



Dr. Hantje Ponto, DEA., MAP.

DASAR TEKNIK LISTRIK

Editor: Dr. Djami Olii, MT



UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

DASAR TEKNIK LISTRIK

Hantje Ponto

Editor :
Dr. Djami Oliy, M.T.

Desain cover
Nama

Sumber
link

Tata letak :
Cinthia Morris Sartono

Ukuran :
viii, 241 hlm, Uk: 15.5x23 cm

ISBN :
978-623-7022-93-0

Cetakan Pertama:
Bulan 2018

Hak Cipta 2018, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2018 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id
www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

PRAKATA

Listrik sangat berperan di era kemajuan teknologi. Listrik merupakan suatu energi yang dapat menggerakkan peralatan listrik dan elektronika. Peralatan ini digunakan masyarakat untuk menunjang aktivitasnya di rumah, perkantoran, dunia usaha/industri, dan sebagainya.

Listrik telah menjadi pelajaran krusial dalam dunia pendidikan agar generasi bangsa dapat menguasai dan menerapkannya. Listrik merupakan fenomena alam sangat penting untuk bagi siapa saja yang ingin mempelajari bidang keahlian Teknologi dan Rekayasa Teknik Ketenagalistrikan.

Penulisan buku ini tentang Teknik Dasar Listrik sebagai buku referensi bagi yang ingin mempelajari tentang teknik elektro dan elektronika di SMK maupun Perguruan Tinggi termasuk teknisi.

Kiranya buku ini dapat berguna bagi siapa saja terutama untuk siswa SMA/SMK maupun mahasiswa yang ingin mempelajari bidang teknik elektro. Penulis sadari buku ini terdapat kekurangan, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran sangat kami butuhkan dalam rangka penyempurnaan penulisan buku ini. Terima Kasih.

Manado, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
BAB 1 SEJARAH PENEMUAN LISTRIK	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Era Penemuan dan Penelitian Tentang Listrik	2
1.3. Peran Listrik Terhadap Perkembangan Teknologi.....	4
BAB 2 BESARAN DAN SATUAN	8
2.1. Pendahuluan	8
2.2. Besaran Pokok	11
2.3. Besaran Turunan	12
2.4. Konversi Satuan SI dengan Satuan Lama dan Satuan Non-SI.....	16
2.5. Besarna Skalar dan Besaran Vektor.....	19
2.6. Sejarah proses penetapan SI	22
BAB 3 DASAR KELISTRIKAN	27
3.1. Pendahuluan	27
3.2. Atom dan Elektron	27
3.3. Muatan Listrik	28
3.4. Hukum Kekekalan Muatan	30
3.5. Hukum Coulomb.....	33
3.6. Sifat Muatan Listrik	35
3.7. Induksi	36
3.8. Elektroskop	36
3.9. Medan Listrik	37
3.10. Potensial/Tegangan listrik.....	39
3.11. Arus Listrik.....	41

3.12.	Hambatan (Tahanan) Listrik	55
3.13.	Gaya Gerak Listrik.....	57
3.14.	Daya Hantar Listrik.....	61
BAB 4	KOMPONEN PASIF DAN AKTIF	74
4.1.	Komponen Pasif.....	74
4.2.	Komponen Aktif.....	92
BAB 5	ALAT UKUR DAN PENGUJIAN KOMPONEN	139
5.1.	Pendahuluan	139
5.2.	Alat Ukur Amperemeter	140
5.3.	Alat Ukur Voltmeter	141
5.4.	Alat Ukur Ohmmeter.....	142
5.5.	Alat Ukur Wattmeter	143
5.6.	Alat Ukur Cosømeter	146
5.7.	Alat Ukur Multimeter	147
5.8.	Alat Ukur Osiloskop	156
BAB 6	HUKUM-HUKUM RANGKAIAN	160
6.1.	Hukum Ohm	160
6.2.	Hukum Kirchhoff I	164
6.3.	Hukum Kirchhoff II	167
BAB 7	RANGKAIAN TEGANGAN/ARUS SEARAH	171
7.1.	Pendahuluan	171
7.2.	Rangkaian Sumber Tegangan Elemen Arus Searah.....	172
7.3.	Rangkaian Hambatan Resistor	182
7.4.	Praktikum.....	205
BAB 8	ANALISIS RANGKAIAN	217
8.1.	Pendahuluan	217
8.2.	Pembagi Tegangan	217
8.3.	Pembagi Arus	222

BAB 9	ENERGI DAN DAYA LISTRIK	228
9.1.	Energi Listrik.....	228
9.2.	Daya Listrik	231
DAFTAR PUSTAKA		239
BIODATA PENULIS		241

