

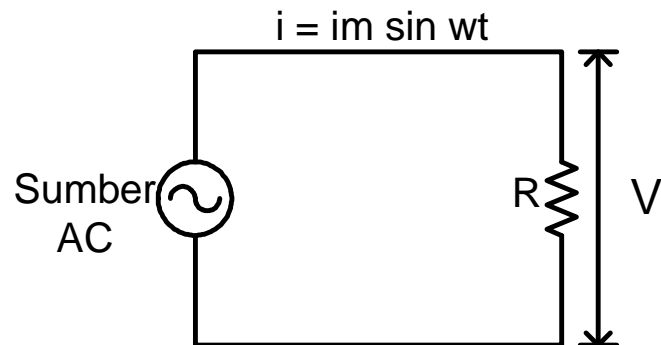
KODE MODUL

TS.002



SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Dasar Rangkaian Listrik



BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2003

KATA PENGANTAR

Modul **Dasar Rangkaian Listrik** digunakan sebagai panduan kegiatan belajar untuk membentuk salah satu kompetensi, yaitu : mengoperasikan peralatan telekomunikasi konsumen. Modul ini digunakan oleh peserta diklat pada Program Keahlian Teknik Transmisi, Teknik Suitsing, dan Teknik Jaringan Akses Pelanggan.

Modul ini menekankan pada penguasaan ilmu kelistrikan mencakup tentang dasar rangkaian listrik arus searah dan arus bolak-balik, hukum-hukum kelistrikan, Sifat dan macam bahan penghantar dan isolator, serta komponen dasar listrik. Kegiatan Belajar 1 berisi pengetahuan rangkaian listrik arus searah. Kegiatan belajar 2 berisi pengetahuan tentang dasar rangkaian arus bolak-balik. Kegiatan Belajar 3 mengenai pengetahuan sifat dan macam bahan penghantar dan isolator.

Yogyakarta, Desember 2003

Penyusun.

Tim Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

DAFTAR ISI

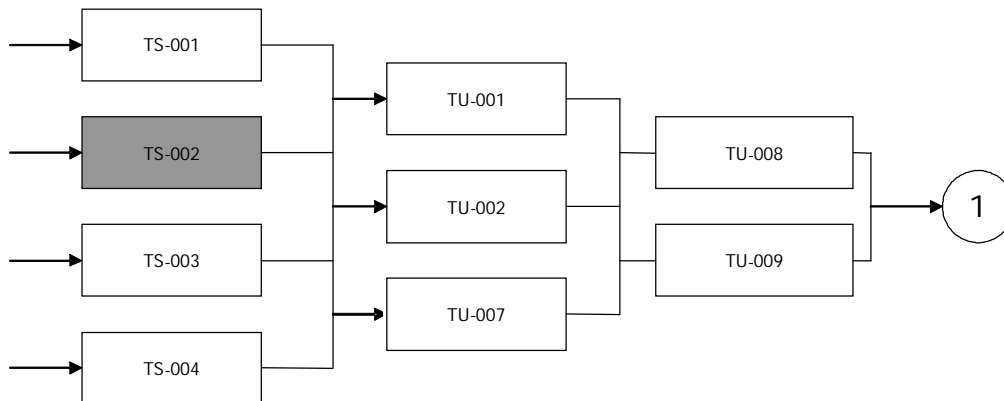
| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN DEPAN | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iii |
| PETA KEDUDUKAN MODUL | v |
| PERISTILAHAN/ GLOSSARY | vii |
| | |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. DESKRIPSI JUDUL | 1 |
| B. PRASARAT | 1 |
| C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL | 1 |
| 1. Petunjuk bagi Peserta Diklat | 1 |
| 2. Peran Guru | 3 |
| D. TUJUAN AKHIR | 3 |
| E. KOMPETENSI | 3 |
| F. CEK KEMAMPUAN | 4 |
| | |
| II. PEMBELAJARAN | 5 |
| A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT | 5 |
| B. KEGIATAN BELAJAR | 5 |
| 1. Kegiatan Belajar 1 Rangkaian Arus Searah..... | 5 |
| a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran | 5 |
| b. Uraian Materi 1 | 6 |
| c. Rangkuman 1 | 17 |
| d. Tugas 1 | 17 |
| e. Tes Formatif 1 | 18 |
| f. Kunci Jawaban Formatif 1 | 18 |

| | |
|---|-----------|
| g. Lembar Kerja 1 | 18 |
| 2. Kegiatan Belajar 2 : Rangkaian Arus Bolak-balik..... | 21 |
| a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran | 21 |
| b. Uraian Materi 2 | 21 |
| c. Rangkuman 2 | 33 |
| d. Tugas 2 | 33 |
| e. Tes Formatif 2 | 33 |
| f. Kunci Jawaban Formatif 2 | 33 |
| g. Lembar Kerja 2 | 34 |
| 3. Kegiatan Belajar 3 : Bahan Penghantar dan Isolator | 36 |
| a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran | 36 |
| b. Uraian Materi 3 | 36 |
| c. Rangkuman 3 | 42 |
| d. Tugas 3 | 43 |
| e. Tes Formatif 3 | 43 |
| f. Kunci Jawaban Formatif 3 | 43 |
| g. Lembar Kerja 3 | 44 |
| III. EVALUASI | 47 |
| A. PERTANYAAN | 47 |
| B. KUNCI JAWABAN | 48 |
| C. KRITERIA PENILAIAN | 49 |
| IV. PENUTUP | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |

- H. : Memelihara peralatan pendukung transmisi
- I. : Mengoperasikan peralatan transmisi seluler
- J. : Memelihara peralatan transmisi seluler
- K. : Mengoperasikan peralatan transmisi satelit
- L. : Memelihara peralatan transmisi satelit

B. Kedudukan Modul

Modul dengan kode TS-002 ini merupakan prasyarat untuk menempuh modul TU-001, TU-002, dan TU-007.



Keterangan :

| | |
|--------|--------------------------------------|
| TS-001 | Dasar Elektronika Analog dan Digital |
| TS-002 | Dasar Rangkaian Listrik |
| TS-003 | Alat Ukur dan Teknik Pengukuran |
| TS-004 | Pengantar Teknik Telekomunikasi |
| TU-001 | Peraturan Instalasi Listrik |
| TU-002 | Teknik Gambar Listrik |
| TU-007 | Teknik Jaringan Listrik |
| TU-008 | Teknik Instalasi CPE (HP, Parabola) |
| TU-009 | Teknik Instalasi Kabel Rumah/Gedung. |

PERISTILAHAN/ GLOSSARY

Permitivitas : Konstanta dielektrik suatu bahan isolator, yang sangat berpengaruh dalam interaksi dua buah muatan titik. Nilai permitivitas ruang vakum (ruang hampa) : $8,9 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$.

Reversible : Proses perubahan yang dapat dibalik. proses reversible. proses reversible dapat digambarkan pada proses sebagai berikut :

Energi listrik

Energi kimia

Energi listrik

Energi mekanik

Elektrokimia : Proses perubahan energi kimia yang menghasilkan energi listrik dengan proses oksidasi-reduksi yang berakibat pada pergerakan elektron.

Daya elektro-motoris termo :

Daya elektro-motoris yang dibangkitkan oleh perbedaan temperatur disebut dengan daya elektro-motoris termo. Ini sering terjadi pada bahan penghantar yang dialiri arus menghasilkan panas.

BAB I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI JUDUL

Dasar Rangkaian Listrik merupakan modul bahan ajar praktikum berisi pengetahuan, pengenalan, penggunaan tentang dasar listrik arus searah dan arus bolak-balik, sifat dan macam bahan penghantar dan isolator.

Modul ini menekankan pada penguasaan ilmu kelistrikan mencakup tentang dasar rangkaian listrik arus searah dan arus bolak-balik, hukum-hukum kelistrikan, Sifat dan macam bahan penghantar dan isolator. Modul ini terdiri dari 3 kegiatan belajar, meliputi : Kegiatan Belajar 1 berisi pengetahuan rangkaian listrik arus searah. Kegiatan belajar 2 berisi pengetahuan tentang dasar rangkaian arus bolak-balik. Kegiatan Belajar 3 mengenai pengetahuan sifat dan macam bahan penghantar dan isolator.

B. PRASYARAT

Modul **Dasar Rangkaian Listrik** tidak memerlukan prasyarat karena modul ini merupakan modul paling dasar pada bidang keahlian teknik telekomunikasi. Dasar rangkaian listrik merupakan modul dasar yang mendasari modul Peraturan Instalasi Listrik, Teknik Gambar Listrik dan Teknik Jaringan Listrik.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Petunjuk bagi Peserta Pendidikan dan Latihan (Diklat)

Peserta diklat diharapkan dapat berperan aktif dan berinteraksi dengan sumber belajar yang dapat digunakan, karena itu harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Langkah-langkah belajar yang ditempuh
 - 1) Persiapkan alat dan bahan!

- 2) Bacalah dengan seksama uraian materi pada setiap kegiatan belajar!
- 3) Cermatilah langkah-langkah kerja pada setiap kegiatan belajar sebelum mengerjakan, bila belum jelas tanyakan pada instruktur!
- 4) Jangan menghubungkan alat ke sumber tegangan secara langsung sebelum disetujui oleh instruktur!
- 5) Jika sudah selesai kegiatan belajar, kembalikan semua peralatan praktik yang digunakan!

b. Perlengkapan yang Harus Dipersiapkan

Guna menunjang keselamatan dan kelancaran tugas / pekerjaan yang harus dilakukan, maka persiapkanlah seluruh perlengkapan yang diperlukan. Beberapa perlengkapan yang harus dipersiapkan adalah:

- 1) Lampu TL
- 2) Kawat Aluminium
- 3) Kawat tembaga
- 4) Baterai
- 5) Lampu indikator
- 6) Soket
- 7) Sakelar
- 8) Fuse / sekering
- 9) Kompas
- 10) Kabel penghantar
- 11) Induktor
- 12) Kapasitor
- 13) Resistor
- 14) Multimeter
- 15) Amperemeter
- 16) Voltmeter

c. Hasil Pelatihan

Peserta diklat mampu :

- 1) Mengidentifikasi rangkaian listrik arus searah.
- 2) Mengidentifikasi rangkaian listrik arus bolak-balik.
- 3) Mengidentifikasi jenis, sifat dan macam penghantar dan isolator.

2. Peran Guru

Guru yang akan mengajarkan modul ini hendaknya mempersiapkan diri sebaik-baiknya yaitu mencakup aspek strategi pembelajaran, penguasaan materi, pemilihan metode, alat bantu media pembelajaran dan perangkat evaluasi.

Guru harus menyiapkan rancangan strategi pembelajaran yang mampu mewujudkan peserta diklat terlibat aktif dalam proses pencapaian/penguasaan kompetensi yang telah diprogramkan. Penyusunan rancangan strategi pembelajaran mengacu pada kriteria unjuk kerja (KUK) pada setiap subkompetensi yang ada dalam Garis-garis Besar Program Pengajaran (GBPP).

