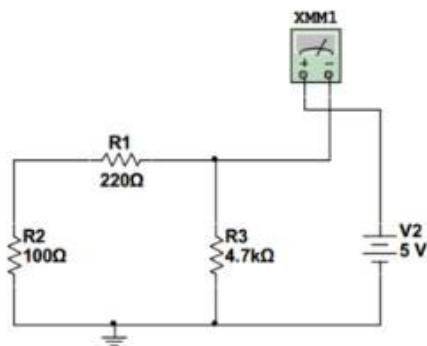
1. Buatlah rangkaian dengan V_1 *open circuit* pada *breadboard* dengan contoh dan skema berikut



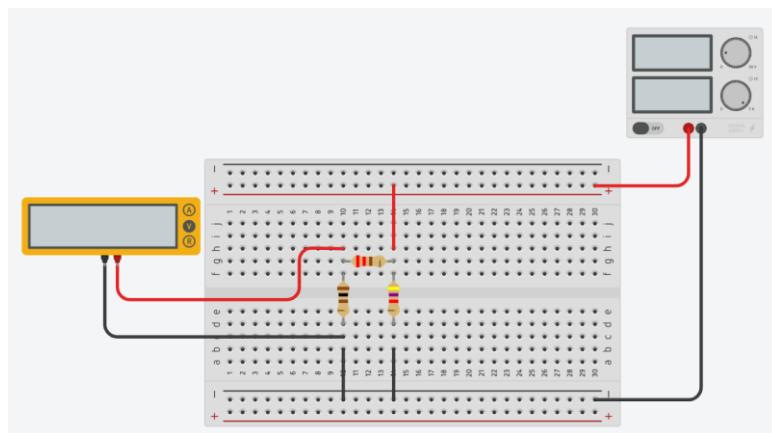
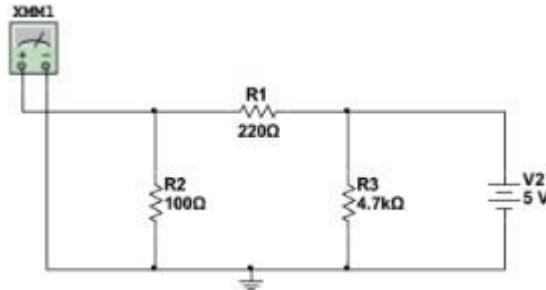
$$I_1 = 0$$



2. Aturlah tegangan *power supply* V2 dengan besar 5V.
3. Ukurlah besar I_2 dengan menghubungkan amperemeter dengan jalur 5V breadboard dan *node* $4k7\Omega$ dan 220Ω . Contoh skema dan rangkaianya adalah sebagai berikut.



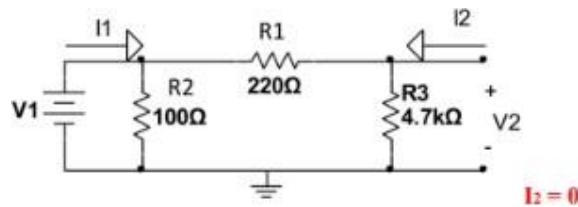
4. Ukurlah besar V_1 dengan mengukur tegangan pada resistor $1k\Omega$ lalu hubungkan jalur 5V breadboard dengan node $4k7\Omega$ dan 220Ω menggunakan jumper. Contoh rangkaian serta skemanya adalah sebagai berikut.



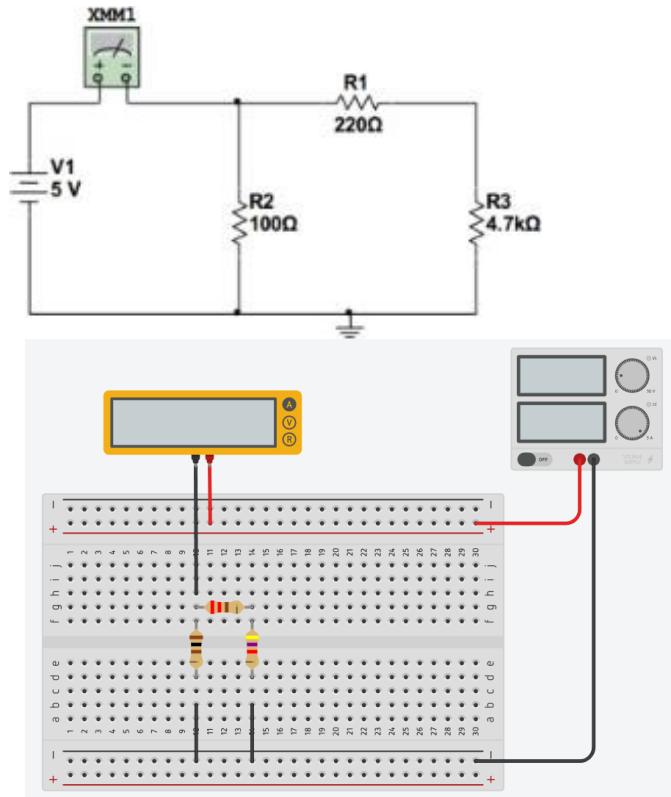
5. Catat hasil pengukuran I_2 dan V_1 pada jurnal dan masukan nilai $V_2 = 5V$ dan $I_1 = 0$.