BAB 1

SEJARAH PENEMUAN LISTRIK

1.1. Pendahuluan

Listrik merupakan suatu energi yang telah menjadi kebutuhan sangat penting di era kemajuan teknologi sekarang ini. Perkantoran milik negara maupun swasta dan industri telah menjadi ketergantungan terhadap listrik untuk menjalankan aktivitas sehingga tanpa listrik dapat mengganggu kinerjanya, karena pada umumnya peralatan diaktifkan menggunakan listrik, seperti lampu penerangan, komputer, printer, pengatur suhu ruangan, alat informasi dan komunikasi (internet), dan sebagainya. Demikian pula banyak peralatan rumah tangga menggunakan listrik seperti televisi, mesin cuci, setrika, lemari es, kipas angin, alat masak, dan sebagainya. Di dalam kehidupan kita sehari-hari kata listrik bukan merupakan hal yang asing lagi. Hal ini menunjukkan bahwa di dalam kehidupan kita energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok. Oleh karena itu penting bagi kita untuk mempelajari listrik.

Energi listrik mempunyai kelebihan dibanding dengan energi lain diantaranya ialah:

- Energi listrik lebih mudah disalurkan
- Energi listrik lebih mudah didistribusikan ke daerah yang luas
- Energi listrik dapat lebih mudah diubah ke dalam bentuk energi lain, misalnya menjadi energi panas, cahaya, tenaga mekanik, kimiawi. Kita menggunakan istilah listrik apabila listrik itu digunakan untuk menjalankan motor listrik, menyalakan lampu, menghasilkan panas dan membuat magnet listrik.

Listrik adalah suatu fenomena fisika yang berhubungan dengan muatan listrik yang ada pada suatu material (bahan). Listrik menimbulkan berbagai macam efek yang telah umum diketahui, seperti petir, listrik statis, induksi elektromagnetik dan arus listrik. Adanya listrik juga bisa

menimbulkan dan menerima radiasi elektromagnetik seperti gelombang radio.

Jauh sebelum pengetahuan tentang listrik ada, orang pada saat itu takut akan kejutan dari ikan listrik. Penduduk Mesir Kuno dari zaman 2750 BC (Before Christ/sebelum kristus) menyebut ikan ini sebagai "Guntur dari Nil", dan menganggap mereka sebagai "pelindung" dari semua ikan lainnya. Ikan listrik kemudian juga dilaporkan satu milenium kemudian oleh Yunani Kuno, Kekaisaran Romawi dan para naturalis Arab. Beberapa penulis kuno, seperti Plinius yang Tua dan Scribonius Largus, membuktikan efek mati rasa sengatan listrik dari lele dan pari torpedo, dan tahu bahwa kejutan listrik tersebut dapat mengalir melalui benda berkonduktansi. Pasien yang terkena pirai atau saccut kepala juga diarahkan untuk memegang ikan listrik dengan harapan bahwa kejutan yang kuat tersebut mampu menyembuhkan mereka. Kemungkinan pendekatan awal dan paling dekat kepada penemuan listrik dari sumber lainnya adalah kepada orang-orang Arab, di mana sebelum abad ke-15 mereka telah memiliki kata berbahasa Arab untuk petir (*raad*) ke pari listrik.

1.2. Era Penemuan dan Penelitian Tentang Listrik

Di era budaya kuno sekitar laut Mediterania ditemukan beberapa benda, seperti batang ambar, bila digosok dengan bulu kucing dapat menarik benda ringan seperti bulu. Thales membuat beberapa observasi pada listrik statis sekitar tahun 600 BC, di mana ia percaya bahwa friksi yang dihasilkan amber magnetik, kebalikan dari mineral seperti magnetik seperti tidak perlu digosok. Thales saat itu belum tahu benar bahwa tarik-menarik disebabkan oleh efek magnet, namun sains kemudian membuktikan adanya hubungan antara magnetisme dan listrik.

Adanya teori kontroversial, yaitu orang-orang Parthia diduga telah memiliki pengetahuan tentang *electroplating* berbasis pada penemuan Baghdad Battery tahun 1936 yang menyerupai sel galvanik, meskipun belum diketahui apakah artefak itu berlistrik di alam semesta. Benjamin Franklin telah melakukan penelitian ekstensif tentang listrik di abad ke-18 yang didokumentasikan oleh Joseph Priestley (1767) *History and Present*

Status of Electricity, dengannya Franklin melakukan korespondensi lanjutan tentang hal tersebut.