B. TUJUAN AKHIR

Peserta diklat memiliki penguasaan rangkaian listrik arus searah, arus bolak-balik, dan menguasai penghantar dan isolator.

C. KOMPETENSI

| Sub Kompetensi | Kriteria Unjuk Kerja | Lingkup Belajar | Materi Pokok Pembelajaran | | |
|---------------------------------------|---|---|--|--|--|
| | | | Sikap | Pengetahuan | Ketrampilan |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Menguasai dasar rangkaian kelistrikan | Menguasai konsep Kelistrikan mencakup: <ul style="list-style-type: none"> · Hukum-hukum kelistrikan · Sifat dan Macam Bahan Penghantar dan Isolator · Komponen Listrik Dasar | <ul style="list-style-type: none"> · Penguasaan Rangkaian listrik peralatan telekomunikasi pelanggan | <ul style="list-style-type: none"> · Tekun dan kritis dalam mengkaji rangkaian listrik paada peralatan telekomunikasi pelanggan | <ul style="list-style-type: none"> · Hukum Kelistrikan Rangkaian AC/DC · Sifat dan Macam Bahan Penghantar dan Isolator · Komponen Listrik Dasar (Kabel listrik, Baterai, Fuse, Sakelar, Soket, Lampu indikator) | Mampu menguasai : <ul style="list-style-type: none"> · Rangkaian listrik DC · Rangkaian listrik AC |

F. CEK KEMAMPUAN

Untuk mengetahui kemampuan awal yang telah dimiliki, maka isilah cek list (√) seperti pada tabel di bawah ini dengan sikap jujur dan dapat dipertanggungjawabkan.

| Sub Kompetensi | Pernyataan | Jawaban | | Bila Jawaban "Ya" Kerjakan |
|---------------------------------------|---|---------|-------|----------------------------|
| | | Ya | Tidak | |
| Menguasai Dasar Rangkaian kelistrikan | 1. Memahami rangkaian arus searah (DC) | | | Tes Formatif 1 |
| | 2. Memahami rangkaian arus bolak-balik (AC) | | | Tes Formatif 2 |
| | 3. Memahami sifat dan macam penghantar dan isolator | | | Tes Formatif 3 |

Apabila anda menjawab **TIDAK** pada salah satu pernyataan di atas, maka pelajilah modul ini.

BAB II

PEMBELAJARAN

A. RENCANA PEMBELAJARAN SISWA

Kompetensi : Mengoperasikan Peralatan Telekomunikasi Konsumen
(CPE-Customer Premises Equipment)

Sub Kompetensi : Menguasai dasar rangkaian kelistrikan

| Jenis Kegiatan | Tanggal | Waktu | Tempat Belajar | Alasan Perubahan | Paraf Guru |
|---|---------|-------|----------------|------------------|------------|
| Rangkaian arus searah | | | | | |
| Rangkaian arus bolak-balik | | | | | |
| Sifat dan macam penghantar dan isolator | | | | | |

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1: Rangkaian Arus Searah

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari tentang dasar rangkaian arus searah siswa mampu mendeteksi rangkaian arus searah dalam kehidupan sehari-hari dan mengaplikasikannya dalam beberapa contoh nyata.

b. Uraian Materi 1

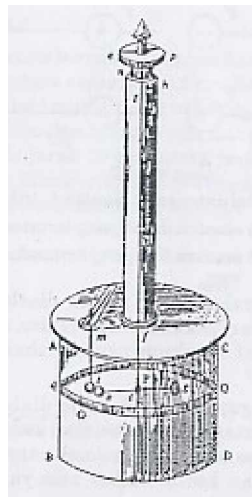
Listrik berasal dari kata *elektron* yang berarti *batu ambar*. Jika sebuah batu ambar digosok dengan kain sutra, maka batu akan dapat menarik benda-benda ringan seperti sobekan kertas. Dari hal tersebut maka dikatakan batu ambar tersebut *bermuatan listrik*.

Muatan merupakan ciri dasar dari semua penyusun zat. Zat tersusun dari *proton*, *netron* dan *elektron*. Elektron memiliki muatan negatif dan proton memiliki muatan positif. Besarnya muatan listrik (*dilambangkan dengan Q*) yang dimiliki sebuah benda, secara sederhana menunjukkan berapa kurang atau lebihnya jumlah muatan negatif dibanding dengan jumlah muatan positifnya.

1) Gejala Listrik

a) Hukum Coulomb

Pengertian muatan listrik menunjukkan bahwa muatan tidak menyebar pada daerah tertentu melainkan berkumpul dalam satu titik. Pada tahun 1785 *Charles Coulomb* mengadakan penelitian pertama tentang gaya yang ditimbulkan oleh dua benda yang bermuatan dengan alat yang bernama *neraca puntir coulomb*.



Gambar 1. Neraca puntir coulomb

Dari hasil percobaan tersebut, Coulomb berkesimpulan :

Besarnya gaya interaksi antara dua buah benda titik yang bermuatan listrik adalah berbanding lurus dengan perkalian antara masing-masing muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan titik tersebut.

Besar gaya interaksi dalam persamaan matematis dinyatakan sebagai berikut :

i) Untuk muatan listrik yang berada diruang vakum (hampa udara)

$$F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.)$$

ii) Untuk muatan yang berada dimedium dielektrik.

$$F = \frac{k}{k_e} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.)$$

Keterangan :

- F : besar gaya interaksi yang dialami oleh masing-masing muatan satuannya Newton (N).
- q_1, q_2 : besar masing-masing muatan, satuannya Coulomb (C)
- k_e : konstanta dielektrik dari medium (permitivitas relatif).
- k : konstanta pembanding, dengan $k = 4\pi \epsilon_0^{-1}$.
- harga konstanta diambil : $9 \cdot 10^9 \text{ Nm/coulomb}^2$
- ϵ_0 : permitivitas ruang vakum (ruang hampa) : $8,9 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$
- r : jarak antara kedua muatan listrik, satuannya meter (m)

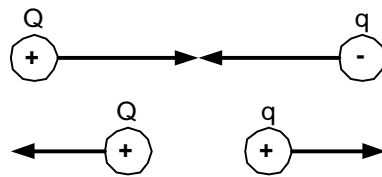
Hubungan k dengan k_e adalah :

$$k_e = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (3.)$$

ϵ = permitivitas dalam medium dielektrik.

Catatan :

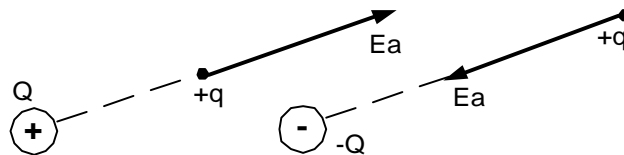
- a.>Gaya interaksi adalah tarik menarik jika kedua muatan tersebut berlainan tanda, dan akan saling tolak menolak jika kedua muatan tersebut bertanda sama.



Gambar 2. Gaya interaksi antar muatan

- b.>Gaya interaksi/ gaya coulomb merupakan besaran vektor jadi berlaku hukum penjumlahan secara vektor.
- c.>Besarnya gaya coulomb yang dialami oleh dua muatan pertama akibat muatan kedua, sama dengan besarnya gaya coulomb yang dialami oleh muatan kedua akibat muatan pertama.
- d.>Permittivitas dalam udara dapat dianggap sebagai permittivitas ruang hampa (vakum).

Dalam sebuah ruangan yang terdapat muatan $+Q$, berdasarkan hukum Coulomb bila kita meletakkan muatan uji $+q$ pada ruangan tersebut akan mendapatkan gaya coulomb (tolak menolak). Perhatikan gambar dibawah ini :



Gambar 3. Kuat medan listrik

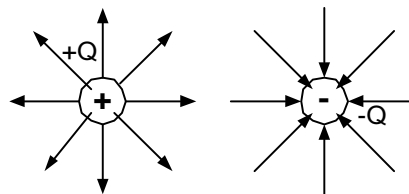
Medan listrik selalu dicirikan dengan adanya gaya coulomb pada muatan-muatan listrik dalam suatu ruangan. Dari gambar diatas dapat

disimpulkan bahwa adanya gaya coulomb pada muatan $+Q$ dan $+q$, dalam ruang tersebut terdapat medan listrik. Untuk muatan $-Q$ dan diletakkan muatan uji $+q$ maka akan terjadi gaya coulomb yang saling tarik-menarik antara kedua muatan tersebut.

b) Hukum Faraday

Arah medan listrik di beberapa titik dapat dilukiskan secara grafis dengan menggunakan garis-garis gaya (kayalan). Konsep dasar ini dikemukakan oleh Michael Faraday yang berbunyi :

Sebuah garis gaya dalam suatu medan listrik adalah sebuah garis gaya yang dilukiskan apabila garis singgung pada setiap titiknya menunjukkan arah medan listrik pada titik tersebut.



Gambar 4. Arah garis gaya

Garis gaya menuju keluar dari muatan positif dan masuk menuju ke muatan negatif. Untuk menunjukkan arah-arah garis gaya dapat dilakukan percobaan sebagai berikut :

Kuat medan listrik pada sebuah titik didalam ruang adalah sebanding dengan jumlah garis gaya per satuan luas permukaan yang tegak lurus medan listrik pada titik tersebut. Dapat disimpulkan bahwa kuat medan listrik akan terasa kuat apabila jarak antara kedua muatan tersebut saling berdekatan, sehingga garis gaya yang dihasilkan sangat rapat. Sebaliknya jika kedua muatan tersebut berjauhan, maka kuat medan listrik yang terbentuk akan lemah.

Penggunaan dari *potensial listrik* dapat dihubungkan dengan konsep medan listrik, dasar-dasar rangkaian listrik, serta masalah praktis yang terkait dengan piranti-piranti listrik. Untuk menjelaskan

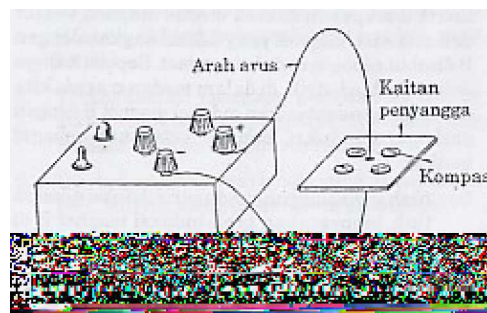
definisi dan sifat dari dua buah titik yang saling beda potensial dan terletak pada sebuah medan listrik sebagai beda potensial antara dua titik tersebut.

Beda potensial antara dua titik adalah kerja yang dilakukan per satuan muatan jika muatan tersebut dipindahkan. Dalam satuan SI, satuan beda potensial listrik adalah *Volt* (disingkat *V*), dengan $1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb}$. Potensial listrik dapat didefinisikan sebagai bentuk perbandingan energi listrik dengan muatan titik tersebut.

c) Hukum Oersted

Jika muatan listrik mengalir melalui kawat penghantar konduktor, maka akan timbul pengaruh magnetik disekitar kawat berarus tersebut. Pengaruh magnetik ini mampu menarik bahan magnetik lainnya. Jika serbuk besi diletakkan disekitar kawat berarus maka serbuk besi tersebut akan berarah secara teratur.