B. Kondisi 2 (V2 Open Circuit)

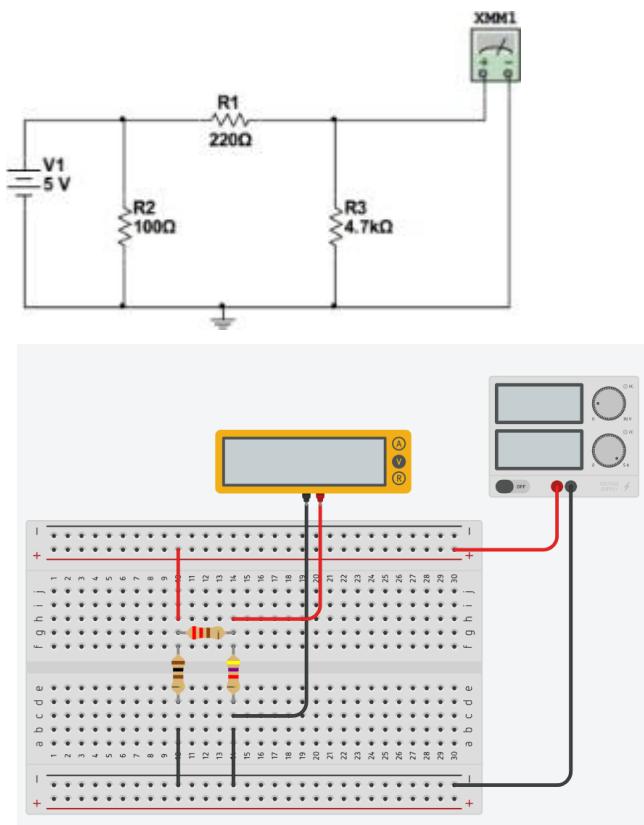
1. Dengan skema rangkaian yang sama dengan kondisi 1, pindahkan tegangan 5V ke port V_1 , biarkan V_2 menjadi open circuit.



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



- Ukurlah besar V_2 dengan mengukur tegangan pada resistor 4.7Ω dan hubungkan jalur $5V$ breadboard dengan node 100Ω dan 220Ω dengan jumper.

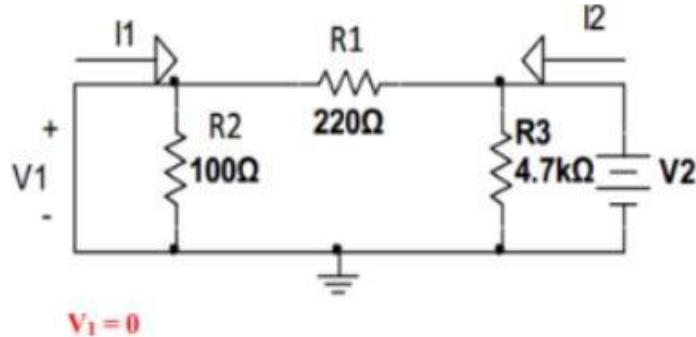


4. Catat hasil pengukuran I_1 dan V_2 pada jurnal dan masukan nilai $V_1 = 5V$ dan $I_2 = 0$.

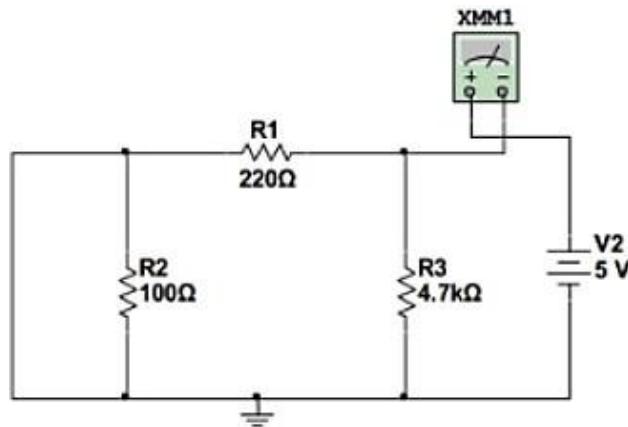
6.4.2 Pengukuran Parameter Y

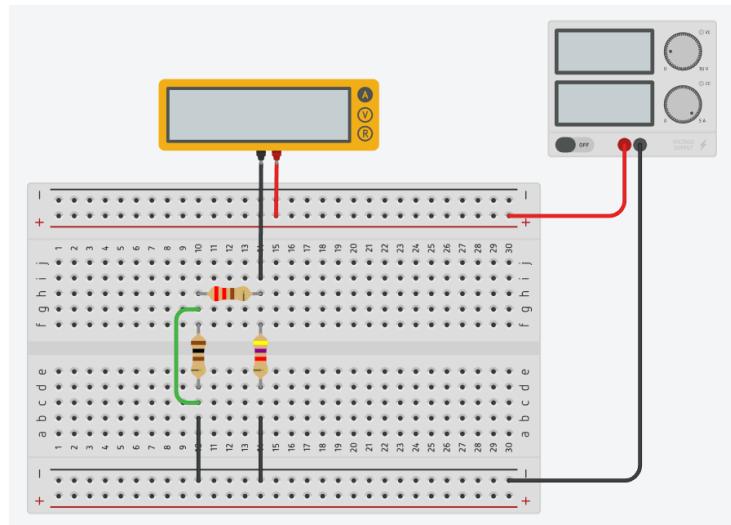
A. Kondisi 1 (V1 Short Circuit)