Selama satu milenium hingga tahun 1600 listrik hanya menjadi bahan keingintahuan, ketika ilmuwan Inggris William Gilbert membuat studi khusus mengenai listrik dan magnetisme, membedakan efek lodestone dari listrik statis yang dihasilkan dengan menggosok ambar. Ia mengajukan kata Latin Baru *electricus* (seperti amber, dalam Bahasa Yunani kuno adalah ἤλεκτρον artinya *elektron*) untuk merujuk pada sifat menarik benda ringan setelah digosok. Kata ini akhirnya diserap dalam bahasa Inggris "*electric*" dan "*electricity*", yang pertama kali muncul pada tulisan cetak pada tulisan milik Thomas Browne, *Pseudodoxia Epidemica*, tahun 1646 (Wikipedia, 2017).

Karya ilmiah tentang listrik selanjutnya dilakukan oleh Robert Boyle, Otto von Guericke, C. F. Du Fay, dan Steven Gray. Di abad ke-18, Benyamin Franklin melakukan penelitian tentang ekstensif pada kelistrikan. Bulan Juni 1752 berhasil menempelkan kunci logam ke bagian dasar senar layang yang dibasahi dan menerbangkan layang tersebut di langit berbadai. Adanya kilatan yang meloncat dari kunci ke tangannya menunjukkan bahwa kilat adalah listrik di alam.

Kemudian Luigi Galvani pada tahun 1791 mempublikasikan penemuan biolistrik, menunjukkan bahwa listrik merupakan medium di mana sel saraf memberikan signal ke otot. Baterey Alessandro atau tumpukan volta dibuat dari lapisan seng dan tembaga, sehingga memberikan sumber yang lebih dipercaya bagi para ilmuwan bagi sumber energi listrik daripada mesin elektrostatis yang sebelumnya digunakan. Dikenalnya elektromagnetisme ke dalam satuan fenomena listrik dan magnetik, adalah karya dari Hans Christian Orsted dan André-Marie Ampere pada tahun 1819–1820; Michael Faraday menemukan motor listrik tahun 1821 (Wikipedia, 2017).

Pada tahun 1827, George Ohm melakukan analisis secara matematis tentang rangkaian listrik. Listrik dan magnet (dan cahaya) yang dihubungkan oleh James Clerk Maxwell pada tulisannya yang berjudul "*On Physical Line of Force*" pada tahun 1861 dan 1862.

Awal abad ke-19 mulai terjadi perkembangan yang sangat cepat perkembangan tentang ilmu kelistrikan. Para penemu, yaitu Thomas Edison, Galileo Ferraris, Alexander Graham Bell, Otto Blathy, Oliver Heaverside, Lord Kelvin, Sir Charles Parson, Anyos Jedlik, Ernst Werner von Siemens, Joseph Swan, Nicola Tesla dan George Westinghouse, listrik telah berubah dari keingintahuan sains melakukan rekayasa (*engineer*) peralatan moderen yang berguna untuk kehidupan yang menjadi penggerak pada era Revolusi Industri Kedua (Wikipedia, 2017).

Tahun 1887, Heinrich Hertz menemukan elektroda yang teriluminasi dengan cahaya ultraviolet dapat menghasilkan suatu percikan listrik yang lebih muda. Pada tahun 1905 Albert Einstein mempublikasikan tulisannya yang menjelaskan data percobaan dari efek fotolistrik (*photovoltaic*) sebagai hasil dari energi cahaya yang dibawa pada discrete quantized packets, menghidupkan elektron. Penemuan ini mengantarkan pada revolusi kuantum. Pada tahun 1921, Einstein memperoleh hadiah Nobel dibidang Fisika tentang penemuannya dalam hukum “efek fotolistrik”. Efek fotolistrik juga digunakan dalam fotosel seperti yang ditemukan pada panel surya (*photovoltaic*) yang dapat digunakan untuk menghasilkan (memproduksi) listrik secara komersial (Wikipedia, 2017).

Alat solid-state pertama yaitu *detector cat's whisker*, pertama kali digunakan tahun 1900an pada penerima radio. Kawat menyerupai kumis ditempatkan berkontak dengan kristal padat (seperti kristal germanium) untuk mendeteksi signal radio dengan efek simpang kontak. Pada komponen bentuk padat, arus listrik dibatasi oleh elemen padat dan senyawa direkayasa spesifik untuk menghidupkan dan memperkuatnya. Aliran arus dapat dipahami dalam 2 bentuk: sebagai elektron bermuatan negatif dan elektron kekurangan muatan positif yang disebut lubang. Muatan dan lubang ini dapat dipahami pada fisika kuantum. Material pembangunnya biasanya adalah kristalin semikonduktor.