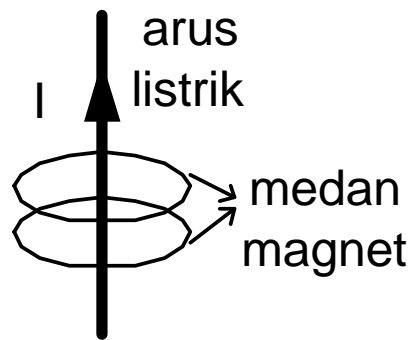
Hans Christian Oersted, pada tahun 1820, mengadakan penelitian tentang pengaruh medan magnet disekitar kawat berarus. Susunan percobaan Oersted tersusun seperti gambar dibawah ini.



Gambar 5. percobaan Oersted

Kawat berarus akan menimbulkan jarum pada kompas bergerak. Kesimpulan yang dapat diambil adalah Dalam kawat penghantar yang dilewati arus listrik disekitarnya akan timbul garis gaya magnet.

Seperti halnya bumi yang memiliki medan magnet, khasiat jarum kompas sudah sangat terkenal.



Gambar 6. Medan disekitar kawat berarus

Disekitar medan magnet permanen atau kawat penghantar berarus merupakan *daerah medan magnet*. Vektor dalam medan magnet tersebut dilambangkan dengan B atau disebut dengan *induksi medan magnet*. Dalam SI, satuan induksi magnet B adalah *Tesla*.

2) Rangkaian Listrik Arus Searah

a) Hukum Ohm

Jika beda potensial pada ujung kawat dapat dipertahankan konstan, maka akan menimbulkan aliran muatan listrik atau yang disebut dengan aliran arus listrik. Definisi arus listrik (I) adalah jumlah muatan (Q) listrik yang mengalir dalam penghantar tiap satuan waktu (t). Jadi 1 Ampere sama dengan 1 coulomb perdetik.

$$I = \frac{Q}{t} \quad (4.)$$

Jika aliran muatan yang mengalir tidak tetap terhadap waktu, maka arus sesaat dapat dihitung sebagai :

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \quad (5.)$$

Dalam SI, satuan kuat arus adalah Ampere (A), diambil dari nama Andre Marie Ampere (1775-1838), seorang ilmuwan kebangsaan Perancis.

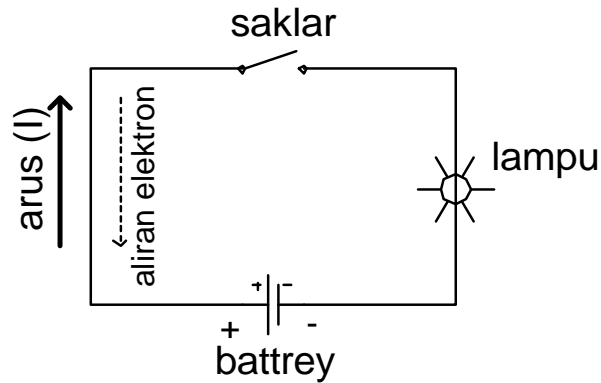
Gaya gerak listrik suatu sumber adalah energi per satuan muatan yang dapat diubah dalam suatu proses reversible (proses yang dapat dibalik). Dalam satuan SI, satuan ggl adalah volt (V) yang sama dengan joule/coulomb. Suatu ggl menimbulkan beda potensial antar dua titik ujung dalam suatu rangkaian. Terdapat hubungan yang sangat erat antara ggl (\mathcal{E} atau E) dengan beda potensial (V).

Gaya gerak listrik hanya berkait dengan perubahan energi yang reversible, sedang beda potensial tidak muncul hanya dalam sumber ggl, tetapi juga muncul pada ujung hambatan tempat terjadinya perubahan energi listrik menjadi energi panas yang merupakan proses reversible. proses reversible dapat digambarkan pada proses sebagai berikut :

Energi listrik \longleftrightarrow Energi kimia

Energi listrik \longleftrightarrow Energi mekanik

Perlu diperhatikan bahwa sumber energi listrik tidak menghasilkan muatan, melainkan hanya memindahkan muatan bebas dari satu ujung titik ke titik ujung yang lain.



Gambar 7. Rangkaian listrik sederhana

Sakelar ditutup, maka arus listrik akan mengalir dari kutub positif batere menuju sakelar, melewati lampu dan lampu akan menyala. Aliran elektron bergerak sebaliknya dari kutub negatif batere menuju lampu, melewati sakelar dan berakhir di kutub positif batere. Batere mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Lampu mengubah energi listrik menjadi energi cahaya dan panas.

Reaksi oksidasi-reduksi melibatkan perpindahan elektron. Jika reaksi tersebut terjadi secara spontan, maka dapat dijadikan sumber arus. Proses ini dipakai sebagai dasar sumber *elektrokimia*.

Pada tahun 1826, George Simon Ohm menemukan suatu tetapan perbandingan yang menyatakan hubungan antara beda potensial pada ujung-ujung penghantar dengan besar arus yang mengalir pada penghantar tersebut dengan unsur-unsur ideal. Tetapan ini sering disebut dengan hukum Ohm.

Unsur-unsur kelistrikan ideal dalam rangkaian disebut juga unsur linear adalah, seperti : tahanan, induktor dan kapasitor yang harganya tidak berubah apabila tegangan yang terpasang diantara ujung-ujungnya berubah.

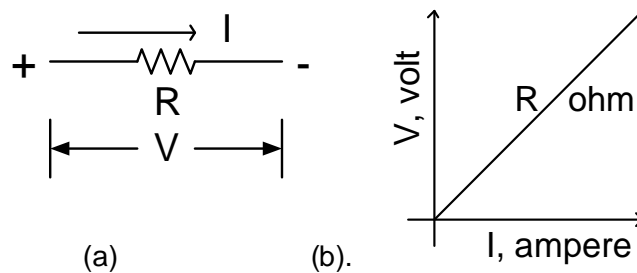
Hukum Ohm Menyatakan bahwa tegangan V antara ujung-ujung sebuah tahanan adalah sebanding dengan arus I yang melaluinya. Hubungan tersebut dituliskan sebagai :

$$V = R.I \quad (6.)$$

dimana :

- V : tegangan, dalam Volt, V
- I : arus, dalam Ampere, A
- R : tahanan, dalam Ohm, W.

R merupakan besaran tetap/konstanta, persamaan 1 merupakan persamaan linear garis lurus V sebagai fungsi I dengan kemiringan R, tahanan R disebut tahanan linear atau resistor.



Gambar 8. Hukum Ohm

Tegangan $V = R.I$ yang ditunjukkan gambar 8a. menjelaskan sebuah penurunan tegangan, yakni tegangan antara titik a dan titik b, dimana tegangan pada titik a lebih tinggi dibanding dengan tegangan pada titik b. Sehingga arus mengalir dari titik a ke titik b.

Gambar 8b. Menunjukkan grafik hubungan V terhadap I dari sebuah tahanan R, yang disebut dengan *karakteristik tahanan*. Apabila satu unsur tidak mengikuti persamaan (1), maka dikatakan persamaan tersebut tidak linear.

b) Hukum Kirchoff

Aplikasi hukum hanya digunakan untuk analisa rangkaian-rangkaian sederhana. Untuk menganalisa suatu rangkaian yang kompleks dapat menggunakan hukum kirchoff tentang arus (Kirchoff's

Current Law, disingkat KCL) dan hukum kirchoff tentang tegangan (Kirchoff's Voltage Law, disingkat KVL)

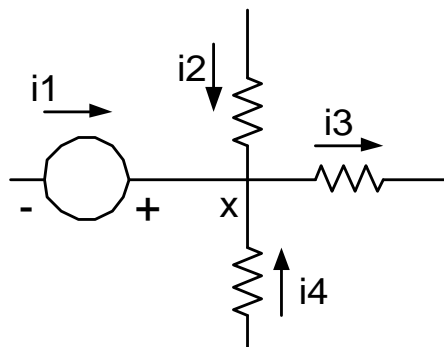
i) Hukum Kirchoff 1 adalah Hukum Kirchoff Tentang Arus (KCL).

Jumlah aljabar keseluruhan arus yang menuju titik percabangana adalah nol. Titik percabangan adalah titik pertemuan tiga atau lebih arus ke- atau dari unsur rangkaian atau sumber tegangan.

Dalam hukum ini, dipakai suatu perjanjian bahwa arus yang menuju titik percabangan ditulis dengan tanda positif dan arus yang tidak menuju (meninggalkan titik percabangan ditulis dengan tanda negatif.

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3, \text{ atau}$$

$$I_1 + I_2 - I_3 + I_4 = 0 \quad (7.)$$



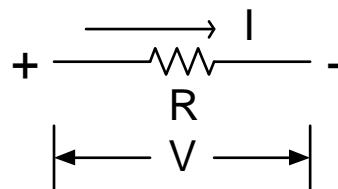
Gambar 9. Titik cabang.

Gambar 9 diatas menjelaskan tentang pengertian dari KCL, dimana nilai arus listrik yang melalui masing-masing tahanan dapat ditentukan. Pengertian yang didapat jumlah keseluruhan nilai arus yang mengalir pada suatu titik percabangan adalah nol.

ii) Hukum Kirchoff 2, Hukum Kirchoff tentang tegangan (KVL)

Jumlah aljabar keseluruhan penurunan tegangan (voltage drops) dalam suatu rangkaian tertutup (loop) yang dibaca satu arah tertentu sama dengan nol.

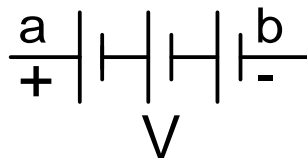
Yang dimaksud dengan penurunan tegangan dalam hukum tersebut dalam hubungannya dengan satu arah tertentu adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Rangkaian beban

a.> Untuk unsur tahanan

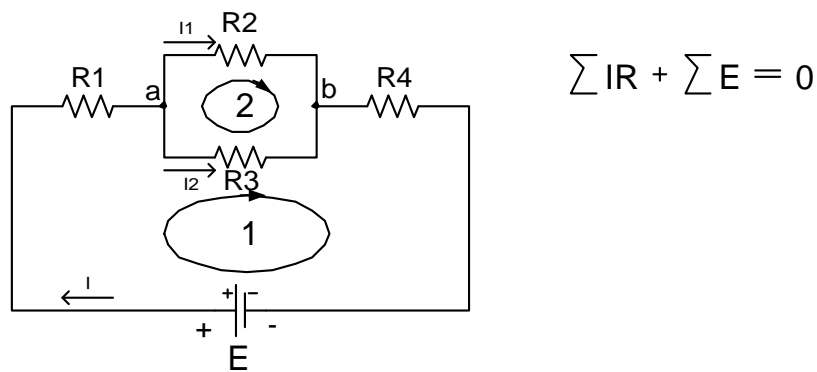
Apabila tegangan dibaca dari + ke -, dengan arah baca yang sama dengan arah arus I yang mengalir, maka harga $V=RI$ adalah penurunan tegangan. Untuk memahaminya beri tanda positif (+) pada V dan beri tanda positif (+) pada RI . Sedangkan apabila pembacaan tegangan berlawanan dengan arah arus berilah tanda (-) V atau (-) RI .