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

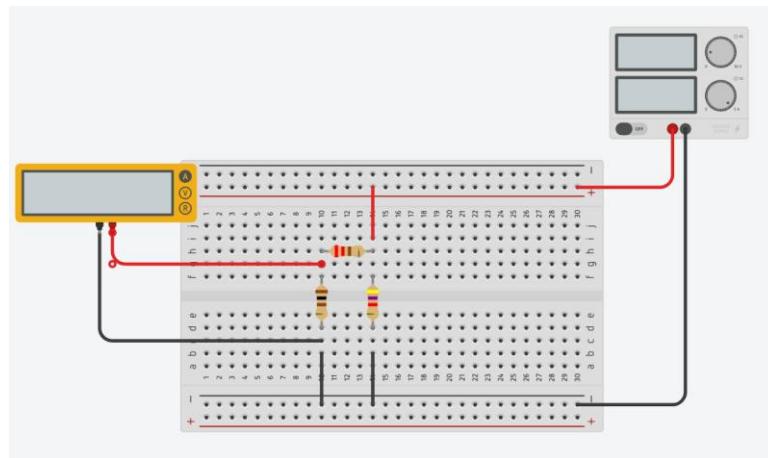


2. Ukurlah besar I_2 dengan menghubungkan amperemeter dengan jalur $5V$ breadboard dengan node $4k7\Omega$ dan 220Ω . Hubung singkatkan resistor 100Ω dengan jumper.





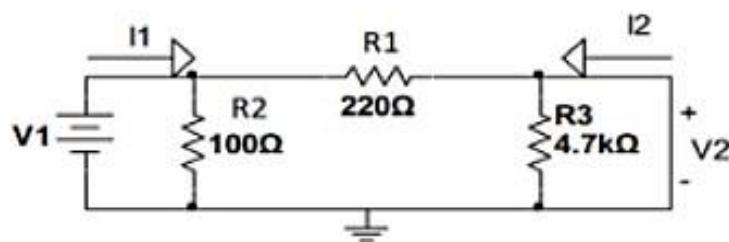
- Ukurlah besar I_1 dengan menghubungkan amperemeter dengan node 220Ω dan 100Ω dan ground. Hubungkan node $4k7\Omega$ dan 220Ω dengan jalur $5V$ breadboard dengan jumper.



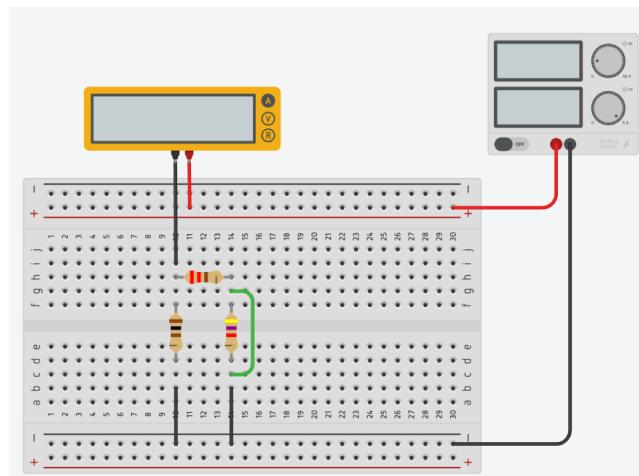
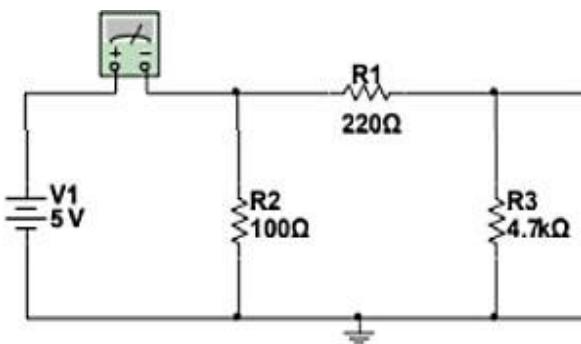
- Catat hasil pengukuran I_1 dan I_2 pada jurnal dan masukan nilai $V_1 = 0V$ dan $V_2 = 5V$

B. Kondisi 2 (V2 Short Circuit)

- Dengan rangkaian yang sama, pindahkan power supply ke port V_2 , kemudian hubung-singkatkan port V_1 .



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



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