1.3. Peran Listrik Terhadap Perkembangan Teknologi

Komponen yang bentuk padat mulai berkembang setelah muncul transistor pada era tahun 1947. Beberapa komponen bentuk padat yang umum adalah transistor, *Chip Mikroprosesor* dan RAM. Sebuah tipe

khusus dari RAM diberi istilah *Flash RAM* digunakan pada *flash drives*. Selain itu, *solid-state drive* saat ini digunakan untuk menggantikan cakram keras yang berputar mekanis. Komponen bentuk padat mulai populer sejak tahun 1950-an dan 1960-an, transisi dari tabung vakum ke dioda semikonduktor, transistor, sirkuit terintegrasi (*intergration circuit* – IC) dan dioda pancaran cahaya (LED).

Sekarang telah terjadi percepatan mengarah pada revolusi Nanoteknologi yang merupakan persaingan global. Teknologi ini merupakan suatu ciptaan Zat yang berukuran satu per miliar meter atau nanometer, dimana sifat zat ini dapat diubah sesuai dengan keinginan dan kebutuhan manusia di era moderen. Nanoteknologi ini yaitu suatu rekayasa material dalam orde nanokristal yang berukuran 1 nanometer adalah 0,000001 milimeter sehingga suatu material dapat diubah bentuk menjadi nanokristal (besaran ini dibahas dalam bab 2). Kemajuan teknologi ini dapat dilihat produk-produk dibidang informasi dan komunikasi, seperti komputerisasi, *handphon*, dan sebagainya maupun untuk keamanan, diantaranya keamanan kantor, rumah tinggal, mobil, dan sebagainya.

Pengembangan nanoteknologi ini sudah dikembangkan oleh negara-negara maju di dunia, seperti Amerika Serikat, Jepang, Australia, Kanada, dan negara-negara eropa lainnya serta beberapa negara Asia, seperti China, Korea, dan Singapura.

Rangkuman

Listrik adalah suatu energi yang dibutuhkan di era kemajuan teknologi sekarang ini. Listrik seringkali disebut tenaga karena dapat menggerak atau beraktivitas suatu peralatan, seperti peralatan yang menggunakan motor listrik yang berfungsi untuk merubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau kinetik, mengoperasikan komputer, televisi, pemanas, pendingin (kulkas, air condition), dan sebagainya.

Listrik dikenal sejak zaman mesir kuno pada tahun 2750 tahun yang lalu atau lebih lama dari BC (*Before Chhrist*, sebelum Kristus lahir). Listrik pertama kali dikenal melalui ikan lele yang dapat menghasilkan listrik pada saat dirinya mendapat ancaman dari makhluk lain, seperti hewan maupun manusia saat itu.

Selama satu milenium hingga tahun 1600 listrik hanya menjadi bahan keingintahuan manusia. Awal abad ke-19 mulai terjadi perkembangan yang sangat cepat perkembangan tentang ilmu kelistrikan yang dilakukan penelitian para penemu.

Tahun 1887, Heinrich Hertz menemukan bahwa elektroda yang teriluminasi dengan cahaya ultraviolet dapat menghasilkan suatu percikan listrik yang lebih muda. Pada tahun 1905 Albert Einstein mempublikasi tulisannya yang menjelaskan data percobaan dari efek fotolistrik (*photovoltaic*). Penemuan ini sehingga Einstein memperoleh hadiah Nobel pada tahun 1921.

Selanjutnya para perekayasa dari hasil penelitian mereka sehingga menghasilkan komponen bentuk padat mulai populer sejak tahun 1950-an dan 1960-an, transisi dari tabung vakum ke dioda semikonduktor, transistor, sirkuit terintegrasi (*intergration circuit – IC*) dan dioda pancaran cahaya (LED) yang merupakan era kebangkitan teknologi semakin canggih.

Sejak tahun 2000, telah dikembangkan Nano teknologi yang merupakan hasil rekayasa suatu material seper satu miliar yang telah menguasai peralatan listrik dibidang perekayasaan dibidang elektronika. Perkembangan Nonoteknologi ini telah dirasakan dalam kehidupan manusia, diantaranya hasil rekayasa dibidang peralatan elektronika seperti komputer, *handphone*, peralatan keamanan untuk kantor, rumah tinggal, mobil, dan sebagainya.

Soal-soal Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan energi listrik dan manfaatnya
2. Listrik dikenal sejak zaman?
3. Sebutkan dan jelaskan mahluk yang menghasilkan listrik dan jelaskan mengapa dan untuk apa makhluk tersebut menghasilkan listrik?
4. Jelaskan percobaan pertama kali dilakukan manusia untuk membuktikan bahwa magnet dan listrik terdapat di alam.