Gambar 11. Rangkaian Batere

b.>Untuk sumber tegangan

Bila arah baca dari a ke b, maka adalah suatu penurunan tegangan berilah tanda positif pada V. Atau dengan kata lain, apabila menuruti arah baca + dari sumber tegangan, tulis V positif. Sebaliknya jika pembacaan dari kutub – sumber tegangan maka V ditulis dengan tanda negatif.



Gambar 12. Rangkaian aplikasi Hk. Kirchoff

Pada umumnya rangkaian listrik terdiri dari beberapa loop dan titik-titik percabangan dengan satu atau lebih sumber tegangan yang digunakan. Apabila nilai dari suatu sumber tegangan sudah diketahui, maka besaran yang harus dianalisa adalah nilai arus pada masing-masing penghantar yang masuk atau meninggalkan titik percabangan atau nilai tegangan pada masing-masing tahanan dari rangkaian tersebut.jumlah persamaan yang digunakan untuk menganalisa suatu besaran belum dapat diketahui, yang jelah harus sebanyak jumlah besaran yang hendak diketahui harganya.

Catatan yang perlu dikemukakan :

1. Banyaknya persamaan KCL yang dapat disajikan adalah sama dengan jumlah titik percabangan yang ada dikurang 1.

2. Banyaknya persamaan KVL sama dengan banyaknya *loop independen*. Suatu loop dikatakan independen bila tidak dapat dijabarkan dari persamaan KVL loop yang lain.

Selain dari catatan diatas, penyelesaian dengan menggunakan sistem penyederhanaan bagian rangkaian yang tersusun seri maupun paralel, akan sangat membantu.

c. Rangkuman 1

Beberapa hukum kelistrikan dari pembahasan materi diatas, dijabarkan beberapa hukum, antara lain : Hukum coulomb, Hukum ohm, Hukum kirchoff tentang Arus (KCL), Hukum Kirchoff tentang Tegangan (KVL). Hukum-hukum kelistrikan yang tersebut diatas digunakan untuk menganalisa rangkaian listrik sederhana arus searah (DC).

Analisa rangkaian DC yang kompleks masih banyak persamaan dan kaidah yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang sulit diselesaikan dengan hukum kelistrikan yang telah dijabarkan.

d. Tugas 1

- 1) Pelajarilah kegiatan belajar tentang listrik arus searah ini!
- 2) Ambil catu daya dilaboratorium dasar listrik dan beberapa komponen beban listrik seperti : resistor, batere lakukan percobaan yang sesuai dengan hukum kelistrikan yang telah dijabarkan pada uraian materi.

e. Test Formatif 1

- 1) Apakah yang disebut dengan arus listrik ?
- 2) Terangkan mengapa penghantar listrik memiliki perlawanan yang berbeda-beda terhadap arus listrik ?
- 3) Disetiap muatan titik dalam medan listrik yang homogen, maka muatan tersebut mengalami gaya apa? Jelaskan !

f. Kunci Jawaban Formatif 1

- 1) Yang disebut dengan arus listrik adalah jumlah muatan listrik yang mengalir dalam medan penghantar tiap satuan waktu. Arus listrik memiliki satuan ampere (A) dengan simbol I. Arah arus listrik berlawanan dengan arah gerak elektron. Jika elektron bergerak dari kutub negatif ke kutub positif melewati sebuah penghantar (diluar sumber tegangan), sedang arah arus mengalir dari kutub positif sumber dan masuk melalui kutub negatif sumber tegangan.
- 2) Sebuah penghantar pasti memiliki perlawanan jika dialiri arus listrik, karena dalam penghantar terdapat tahanan dalam. Tahanan dalam ini nilainya berbeda-beda antara bahan penghantar satu dengan yang lainnya. Sesuai dengan hukum ohm bahwa nilai tahanan dalam penghantar adalah perbandingan antara tegangan dan arus yang terdapat dalam tahanan tersebut.
- 3) Jika terdapat muatan titik yang berada pada medan listrik maka muatan titik tersebut akan mengalami gaya coulomb, yakni gaya yang mengakibatkan muatan titik tersebut akan mengalami gaya tolak-menolak atau tarik menarik.

g. Lembar Kerja 1

Alat dan Bahan

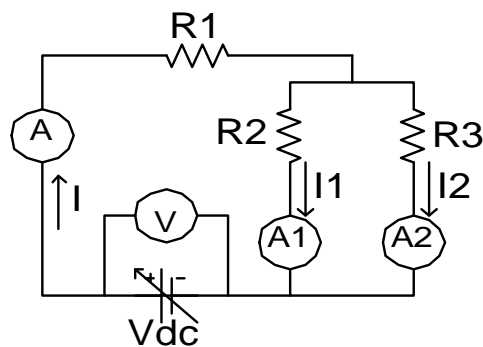
- | | |
|--------------------------------|------------|
| 1) Catu Tegangan Variable..... | 1 Unit |
| 2) Amperemeter..... | 1 Unit |
| 3) Voltmeter..... | 1 Unit |
| 4) Multimeter..... | 1 Unit |
| 5) Batere..... | 1 Unit |
| 6) Resistor..... | 1 Unit |
| 7) Sakelar..... | 1 Unit |
| 8) Lampu..... | 1 Unit |
| 9) Kompas..... | 1 Unit |
| 10) Kabel pengantar..... | secukupnya |

Keselamatan Kerja

- 1) Periksa alat dan bahan sebelum digunakan, pastikan alat atau bahan yang digunakan tidak rusak.
- 2) Gunakan alat ukur sesuai dengan batas ukur yang digunakan.
- 3) Perhatikan posisi selektor pada multimeter sebelum digunakan, agar tidak salah dalam pengukuran.
- 4) Periksa ulang rangkaian sebelum menghubungkan dengan sumber tegangan.

Langkah Kerja

- 1) Rangkai rangkaian seperti gambar dibawah ini :



Gambar 13. Lembar Kerja 1

- 2) Periksa alat dan bahan sebelum rangkaian diberi sumber tegangan.
- 3) Amati penunjukkan nilai tegangan (V) dan arus (A, A1, A2), masukkan dalam tabel pengamatan.
- 4) analisa data dengan menggunakan persamaan hukum ohm, hukum kirchoff arus (KCL), kirchoff tegangan(KVL)

Tabel Pengamatan

| Tahanan (R1) | Tegangan (V) | Arus (A) |
|--------------|--------------|----------|
|--------------|--------------|----------|

| | | (A) | (A1) | (A2) |
|------------------|--|-----|------|------|
| R = 10K Ω | | | | |
| R = 1K Ω | | | | |
| R = 100 Ω | | | | |
| R = 10 Ω | | | | |

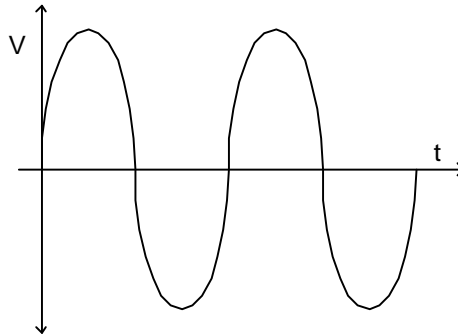
2. Kegiatan Belajar 2: Rangkaian Arus Bolak-balik

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar rangkaian arus bolak-balik siswa dapat mendeteksi sumber tegangan dan arus bolak-balik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

b. Uraian Materi 2

Gaya gerak listrik dapat dihasilkan oleh kumparan yang bergerak diantara medan magnet. Gaya gerak listrik (ggl) yang dihasilkan berupa tegangan yang dapat dilukiskan sebagai berikut :



Gambar 13. Grafik tegangan bolak-balik.

Tegangan listrik yang berubah dengan waktu seperti gambar diatas sering disebut dengan tegangan bolak-balik (AC = Alternating Current). Jika kumparan tersebut berputar dengan frekuensi sudut ω , maka persamaan tegangan bolak-balik dapat dinyatakan dengan fungsi sinusoida sebagai berikut :

$$V(t) = V_m \cdot \sin \omega t. \quad (8)$$

Dimana :

$V(t)$: tegangan sesaat, dalam satuan volt

V_m : tegangan maksimum, dalam satuan volt

ω : frekuensi sudut, dalam satuan rad/detik

t : waktu, dalam satuan detik

Hubungan antara frekuensi sudut (ω) dengan frekuensi (f) adalah :

$$\omega = 2\pi f \quad (9)$$

dimana :

f : frekuensi, dalam satuan Hertz (Hz), dengan frekuensi merupakan se-per satuan periode (T), dalam satuan detik.

Tegangan PLN memiliki frekuensi sekitar 50 – 60 Hz. Tegangan listrik memiliki frekuensi sampai 100 kHz, dikenal dengan tegangan audio. Frekuensi sampai 1 GHz sering disebut dengan radio (*frequency radio*) dan frekuensi sampai dengan 5 GHz dikenal dengan gelombang mikro (*microwave*).

Sumber tegangan bolak-balik dihasilkan oleh generator AC. Dalam tegangan bolak-balik dikenal beberapa besaran, yang dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Tegangan sesaat (V_t) adalah tegangan pada suatu waktu (t) detik.
- 2) Tegangan maksimum (V_m) adalah tegangan dengan harga maksimum dari tegangan nominal.
- 3) Tegangan puncak-puncak (V_{pp}) merupakan beda tegangan maksimum dengan tegangan minimum, dirumuskan dengan :

$$V_{pp} = 2 \cdot V_m$$

- 4) Tegangan rata-rata ($V_{rata-rata}$) adalah tegangan rata-rata yang sering digunakan, dirumuskan dengan :

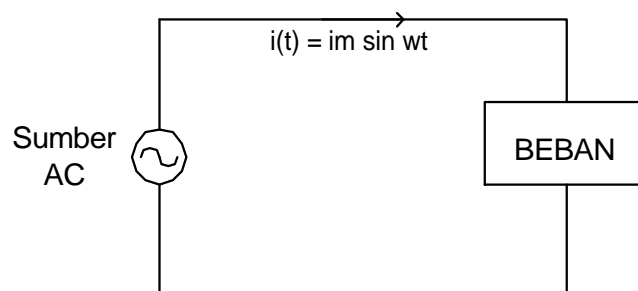
$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{2V_m}{\pi} \quad (10)$$

- 5) Tegangan efektif (V_{ef}) adalah tegangan root mean square (rms) atau yang berarti tegangan akar kuadrat rata-rata. Nilai tegangan efektif dapat dirumuskan dengan :

$$V_{\text{efektif}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (11)$$

Jika kita mengukur tegangan dengan alat ukur voltmeter AC, maka tegangan yang terukur pada skala penunjukan adalah tegangan rata-rata. Tetapi biasanya Voltmeter telah dikalibrasi agar penunjukan jarum sudah langsung menunjukkan nilai tegangan efektifnya. Pengukuran tegangan PLN dengan voltmeter menunjukkan harga 220 V. Harga tegangan 220V merupakan nilai tegangan efektif PLN.