5. Sebutkan tokoh-tokoh yang melakukan percobaan tentang listrik dan jelaskan percobaan yang dilakukan serta pada tahun berapa mereka beraktivitas tentang listrik.
6. Jelaskan penemuan Albert Einstein pada tahun 1905 dan hadiah apa yang diterima beliau pada waktu itu?
7. Listrik dapat dijadikan energy untuk menggerakkan tentang ...
8. Ilmuwan-ilmuwan siapa saja yang mengaplikasikan elektro-magnetisme ke dalam satuan listrik dan magnetik sehingga tercipta peralatan-peralatan mesin listrik yang sangat berguna bagi manusia?
9. Apa yang ditemukan oleh George Ohm?
10. Jelaskan perkembangan tentang komponen listrik dan elektronika mulai tahun 1947 yang bermanfaat bagi manusia dan dimulainya era teknologi digital.
11. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Nanoteknologi dan negara-negara yang melakukan perekayasaan teknologi tersebut

BAB 2

BESARAN DAN SATUAN

2.1. Pendahuluan

Pada umumnya besaran-besaran pokok beserta satuannya, besaran turunan beserta satuannya, dan dimensi dari besaran-besaran sangat urgen (penting) dalam materi pelajaran Dasar-dasar listrik terutama untuk diterapkan dalam bidang ilmu Teknik Listrik. Berdasarkan pengalaman mengajar lebih dari 30 tahun dijenjang sekolah menengah atas (SMA/SMK) hingga Perguruan Tinggi pada umumnya peserta didik mengalami kesulitan memahami tentang Satuan Pokok dan Satuan Turunan khususnya untuk diterapkan dalam bidang keteknikan. Hal ini terjadi karena jarang diberi penjelasan khusus oleh pendidik (guru/dosen), melainkan mereka langsung menyajikan materi pelajaran tanpa terlebih dahulu menjelaskan terlebih dahulu tentang besaran dan satuannya, yaitu apa yang dimaksud dengan besaran, mengapa besaran harus ada satuan, dari mana satuannya, seberapa penting besaran dan satuan tersebut, dan sebagainya. Hal ini merupakan awal munculnya kebosanan peserta didik mempelajari materi pelajaran ilmu sains (matematika, fisika, kimia, dan biologi) sehingga terjadi dikotomi antara pembelajaran ilmu sains dengan ilmu social dan seni, karena dalam proses pembelajaran atau penyajian materi hanya bersifat abstrak. Hal ini akan semakin kompleks yang bagi peserta didik untuk menerapkan besaran-besaran tersebut dalam materi selanjutnya, diantaranya untuk diterapkan dalam bidang keteknikan. Agar besaran dan satuan dapat dipahami peserta didik maka diberi penjelasan kemudian diuji dalam kegiatan praktikum di laboratorium sehingga pembelajaran menjadi konkrit. Dengan demikian perlu dijelaskan satuan-satuan pokok tersebut dalam kegiatan pembelajaran sehingga peserta didik akan berpikir bahwa besaran-besaran tersebut sangat penting untuk dipelajari dan dipahami terutama penerapannya dalam dunia nyata yang ditemukan setiap hari.

Materi kelistrikan termasuk dalam bidang ilmu sains khususnya bidang ilmu fisika. Ilmu ini memiliki besaran-besaran tertentu sehingga sangat penting untuk mempelajari konsep-konsep dasar tentang besaran-besaran tersebut. Konsep besaran ini akan digunakan dari sekolah dasar (SD), sekolah menengah pertama (SMP), sekolah menengah atas (SMA), perguruan tinggi (PT), dan dunia industri yang memproduksi hasil rekayasa peralatan teknologi yang dibutuhkan dan berguna bagi kehidupan manusia.

Besaran adalah menyatakan sifat tentang sesuatu. Berdasarkan cara untuk memperoleh besaran dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu:

- Besaran fisik adalah suatu besaran yang diperoleh dari hasil pengukuran. Untuk memperoleh besaran ini digunakan alat ukur yang telah memiliki standar tertentu. Besaran tersebut telah ditentukan nilai satuan, simbol, dan dimensi.
- Besaran non fisik adalah suatu besaran yang diperoleh melalui hasil perhitungan atau tidak menggunakan alat ukur dalam bentuk fisik, kecuali menggunakan alat hitung seperti simpoa (alat hitung tradisional China), kalkulator, dan sebagainya. Misalnya kita menghitung besaran uang yang harus dibayar pada saat membeli suatu benda, maka harus dihitung besaran uang yang dimiliki untuk mengetahui apakah cukup untuk membeli benda tersebut? Sedangkan uang memiliki satuan dan simbol, yaitu Rupiah (Rp/IDR), Dolar (USD), Yen, dan sebagainya. Besaran-besaran nilai uang dari berbagai negara tersebut memiliki nilai satuan dan simbol seperti Rupiah, Dolar, dan Yen (JPY).