Jika sumber tegangan AC dihubungkan dengan ujung-ujung beban, maka pada beban akan timbul arus listrik. beban yang digunakan dapat berupa beban resistif, beban induktif, beban kapasitif atau campuran. Arus listrik akan timbul pada beban juga berubah seiring berubahnya waktu mengikuti fungsi sinusioda. Sehingga disebut dengan arus bolak-balik.



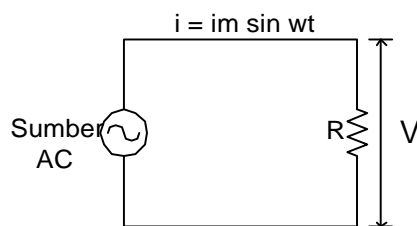
Gambar 14. Arus bolak-balik

Seperti halnya pada tegangan bolak-balik juga terdapat beberapa besaran, antara lain :

| | |
|--------------------|--------------------------|
| Arus sesaat | : $i(t)$; |
| Arus maksimum | : i_m |
| Arus puncak-puncak | : $i_{pp} = 2 \cdot i_m$ |
| Arus rata-rata | : $i_{rata-rata}$ |
| Arus efektif | : $i_{efektif}$ |

Jika kita ingin mengukur arus AC dengan menggunakan amperemeter AC yang terlihat dalam penunjukan adalah arus efektif, apabila menggunakan amperemeter DC yang terlihat dalam penunjukan jarum adalah arus rata-rata.

1) Rangkaian Resistor (R)



Gambar 15. Rangkaian resistor.

Beban resistor yang terhubung dengan sumber tegangan bolak-balik, maka tegangan pada ujung-ujung resistor dapat dinyatakan dengan rumus:

$$V = V_m \cdot \sin \omega t. \quad (12)$$

Dengan mengabaikan GGL induksi yang timbul pada resistor, besarnya arus listrik yang mengalir melalui resistor dapat ditentukan dengan hukum ohm persamaan:

$$i = \frac{V}{R}$$

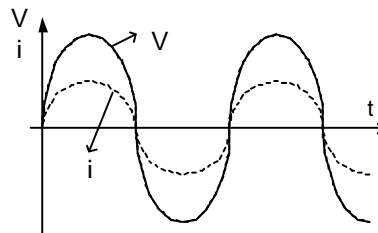
$$i = \frac{V_m \sin \omega t}{R} \quad (13)$$

Dengan mengganti besaran $V_m/R = i_m$ (arus maksimum), maka persamaan dapat dituliskan:

$$i = i_m \cdot \sin \omega t. \quad (14)$$

Dalam persamaan yang terakhir diatas, tampak bahwa kuat arus listrik yang mengalir melalui resistor juga merupakan fungsi sinusoidal. Jadi arus listrik ini juga merupakan arus bolak-balik.

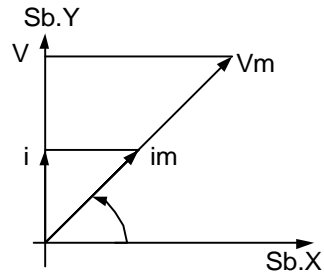
Gambar dibawah ini diperlihatkan grafik yang melukiskan tegangan bolak-balik dan kuat arus listrik bolak-balik dalam suatu sistem koordinat yang sama.



Gambar 16. V dan I untuk rangkaian resistor.

Dari grafik diatas tampak bahwa V dan I mencapai nilai maksimum, nol dan minimum pada saat yang ber samaan. Pada keadaan demikian, dikatakan bahwa V dan i mempunyai fase yang sama (sefase).

Cara lain untuk memperlihatkan hubungan antara V dan i dapat dilakukan dengan melukiskan dengan diagram phasor, seperti yang diperlihatkan dalam gambar berikut.



Gambar 17. Diagram fasor hubungan V dan i rangkaian resistor.

Pada penggambaran dengan fasor mempunyai ketentuan sebagai berikut.

(1). Panjang fasor menyatakan nilai-nilai maksimum dari tegangan dan arus bolak-balik, yakni V_m dan i_m .

Proyeksi fasor terhadap sumbu vertikal (sumbu Y) menyatakan nilai-nilai sesaat dari tegangan dan arus bolak-balik, yaitu :

$$V = V_m \cdot \sin \omega t \text{ dan } i = i_m \cdot \sin \omega t. \quad (15)$$

2) Rangkaian Induktor (L)

Gambar berikut melukiskan sebuah rangkaian induktor yang ujung-ujungnya dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik.



Gambar 18. Rangkaian induktor

Beda tegangan bolak-balik pada ujung-ujung rangkaian induktor dinyatakan dengan :

$$V = V_m \cdot \sin t. \quad (16)$$

Apabila induktor mempunyai induktansi sebesar L , maka berdasar Hukum Lenz dinyatakan dengan persamaan :

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (17)$$

Sehingga : $L \frac{di}{dt} = V_m \sin \omega t$ (18)

$$di = \frac{V_m}{L} \sin \omega t \cdot dt \quad (19)$$

$$i = \int \frac{V_m}{L} \sin \omega t \cdot dt \quad (20)$$

Sehingga arus listrik yang mengalir :

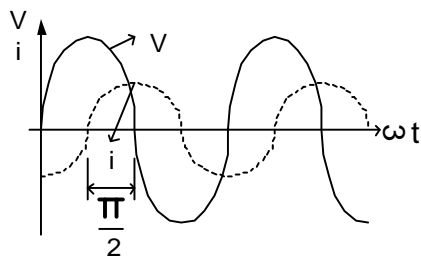
$$i = \frac{V_m}{\omega L} \cos \omega t \quad (21)$$

dengan menggunakan fungsi trigonometri. Arus listrik dapat dituliskan kembali dengan persamaan :

$$i = i_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (22)$$

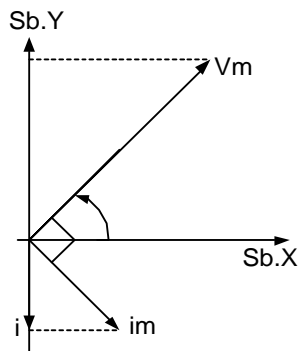
besarnya $X_L = \omega L$ ini dikenal dengan sebagai reaktansi induktif. Dalam sistem SI, satuan X_L adalah Ohm (Ω).

Gambar dibawah ini, melukiskan diagram hubungan antara V dan i untuk rangkaian induktor L dalam sebuah sistem koordinat yang sama.



Gambar 19. Grafik hubungan V dan i rangkaian induktor

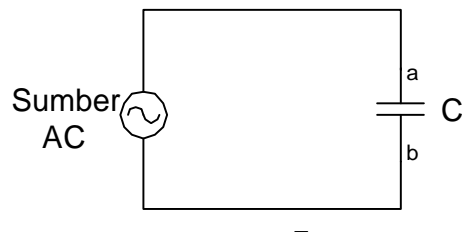
Dengan grafik tersebut, tampak bahwa V dan i berbeda fase sebesar $\pi/2$. dalam diagram phasor, hubungan V dan i untuk rangkaian induktor dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 20. Diagram phasor V dan i rangkaian induktor.

3) Rangkaian Capacitor (C)

Sebuah kapasitor dengan kapasitansi C dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik $V = V_m \sin \omega t$.



gambar 21. Rangkaian kapasitor.

Berdasar definisi kapasitansi.

$$Q = VC = V_m \cdot C \quad (24)$$

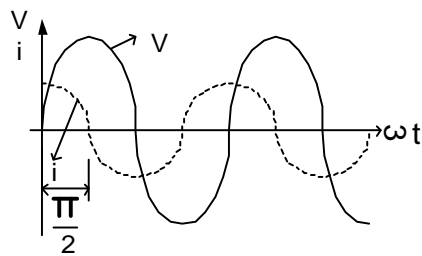
Dari definisi arus listrik (i), merupakan turunan pertama dari muatan Q terhadap waktu (t), maka diperoleh persamaan :

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (25)$$

$$i = \omega V_m C \sin \omega t \quad (26)$$

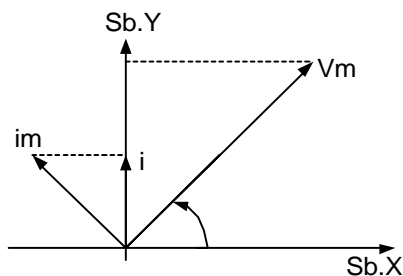
$$\begin{aligned}
 i &= \omega V_m C \sin \omega t \\
 &= \frac{V_m}{\frac{1}{\omega C}} \cos \omega t \\
 &= \frac{V_m}{X_C} \cos \omega t \\
 i &= i_m \cos \omega t \tag{27}
 \end{aligned}$$

Besaran $X_C = 1/\omega C$ dikenal dengan reaktansi kapasitif. Dalam sistem SI, satuan X_C adalah Ohm (Ω), sedang satuan C dalam Farad. Jika grafik V dan i untuk rangkaian kapasitor ini digambarkan dalam sebuah sistem koordinat yang sama, maka akan diperoleh kurva tegangan dan arus seperti tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 22.. Grafik V dan i untuk rangkaian kapasitor.

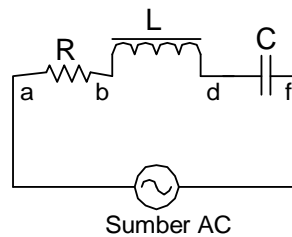
Dari grafik diatas tergambar bahwa V dan i berbeda fase $\pi/2$, yaitu arus i mendahului V sebesar $\pi/2$. Diagram fasor untuk rangkaian kapasitor C dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 23. Diagram fasor rangkaian Kapasitor.

4) Impedansi R, L Dan C

Dalam pembahasan sebelumnya, kita telah membahas rangkaian R, L dan C masing-masing secara terpisah. Dari sub bab ini kita akan membahas rangkaian R, L, dan C yang dihubungkan secara seri, seperti digambarkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 2.18. Rangkaian seri R,L dan C.

Tegangan antara titik-titik ujung a dan f dapat dinyatakan dengan :

$$V_{af} = V_{ab} + V_{bd} + V_{df} \quad (28)$$

$$V = V_R + V_L + V_C. \quad (29)$$

Dengan demikian

$V_R = im.R \sin \omega t$, menyatakan tegangan pada resistor R.

$V_L = im.XL.\sin (\omega t - \pi/2)$, menyatakan tegangan pada induktor (L)

$V_C = im.XC \sin (\omega t + \pi/2)$, menyatakan tegangan pada kapasitor C

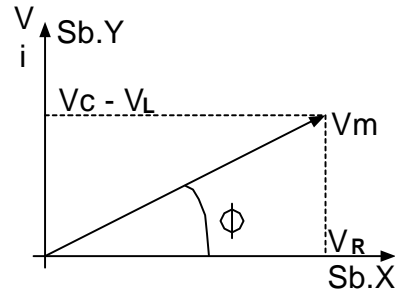
Dengan mensubstitusi V_R , V_L dan V_C , maka tegangan V dapat ditulis kembali dalam bentuk :

$$V = V_m .\sin (\omega t + \Phi), \text{ dimana :} \quad (30)$$

V_m : tegangan maksimum

Φ : beda fasa antara tegangan V dan arus i

Untuk menentukan harga dari V_m dan sudut Φ , digunakan diagram phasor seperti tampak dalam gambar berikut :



Gambar 24. Diagram fasor rangkaian seri RLC.

Besaran impedansi rangkaian RLC, dilambangkan dengan Z , dengan persamaan :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2} \quad (31)$$

dalam sisten SI, satuan untuk Z adalah ohm (Ω) . besar sudut (ϕ) dapat ditentukan pula dengan menggunakan persamaan :

$$\text{tg } \phi = \frac{(X_L + X_C)}{R} \quad (32)$$

5) Resonansi Seri

Jika $X_L = X_C$ maka besarnya impedansi rangkaian adalah :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2} \quad (33)$$

$$Z = R \quad (34)$$

Rangkaian seri RLC dalam keadaan demikian terjadi *resonansi*.

Besarnya frekuensi resonansi dapat ditentukan dengan :

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (35)$$

karena $\omega = 2\pi f$, maka besarnya frekuensi resonansi dapat diketahui dengan persamaan :

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (36)$$

6) Daya Dalam Rangkaian Arus Bolak-Balik

Disipasi daya dalam rangkaian arus bolak-balik seri RLC hanya terjadi pada resistor R. Pada induktor dan kapasitor tidak terjadi disipasi daya. Jika ujung rangkaian seri RLC dihubungkan dengan tegangan bolak-balik $V = V_m \sin \omega t$, maka arus yang mengalir pada rangkaian seri RLC dapat dinyatakan dengan : $i = i_m \sin (\omega t + \Phi)$. Daya sesaat dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$P(t) = V \cdot i \quad (37)$$

$$P(t) = (V_m \sin \omega t) \cdot [i_m \sin (\omega t + \Phi)] \quad (38)$$

$$P(t) = (V_m \cdot i_m \sin \omega t) \cdot (\sin \omega t \cos \Phi + \cos \omega t \sin \Phi) \quad (39)$$

$$P(t) = (V_m \cdot i_m) \cdot (\sin^2 \omega t \cos \Phi + \sin \omega t \cos \omega t \sin \Phi) \quad (40)$$

Daya disipasi rata-rata adalah :

$$P_{\text{rata-rata}} = .5 \cdot V_m \cdot i_m \cdot \cos \Phi \quad (41)$$

$$\text{Karena : } V_{\text{efektif}} = 0,707 V_m \text{ dan } i_{\text{efektif}} = 0,707 i_m \quad (42)$$

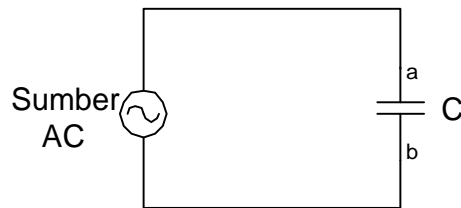
Besaran $\cos \Phi$ ini disebut dengan faktor kerja (*power faktor*), dan untuk rangkaian seri RLC berlaku :

$$\cos \Phi = \frac{R}{Z} \quad (43)$$

Untuk tahanan murni harga $\cos \Phi = 1$, sedangkan untuk induktor murni berlaku $\cos \Phi = 0$. seperti halnya rangkaian arus searah, daya yang hilang pada arus bolak-balik dapat juga dinyatakan dengan persamaan :

$$P_{\text{rata-rata}} = i_{\text{efektif}} \cdot R \text{ atau} \quad (44)$$

$$P_{\text{rata-rata}} = (V_{\text{efektif}}/Z) \cdot \cos \Phi \quad (45)$$



c. Rangkuman 2

Dalam rangkaian arus bolak-balik penggunaannya sangat luas, hampir semua instalasi gedung, rumah, industri menggunakan listrik arus bolak-balik. Dengan alasan itu maka sangat perlu untuk memahami dasar listrik AC.

d. Tugas 2

- 1) Pelajarilah materi tentang rangkaian arus bolak-balik ini!
- 2) Amati penggunaan listrik dirumah anda, deteksi penggunaan komponen listrik dan peralatan yang digunakan ! Coba ukur tegangan, arus dan frekuensi yang ada dirumah anda bandingkan dengan yang ada dilaboraturium dasar listrik! Tanyakan bila ada masalah tentang pengamatan tersebut.

e. Tes Formatif 2

- 1) Bagaimana pengaruh beban induktor dan capasitor terhadap daya yang digunakan pada tegangan bolak-balik ?
- 2) Apa yang dimaksud dengan faktor daya ?
- 3) Mengapa nilai beban di pengaruhi oleh besar frekuensi sumber?

- 4) Jika terdapat beban RLC yang diseri dengan sumber tegangan, pada saat diukur beban total yang terdeteksi hanya beban R, mengapa demikian ?

f. Kunci jawaban Formatif 2

- 1) Beban kapasitor dan induktor akan sangat berpengaruh pada daya sumber yang digunakan. Beban L dan C akan memberikan efek faktor daya pada daya input dengan daya output. Nilai faktor daya akan berakibat pada efektifitas penggunaan daya dan daya yang terbuang.
- 2) Faktor daya adalah perbandingan antara daya output yang terpakai dengan daya sumber yang terpasang. Dengan mengetahui faktor daya kita akan mengetahui berapa daya yang terpakai, daya yang terbuang dan data untuk analisa yang lebih kompleks.
- 3) Nilai beban L dan C sangat dipengaruhi oleh frekuensi, berdasarkan persamaan : $X_L = 2\pi fL$, jelas bahwa nilai reaktansi induktif sangat dipengaruhi oleh nilai frekuensi. Begitu juga dengan reaktansi kapasitif.
- 4) Seri beban L dan C akan mengakibatkan terjadinya resonansi. Jika X_C dan X_L besarnya sama maka akan timbul frekuensi resonansi. Ini berakibat nilai X_C dan X_L saling mengurangi. Dan tahanan yang terukur hanyalah beban resistor.

g. Lembar Kerja 2

Alat dan Bahan

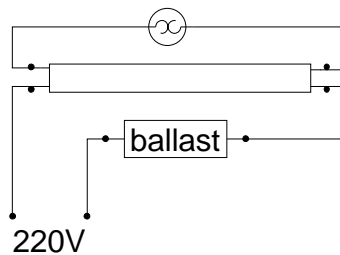
- | | |
|--------------------------------|------------|
| 1) Catu Tegangan Variable..... | 1 Unit |
| 2) Amperemeter..... | 1 Unit |
| 3) Voltmeter..... | 1 Unit |
| 4) Multimeter..... | 1 Unit |
| 5) Resistor | secukupnya |
| 6) Sakelar | 1 Unit |
| 7) Lampu | 1 Unit |
| 8) Kabel pengantar | secukupnya |

Keselamatan Kerja

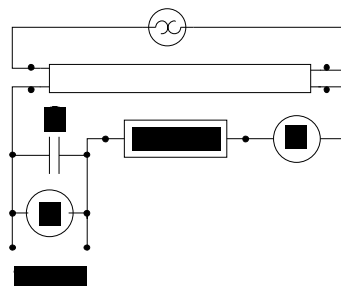
- 1) Periksa alat dan bahan sebelum digunakan, pastikan alat atau bahan yang digunakan tidak rusak.
- 2) Gunakan alat ukur sesuai dengan batas ukur yang digunakan.
- 3) Perhatikan posisi selektor pada multimeter sebelum digunakan, agar tidak salah dalam pengukuran.
- 4) Periksa ulang rangkaian sebelum menghubungkan dengan sumber tegangan.

Langkah Kerja

- a) Ambil sebuah rangkaian lampu TL 10 W, gambar rangkaian penyambungannya !.



- b) Periksa alat dan bahan sebelum rangkaian diberi sumber tegangan.
- c) Amati penunjukkan nilai tegangan (V) dan arus (A), masukkan dalam tabel pengamatan.
- d) Tambahkan sebuah kapasitor $3,5 \mu\text{F}$, sehingga rangkaian menjadi seperti gambar dibawah ini :



- e) Amati penunjukkan nilai tegangan (V) dan arus (A) setelah dihubungkan dengan kapasitor, masukkan dalam tabel pengamatan.
- f) Analisa data dalam tabel !

Tabel Pengamatan

| | Pengukuran | | | Perhitungan | | |
|--------------------|------------------------|-------------|----------|-----------------|----------------|----------|
| | R ballast (Ω) | Vsumber (V) | Arus (I) | XL (Ω) | Z (Ω) | Daya (P) |
| Sebelum ditambah C | | | | | | |
| Setelah ditambah C | | | | | | |

3. Kegiatan Belajar 3 : Bahan Penghantar dan Isolator

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar sifat dan macam penghantar dan isolator siswa mampu memilah dan memilih jenis penghantar sesuai dengan fungsi dan kegunaannya dengan tepat.

b. Uraian Materi

Dalam teknik listrik maupun elektronika, khususnya pada pelajaran praktek, mempelajari dan memahami bermacam-macam bahan dan sifat-sifatnya merupakan hal yang sangat penting. Dalam memilih bahan sebagai peyekat atau penghantar, perlu digunakan sesuai dengan penggunaannya dan mempertimbangkan beberapa aspek penting. Selain sifat bahan, juga mempunyai beberapa bentuk, seperti bahan padat, cair dan gas. Ada juga bahan yang memiliki ketiga bentuk tersebut, pada temperatur tertentu. Pada pembahasan kali ini kita akan membahas tentang bahan penghantar (konduktor), isolator dan semikonduktor.

1) Sifat Bahan Konduktor

Yang termasuk bahan-bahan penghantar adalah bahan yang memiliki banyak elektron bebas pada kulit terluar orbit. Elektron bebas

ini akan sangat berpengaruh pada sifat bahan tersebut. Jika suatu bahan listrik memiliki banyak elektron bebas pada orbit-orbit elektron, bahan ini memiliki sifat sebagai penghantar listrik.