Ahli fisika yang bernama Lord Kelvin mengatakan bahwa bila kita dapat mengukur tentang sesuatu yang sedang kita bicarakan dan menyatakan dengan angka-angka (kuantitatif), berarti kita mengetahui apa yang sedang kita bicarakan. Dengan demikian untuk mengetahui tentang sesuatu fenomena fisik misalnya dalam besaran-besaran fisika, perlu dilakukan pengamatan dengan pengukuran. Suatu pengamatan terhadap suatu gejala perlu dilengkapi dengan data kuantitatif berupa angka-angka

yang diperoleh dari hasil pengukuran. Angka-angka tersebut merupakan besaran-besaran sangat penting dalam ilmu pengetahuan untuk dianalisis.

Sistem Internasional (SI) yaitu sistem yang dibangun dan dikembangkan dari sistem besaran metrik yang diresmikan di Perancis pada tahun 1960. SI merasionalisasi besaran-besaran yang sudah ada untuk menjadi standar secara internasional dalam penggunaannya. Besaran-besaran tersebut dinyatakan dalam satuan dan dimensi agar dapat dikonversi ke dalam besaran-besaran yang lain. Besaran-besaran satuan yang dirasionalisasi SI meliputi satuan besaran pokok terdiri dari 7 besaran dan 2 besaran tambahan.

Besaran dalam ilmu fisika adalah sesuatu yang dapat diukur, dinyatakan dengan nilai atau angka-angka, mempunyai satuan, dan dimensi. Listrik merupakan bagian dari ilmu fisika yang merupakan suatu fenomena yang memiliki besaran-besaran menggunakan standar yang telah ditentukan seperti dijelaskan oleh Standar Internasional (SI). Besaran ini memiliki nilai, satuan, simbol, dan pada umumnya memiliki dimensi sebagaimana dijelaskan dalam SI. Nilai tersebut diperoleh dalam bentuk kuantitatif dan dapat dikualitatifkan. Nilai kuantitatif diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dan nilai ini merupakan data dijadikan acuan untuk dianalisis. Setelah nilai dalam bentuk data dianalisis maka dapat dikualitatifkan. Contoh bila seseorang ingin mengetahui besaran daya listrik (watt) yang terpakai selama satu bulan, maka besaran daya listrik tersebut dapat dilihat pada alat ukur KWH (Kilo Watt Hour) yang terpasang di rumah. Berdasarkan hasil pengukuran KWH maka diperoleh besaran nilai misalnya 400 KWH yang menunjukkan jumlah daya yang digunakan selama satu bulan. Nilai ini dapat dijadikan pembandingan penggunaan daya listrik bulan sebelumnya misalnya 300 KWH, sehingga dapat disimpulkan bahwa daya listrik yang digunakan 2 bulan lalu lebih “hemat” dibandingkan dengan penggunaan daya listrik 1 bulan yang lalu. Maka kata “hemat” merupakan data kualitatif. Contoh lain, seorang siswa memperoleh nilai 9 pada mata pelajaran dasar-dasar listrik, nilai tersebut merupakan nilai tertinggi dari seluruh siswa yang mempelajarinya maka siswa ini akan dikatakan “sangat baik” menguasai pelajaran tersebut.

Sedangkan sangat baik, baik, tidak baik, buruk, dan sebagainya merupakan penilaian secara kualitatif.

Hasil-hasil pengukuran terhadap fenomena besaran-besaran fisik terdiri dari *besaran pokok*, *besaran tambahan*, *besaran turunan*, *besaran vektor* dan *besaran skalar*. Besaran ini dijadikan acuan untuk dikonversi ke dalam berbagai besaran-besaran fisik lainnya termasuk besaran-besaran yang berkaitan dengan besaran-besaran listrik yang dibahas dalam buku ini.

2.2. Besaran Pokok

Sistem besaran fisik bersifat besaran baku dan berlaku universal. Sistem satuan Standar Internasional (SI) ditetapkan pada tahun 1960 pada saat dilakukan pertemuan para ilmuwan di Servres, Paris Perancis. Sistem satuan ini digunakan dalam dunia pendidikan dan pengetahuan.

Besaran pokok adalah suatu besaran yang didefinisikan tersendiri dan memiliki satuan, besaran dan dimensi. Besaran-besaran pokok menurut SI meliputi Panjang, Massa, Waktu, Suhu, Kuat Arus, Intensitas Cahaya, dan Jumlah Zat. Besaran-besaran pokok, satuan, besaran, dan dimensi dikemukakan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Besaran Pokok

No.	Besaran Pokok	Simbol / Lambang	Satuan	Simbol Satuan	Dimensi
1.	Panjang	l	Meter	m	L
2.	Massa	m	Kilogram	kg	M
3.	Waktu	t	Second/detik	s	T
4.	Kuat Arus Listrik	I	Ampere	A	J
5.	Suhu	q	Kelvin	K	θ
6.	Kuat Cahaya	l	Candela	Cd	I
7.	Jumlah Zat	n	Mole	Mol	N
8.	Sudut Bidang Datar	θ	Radian	Rad*)	-
9.	Sudut Ruang	Φ	Stradian	Sr*)	-

Besaran “Sudut Bidang Datar” dan “Sudut Ruang” merupakan besaran tambahan dan ke dua besaran ini tidak memiliki dimensi.

2.3. Besaran Turunan

Besaran turunan adalah suatu besaran yang diturunkan dari satu atau lebih besaran pokok. Besaran-besaran turunan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Besaran Turunan

No.	Besaran Turunan	Nama Satuan	Simbol Satuan	Dimensi Satuan
1.	Luas	<i>Meter Persegi</i>	m ²	m ²
2.	Volume	<i>Meter Kubik</i>	m ³	m ³
3.	Kecepatan	<i>Meter per Secon</i>	m/s	m/s
4.	Massa Jenis	<i>Kilogram per Meter Kubik</i>	kg/m ³	kg/m ³
5.	Gaya	<i>Newton</i>	N	Kg.m/sec ²
6.	Tekanan	<i>Pascal</i>	Pa.N/m ²	Kg.m/sec ²
7.	Energi	<i>Joule</i>	J.Nm	Kg.(m ² /sec ²)
8.	Tenaga	<i>Watt</i>	W.J/sec	Kg.m ² /sec ²
9.	Torque	<i>Meter-Newton</i>	r.mN	Kg.m ² /sec ²
10.	Electric Charge	<i>Coulomb</i>	C	Asec
11.	Potensial/Tegangan Listrik	<i>Volt</i>	V atau J/C	Kg.m ² /sec ² a
12.	Tahanan/Hambatan Listrik	<i>ohm</i>	R atau V/A	Kg.m ² /sec ² a ²
13.	Kapasitansi	<i>Farad</i>	F, C/V, C ² /J	sec ⁴ a ² /kgm ²
14.	Induktansi	<i>Henry</i>	H, J/A ² , sec	kgm ² /sec ² a ²
15.	Muatan listrik	<i>Coulomb</i>	C	A.s
16.	Fluks Magnetis	<i>Weber</i>	Wb, J/A, Vsec	kgm ² /sec ² a
17.	Intensitas Magnetis	<i>Testa</i>	T, Wb/m ² , Vsec/m ²	kg/sec ² a
18.	Frekuensi	<i>hertz</i>	Hz	Sec-1
19.	Disintegrasi rate	<i>Bacquerel</i>	Bq	Sec-1
20.	Doseis Absorpsi	<i>Gray</i>	Gy, J/kg	m ² /sec ²

Beberapa contoh “Besaran Turunan” yang diturunkan dari “Besaran Pokok”, diantaranya:

- Kecepatan adalah besaran turunan yang diturunkan dari besaran pokok panjang dan waktu, yaitu jarak (s) dibagi waktu (t). formula persamaan adalah

$$v = \frac{S}{t} \dots \dots (2.1)$$

v = kecepatan, dengan satuan meter/sekon (m/s)

s = jarak, dengan satuan meter (m)

t = waktu, dengan satuan second (s)

- Massa Jenis diturunkan dari besaran pokok massa (m) dan volume (V).

Besaran turunan Massa jenis dihitung dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

ρ = massa jenis, dengan satuan kilogram/meter kubik (kg/m^3)

m = kilogram, dengan satuan kilogram (kg)

V = volume, dengan satuan meter kubik (m^3).

Pada umumnya peralatan perangkat elektronika tertera label frekuensi seperti AC 50 Hz demikian juga pada perangkat radio. Frekuensi ini berkaitan dengan gelombang listrik atau gelombang elektromagnetik. Dalam ilmu fisika, frekuensi diberi pengertian jumlah getaran yang dihasilkan dalam setiap 1 detik (second). Dalam ilmu listrik/elektronika, frekuensi adalah jumlah gelombang listrik yang dihasilkan setiap detik.

Dalam ilmu fisika maupun teknik listrik/elektronika, frekuensi diberi simbol huruf “ f ” dengan satuan Hertz (Hz). 1 Herz sama dengan satu getaran atau satu gelombang listrik dalam satu detik (1 Hertz = 1 gelombang perdetik). Menggunakan istilah Hertz untuk menghargai nama dari seorang fisikawan berasal dari Jerman yang bernama lengkap Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894).