Bahan penghantar memiliki sifat-sifat penting, yaitu :

a) Daya Hantar Listrik

Arus yang mengalir dalam suatu penghantar selalu mengalami hambatan dari penghantar itu sendiri. Besar hambatan tersebut tergantung dari bahannya. Besar hambatan tiap meternya dengan luas penampang 1mm^2 pada temperatur 20°C dinamakan *hambatan jenis*. Besarnya hambatan jenis suatu bahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{\rho l}{A}, \text{ dimana :} \tag{46}$$

- R : Hambatan dalam penghantar, satuannya ohm (Ω)
- ρ : *hambatan jenis* bahan, dalam satuan $\text{ohm}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$
- l : panjang penghantar, satuannya meter (m)
- A : luas penampang kawat penghantar, satuannya mm^2

Persamaan untuk daya hantar listrik ni adalah :

$$\gamma = \frac{l}{\rho} \text{ dalam satuan S}\cdot\text{m}/\text{mm}^2 \tag{47}$$

b) Koefisien Temperatur Hambatan

Telah kita ketahui bahwa dalam suatu bahan akan mengalami perubahan volume bila terjadi perubahan temperatur. Bahan akan memuai jika temperatur suhu naik dan akan menyusut jika temperatur suhu turun. Besarnya perubahan hambatan akibat perubahan suhu dapat diketahui dengan persamaan ;

$$R = R_0 \{ 1 + \alpha (t - t_0) \}, \text{ dimana :} \tag{48}$$

- R : besar hambatan setelah terjadinya perubahan suhu

- R_0 : besar hambatan awal, sebelum terjadinya perubahan suhu.
 T : temperatur suhu akhir, dalam $^{\circ}\text{C}$
 t_0 : temperatur suhu awal, dalam $^{\circ}\text{C}$
 α : koefisien temperatur tahanan

c) Daya Hantar Panas

Daya hantar panas menunjukkan jumlah panas yang melalui lapisan bahan tiap satuan waktu. Diperhitungkan dalam satuan Kkal/jam $^{\circ}\text{C}$. Terutama diperhitungkan dalam pemakaian mesin listrik beserta perlengkapannya. Pada umumnya logam mempunyai daya hantar panas yang tinggi.

d) Daya Tegangan Tarik

Sifat mekanis bahan sangat penting, terutama untuk hantaran diatas tanah. Oleh sebab itu, bahan yang dipakai untuk keperluan tersebut harus diketahui kekuatannya. Terutama menyangkut penggunaan dalam pendistribusian tegangan tinggi.

e) Timbulnya daya Elektro-motoris Termo

Sifat ini sangat penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan logam yang berlainan jenis, karena dalam suatu rangkaian, arus akan menimbulkan daya elektro-motoris termo tersendiri bila terjadi perubahan temperatur suhu.

Daya elektro-motoris termo dapat terjadi lebih tinggi, sehingga dalam pengaturan arus dan tegangan dapat menyimpang meskipun sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan yang dibangkitkan tergantung pada sifat-sifat kedua bahan yang digunakan dan sebanding dengan perbedaan temperaturnya. Daya elektro-motoris yang dibangkitkan oleh perbedaan temperatur disebut dengan daya elektro-motoris termo.

Dari sekian banyak logam yang digunakan dalam teknik listrik dan elektronika, antara lain :aluminium, tembaga, seng, timah dan sebagainya. Adapun sifat-sifat logam seperti yang disebutkan diatas adalah sebagai berikut :

i) Sifat aluminium (Al)

Berikut adalah sifat penting bahan logam aluminium (Al) adalah

- a>. Dapat ditempa dalam keadaan dingin
- b>. Tidak tahan terhadap garam dapur atau laut
- c>. Warna silver atau perak
- d>. Titik didih = 1800°C
- e>. Rho (ρ) = 0,0278
- f>. Alpha (α) = 0,0047

ii) Sifat tembaga (Cu)

Beberapa sifat penting dari logam tembaga :

- a>. Dapat disepuh dan berkarat bila terkena CO_2
- b>. Warna merah sedikit mengkilap
- c>. Titik didih = 2236°C - 2340°C
- d>. Rho (ρ) = 0,017
- e>. Alpha (α) = 0,0043

iii) Sifat seng (Zn)

Beberapa sifat penting yang dimiliki oleh bahan logam seng adalah:

- a>. Dapat ditempa dalam keadaan dingin
- b>. Tidak tahan terhadap garam dan asam garam
- c>. Warna putih kebiru-biruan
- d>. Titik didih = 907°C
- e>. Rho (ρ) = 0,0043
- f>. Alpha (α) = 0,006

iv) Sifat timah (Sn)

Beberapa sifat penting yang dimiliki oleh bahan timah adalah :

a>. Warna jernih mengkilap

b>. Titik didih = 2360°C

c>. Rho (ρ) = 0,0043

d>. Alpha (α) = 0,12

Selain bahan logam yang telah disebutkan diatas, ada juga bahan logam yang lain yang tergolong sebagai bahan konduktor/ penghantar pada jenis logam mulia, seperti :perak, emas dan platina. Bahan logam ini dinamakan logam mulia karena bahan ini memiliki jumlah elektron valensi yang lengkap, sehingga sangat sulit untuk mengadakan reaksi lain.

Bahan padat lain yang dipakai untuk penghantar adalah wolfram yang digunakan untuk filamen katoda pada tabung elektron, lamu-lampu pijar, dan alat pemanas dengan temperatur yang tinggi.

Dwilogam atau yang sering disebut dengan bimetal adalah dua jenis logam yang disambung menjadi satu. Pemakaian dalam bidang kelistrikan sangat luas, misal ; kontak pengatur, regulator. Digunakan untuk menjaga agar temperatur panas selalu konstan. Bimetal ini dipasang didalam pemanas dan fungsinya memutus rangkaian bila temperaturnya meningkat dan akan menyambung kembali rangkaian bila temperaturnya turun.

2) Sifat Bahan Isolator

Bahan yang disebut sebagai bahan isolator adalah bahan dielektrik, ini disebabkan jumlah elektron yang terikat oleh gaya tarik inti sangat kuat. Elektro-elektronya sulit untuk bergerak atau bahkan tidak sangat sulit berpindah, walaupun telah terkena dorongan dari luar. Bahan isolator sering digunakan untuk bahan penyekat (dielektrik). Penyekat listrik terutama dimaksudkan agar listrik tidak dapat mengalir jika pada bahan penyekat tersebut diberi tegangan listrik. Untuk dapat memenuhi

persyaratan tersebut, diperlukan jenis bahan yang sesuai. Selain syarat tersebut juga diperlukan syarat yang lain yang dipertimbangkan untuk memenuhi pemakaiannya, antarlain :

a) Sifat Kelistrikan

Bahan penyekat mempunyai tahanan listrik yang besar. Penyekat listrik ditujukan untuk mencegah terjadinya kebocoran arus listrik antara kedua penghantar yang berbeda potensial atau untuk mencegah loncatan listrik ketanah. Kebocoran arus listrik harus dibatasi sekecil-kecilnya (tidak melampaui batas yang telah ditentukan oleh peraturan yang berlaku).

b) Sifat Mekanis

Mengingat luasnya pemakaiannya pemakaian bahan penyekat, maka dipertimbangkan kekuatan struktur bahannya. Dengan demikian, dapat dibatasi hal-hal penyebab kerusakan dikarenakan kesalahan pemakaiannya. Misal diperlukan bahan yang tahan tarikan, maka kita harus menggunakan bahan dari kain daripada kertas. Bahan kain lebih kuat terhadap tarikan daripada bahan kertas.

c) Sifat Termis

Panas yang ditimbulkan dari dalam oleh arus listrik atau oleh arus gaya magnet, berpengaruh terhadap kekuatan bahan penyekat. Demikian panas yang berasal dari luar (alam sekitar). Dalam hal ini, kalau panas yang ditimbulkan cukup tinggi, maka penyekat yang digunakan harus tepat. Adanya panas juga harus dipertimbangkan, agar tidak merusak bahan penyekat yang digunakan.

d) Sifat Kimia

Panas yang tinggi yang diterima oleh bahan penyekat dapat mengakibatkan perubahan susunan kimia bahan. Demikian juga pengaruh adanya kelembaban udara, basah yang ada di sekitar bahan penyekat. Jika kelembaban tidak dapat dihindari, haruslah

dipilih bahan penyekat yang tahan terhadap air. Demikian juga adanya zat-zat lain dapat merusak struktur kimia bahan.

Mengingat adanya bermacam-macam asal, sifat dan ciri bahan penyekat, maka untuk memudahkan kita dalam memilih untuk aplikasi dalam kelistrikan, kita akan membagi bahan penyekat berdasar kelompoknya. Pembagian kelompok bahan penyekat adalah sebagai berikut :

- a) Bahan tambang (batu pualam, asbes, mika, dan sebagainya)
- b) Bahan berserat (benang, kain, kertas, prespon, kayu, dan sebagainya)
- c) Gelas dan keramik
- d) Plastik
- e) Karet, bakelit, ebonit, dan sebagainya
- f) Bahan yang dipadatkan.

Penyekat bentuk cair yang penting dan banyak digunakan adalah minyak transformator dan macam-macam hasil minyak bumi. Sedangkan penyekat bentuk gas adalah nitrogen dan karbondioksida (CO_2).

Penggunaan bahan isolator selain sebagai bahan penyekat adalah sebagai bahan tahanan (resistor). Bahan tahanan yang umumnya dipakai merupakan paduan/ campuran logam-logam terdiri dari dua atau lebih unsur bahan campuran. Pemakaian bahan tahanan dalam kelistrikan, antara lain :

- a) Untuk pembuatan kotak tahanan standart dan shunt
- b) Untuk tahanan dan rheostats
- c) Untuk unsur pemanas, kompor listrik dan sebagainya.

Sesuai dengan penggunaannya bahan tahanan haruslah memiliki tahanan jenis yang tinggi, koefisien temperatur yang tinggi, dan memiliki daya elektro-motoris termo yang kecil. Pada penggunaan yang membutuhkan daya tahan panas tinggi, bahan tahanan harus dipilih yang memiliki titik cair yang tinggi, selain itu bahan tahanan

pada keadaan panas yang tinggi tidak mudah dioksidir sehingga menjadi berkarat.

c. Rangkuman 3

Pemilihan jenis bahan penghantar maupun isolator yang tepat, sesuai dengan fungsi dan kegunaannya dilapangan adalah suatu pemahaman yang harus dimiliki oleh seorang teknisi listrik maupun elektronika. Sifat dan macam bahan penghantar maupun isolator menggambarkan kegiatan pembelajaran tentang jenis penghantar yang banyak digunakan dilapangan. Pengetahuan tentang bahan penghantar maupun elektronika mendasari untuk pengembangan tentang sifat dan pengembangan bahan semikonduktor.

d. Tugas 3

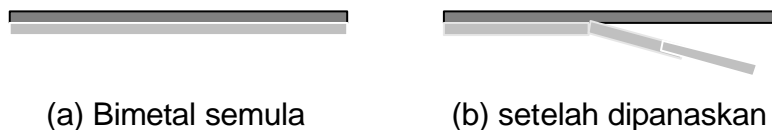
1. Pelajarilah materi tentang rangkaian arus bolak-balik ini !
2. Amati didaerah sekitar lingkungan kalian, perhatikan bahan konduktor dan isolator yang digunakan dalam instalasi rumah anda dan saluran distribusi listrik (tiang listrik) !. catat data penggunaan bahan konduktor maupun isolator!. Hasil pengamatan sebagai bahan diskusi dikelas, pada pertemuan berikutnya.

e. Tes Formatif 3

- 1) Apa yang dimaksud dengan daya elektro-motoris termo ?.
- 2) Sebutkan beberapa logam yang termasuk jenis pada golongan logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan ?
- 3) Apa yang dimaksud dengan bahan dwilogam ?
- 4) Apa nama bahan logam yang digunakan dalam kawat lampu pijar ?

f. Kunci Jawaban Formatif 3

- 1) Daya elektro-motoris termo adalah sifat bahan yang sangat penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan logam yang berlainan jenis, karena dalam suatu rangkaian, arus akan menimbulkan daya elektro-motoris termo tersendiri bila terjadi perubahan temperatur suhu. Daya elektro-motoris termo dapat terjadi lebih tinggi, sehingga dalam pengaturan arus dan tegangan dapat menyimpang meskipun sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan yang dibangkitkan tergantung pada sifat-sifat kedua bahan yang digunakan dan sebanding dengan perbedaan temperaturnya. Daya elektro-motoris yang dibangkitkan oleh perbedaan temperatur disebut dengan daya elektro-motoris termo.
- 2) Jenis logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan adalah : perak, platina. Dari kedua bahan tersebut yang memiliki daya hantar yang terbaik dari semua jenis bahan penghantar adalah perak. Tetapi jika dilihat dari segi ekonomis harga pembelian perak sangat mahal, maka penggunaannya sangat terbatas. Hampir semua bahan logam mulia penggunaannya sangat terbatas, dikarenakan mahalnya bahan dasar.
- 3) Bahan dwilogam adalah komponen dalam kelistrikan yang banyak digunakan. Bahan dwilogam juga dikenal dengan bimetal. Yakni bahan yang memadukan 2 bahan logam yang berlainan jenis, seperti gambar berikut :



- 4) Bahan dasar yang digunakan untuk membuat kawat nyala dalam lampu pijar adalah wolfram. Wolfram adalah jenis penghantar yang memiliki hambatan jenis yang besar. Apabila dialiri listrik energi

tersebut diubah menjadi energi panas, sehingga kawat wolfram menyala (berpijar).

g. Lembar Kerja 3

Alat dan Bahan

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 1) Micrometer..... | 1 Unit |
| 2) Jangka sorong..... | 1 Unit |
| 3) Ohmmeter..... | 1 Unit |
| 4) Multimeter..... | 1 Unit |
| 5) Induktor/ Ballast..... | 1 Unit |
| 6) Lampu pijar | 1 Unit |
| 7) Kabel penghantar tembaga | secukupnya |
| 8) Kabel penghantar aluminium | secukupnya |
| 9) Kabel penghantar email..... | secukupnya |
| 10) Kabel penghantar | secukupnya |

Keselamatan Kerja

- 1) Periksa alat dan bahan sebelum digunakan, pastikan alat atau bahan yang digunakan tidak rusak.
- 2) Gunakan alat ukur sesuai dengan batas ukur yang digunakan.
- 3) Perhatikan posisi selektor pada multimeter sebelum digunakan, agar tidak salah dalam pengukuran.

Langkah Kerja

- 1) Pilih salah satu jenis penghantar yang akan diukur, lakukan pengukuran panjang, diameter lingkaran dan hitung luas penampang.
- 2) Masukkan data dalam tabel pengamatan
- 3) Analisa data yang telah diambil untuk mengetahui kualitas daya hantar listrik, hambatan jenis, koefisien termal dan sebagainya.

Tabel Pengamatan

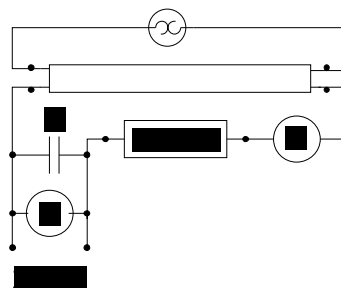
| Jenis penghantar | Pengukuran | | Perhitungan | |
|-------------------|--------------|-------------------|--------------------|-------------|
| | Diameter (d) | Panjang kawat (l) | Luas penampang (A) | Daya hantar |
| Tembaga (NYA) | | | | |
| Aluminium | | | | |
| Tembaga (serabut) | | | | |
| Email | | | | |

BAB III

EVALUASI

A. PERTANYAAN

- 1) Apakah yang disebut dengan arus listrik ?
- 2) Terangkan mengapa penghantar listrik memiliki perlawanan yang berbeda-beda terhadap arus listrik ?
- 3) Disetiap muatan titik dalam medan listrik yang homogen, maka muatan tersebut mengalami gaya apa? Jelaskan !
- 4) Bagaimana pengaruh beban induktor dan kapasitor terhadap daya yang digunakan pada tegangan bolak-balik ?
- 5) Apa yang dimaksud dengan faktor daya ?
- 6) Mengapa nilai beban di pengaruhi oleh besar frekuensi sumber?
- 7) Jika terdapat beban RLC yang diseri dengan sumber tegangan, pada saat diukur beban total yang terdeteksi hanya beban R, mengapa demikian ?
- 8) Apa yang dimaksud dengan daya elektro-motoris termo ?.
- 9) Sebutkan beberapa logam yang termasuk jenis pada golongan logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan ?
- 10) Apa yang dimaksud dengan bahan dwilogam ?
- 11) Apa nama bahan logam yang digunakan dalam kawat lampu pijar ?
- 12) Rangkailah rangkaian dibawah ini menggunakan Capacitor 3,5 μ F, TL dan Ballast 10 W. Gunakan alat dan bahan yang sesuai seperti gambar dibawah ini:



- a) Amati penunjukkan nilai tegangan (V) dan arus (A) dan masukkan dalam tabel pengamatan.
- b) Analisa data alam tabel !

Tabel Pengamatan

| Pengukuran | | | Perhitungan | | |
|------------------------|-------------|----------|-----------------|----------------|----------|
| R ballast (Ω) | Vsumber (V) | Arus (I) | XL (Ω) | Z (Ω) | Daya (P) |
| | | | | | |

B. KUNCI JAWABAN

- 1) Arus listrik adalah jumlah muatan listrik yang mengalir dalam medan penghantar tiap satuan waktu. Arus listrik memiliki satuan ampere (A) dengan simbol I. Arah arus listrik berlawanan dengan arah gerak elektron. Jika elektron bergerak dari kutub negatif ke kutub positif melewati sebuah penghantar (diluar sumber tegangan), sedang arah arus mengalir dari kutub positif sumber dan masuk melalui kutub negatif sumber tegangan.
- 2) Sebuah penghantar pasti memiliki perlawanan jika dialiri arus listrik, karena dalam penghantar terdapat tahanan dalam. Tahanan dalam ini nilainya berbeda-beda antara bahan penghantar satu dengan yang lainnya. Sesuai dengan hukum ohm bahwa nilai tahanan dalam penghantar adalah perbandingan antara tegangan dan arus yang terdapat dalam tahanan tersebut.
- 3) Jika terdapat muatan titik yang berada pada medan listrik maka muatan titik tersebut akan mengalami gaya coulomb, yakni gaya yang mengakibatkan muatan titik tersebut akan mengalami gaya tolak-menolak atau tarik menarik.
- 4) Beban kapasitor dan induktor akan sangat berpengaruh pada daya sumber yang digunakan. Beban L dan C akan memberikan efek faktor daya pada daya input dengan daya output. Nilai faktor daya akan berakibat pada efektifitas penggunaan daya dan daya yang terbuang.

- 5) Faktor daya adalah perbandingan antara daya output yang terpakai dengan daya sumber yang terpasang. Dengan mengetahui faktor daya kita akan mengetahui berapa daya yang terpakai, daya yang terbuang dan data untuk analisa yang lebih kompleks.
- 6) Nilai beban L dan C sangat dipengaruhi oleh frekuensi, berdasarkan persamaan : $X_L = 2\pi fL$, jelas bahwa nilai reaktansi induktif sangat dipengaruhi oleh nilai frekuensi. Begitu juga dengan reaktansi kapasitif.
- 7) Seri beban L dan C akan mengakibatkan terjadinya resonansi. Jika X_C dan X_L besarnya sama maka akan timbul frekuensi resonansi. Ini berakibat nilai X_C dan X_L saling mengurangi. Dan tahanan yang terukur hanyalah beban resistor.
- 8) Daya elektro-motoris termo adalah sifat bahan yang sangat penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan logam yang berlainan jenis, karena dalam suatu rangkaian, arus akan menimbulkan daya elektro-motoris termo tersendiri bila terjadi perubahan temperatur suhu. Daya elektro-motoris termo dapat terjadi lebih tinggi, sehingga dalam pengaturan arus dan tegangan dapat menyimpang meskipun sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan yang dibangkitkan tergantung pada sifat-sifat kedua bahan yang digunakan dan sebanding dengan perbedaannya. Daya elektro-motoris yang dibangkitkan oleh perbedaan temperatur disebut dengan daya elektro-motoris termo.
- 9) Jenis logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan adalah : perak, platina. Dari kedua bahan tersebut yang memiliki daya hantar yang terbaik dari semua jenis bahan penghantar adalah perak. Tetapi jika dilihat dari segi ekonomis harga pembelian perak sangat mahal, maka penggunaannya sangat terbatas. Hampir semua bahan logam mulia penggunaannya sangat terbatas, dikarenakan mahalnya bahan dasar.
- 10) Bahan dwilogam adalah komponen dalam kelistrikan yang banyak digunakan. Bahan dwilogam juga dikenal dengan bimetal. Yakni bahan yang memadukan 2 bahan logam yang berlainan jenis, seperti gambar berikut



(a) Bimetal semula



(b) setelah dipanaskan

- 11) Bahan dasar yang digunakan untuk membuat kawat nyala dalam lampu pijar adalah wolfram. Wolfram adalah jenis penghantar yang memiliki hambatan jenis yang besar. Apabila dialiri listrik energi tersebut diubah menjadi energi panas, sehingga kawat wolfram menyala (berpijar).

C. KRITERIA KELULUSAN

| Kriteria | Skor (1-10) | Bobot | Nilai | Keterangan |
|---|-------------|-------|-------|-------------------------------|
| Kognitif (soal no 1 s/d 12) | | 3 | | Syarat lulus nilai minimal 70 |
| Kebenaran merangkai | | 3 | | |
| Kerapian, kebersihan, estetika pemasangan | | 2 | | |
| Ketepatan waktu | | 1 | | |
| Ketepatan penggunaan alat | | 1 | | |
| Nilai Akhir | | | | |

BAB IV

PENUTUP

Peserta diklat yang telah mencapai syarat kelulusan minimal dapat melanjutkan ke modul TU-001 atau TU-002 atau TU-007. Sebaliknya, apabila peserta diklat dinyatakan tidak lulus, maka peserta diklat harus mengulang modul ini dan tidak diperkenankan untuk mengambil modul selanjutnya.

Jika peserta diklat telah lulus menempuh 9 modul, maka peserta diklat berhak memperoleh sertifikat kompetensi Operator Peralatan Telekomunikasi Konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Kusnandar dkk (2001), *Penerapan Konsep Dasar Listrik dan Elektronika SMK*

Tingkat I, Armico, Bandung.

Tim. (1987), *Teori Listrik 1*, Pusat Pendidikan dan Latihan (Pusdiklat) PLN, Jakarta.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Yayasan PUIL Jakarta.