Frekuensi dapat diukur dengan waktu antara dua peristiwa yang disebut periode. Untuk menghitung frekuensi yaitu hasil kebalikan dari periode (T) yang diformulasikan dengan persamaan:

$$f = \frac{1}{T} \dots \dots (2.3)$$

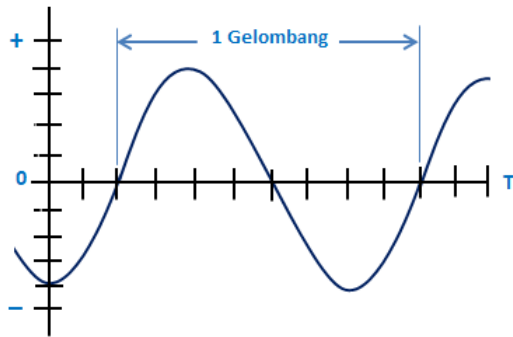
Dari persamaan ... periode (T) dapat dihitung dengan persamaan

$$T = \frac{1}{f} \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

f = frekuensi, dengan satuan Hertz (Hz)

T = periode, dengan satuan detik/second (s)



Gambar 2.1 Kurva gelombang frekuensi

Frekuensi sering dihubungkan dengan jumlah getaran, dengan persamaan;

$$f = \frac{n}{T} \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

f = frekuensi

n = jumlah getaran

T = waktu



Gambar 2.2 Alat ukur Frekuensi

Contoh soal 2.1:

Untuk menghasilkan 1 gelombang listrik adalah 0,003 detik. Tentukan berapa frekuensinya.

Diketahui:

T = 0,005 detik

Ditanya:

Frekuensi (f)?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 2.3 maka diperoleh

$$f = \frac{1}{0,003}$$

$$= 200 \text{ Hz}$$

Contoh soal 2.2:

Frekuensi listrik bolak-balik adalah 50 Hz. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh 1 gelombang listrik?

Diketahui:

f = 50 Hz

Ditanya:

Berapa waktu (T) untuk memperoleh 1 gelombang listrik?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 2.4 maka diperoleh

$$T = \frac{1}{50}$$

$$= 0,02 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk memperoleh 1 gelombang listrik dibutuhkan waktu 0,02 detik.

2.4. Konversi Satuan SI dengan Satuan Lama dan Satuan Non-SI

Sebelum adanya SI banyak satuan pengukuran yang digunakan. SI mengadopsi sistem metrik agar berlaku secara internasional. Satuan-satuan lama terdapat pada brosur resmi SI. Pada Tabel 2.3 dikemukakan daftar satuan pengukuran pada katalog yang menunjukkan faktor konversi yang menghubungkan satuan-satuan tersebut dengan satuan setara yang pernah digunakan sebelum diadopsi oleh SI.

Tabel 2.3 Satuan-satuan yang digunakan sebelum adanya SI

Besaran	Dimensi	Satuan SI dan simbol	Satuan lama dan simbol	Faktor konversi
Waktu	T	detik (s)	detik (s)	1
Panjang	L	meter (m)	sentimeter (cm) ångström (Å)	0.01 10^{-10}
Massa	M	kilogram (kg)	gram (g)	0.001
Arus listrik	I	ampere (A)	international ampere abampere atau biot statampere	1,000022 10.0 $3,335641 \times 10^{-10}$
Temperatur	θ	kelvin (K) derajat Celsius (°C)	centigrade (°C)	$[K] = [^{\circ}C] + 273.15$ 1
Intensitas cahaya	J	candela (cd)	international candle	0.982
Jumlah zat	N	Mol	Tidak ada satuan lama	n/a
Luas	L^2	meter persegi (m ²)	are (are)	100
Percepatan	LT^{-2}	(m·s ⁻²)	gal (gal)	10^{-2}
Frekuensi	T^{-1}	hertz (Hz)	siklus per detik	1
Energi	L^2MT^{-2}	Joule (J)	erg (erg)	10^{-7}
Daya	L^2MT^{-3}	watt (W)	(erg/s) daya kuda (HP) P ferdestärke (PS)	10^{-7} 745.7 735.5
Gaya	LMT^{-2}	newton (N)	dyne (dyn) sthene (sn) kilopond (kp)	10^{-5} 10^3 9,80665

Besaran	Dimensi	Satuan SI dan simbol	Satuan lama dan simbol	Faktor konversi
Tekanan	$L^{-1}MT^{-2}$	pascal (Pa)	barye (Ba) pieze (pz) atmosfer (at)	0.1 10^3 $1,01325 \times 10^5$
Muatan listrik	IT	coulomb (C)	abcouomb statcoulomb atau franklin	10 $3,335641 \times 10^{-10}$
Perbedaan potensial	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	volt (V)	internasional volt abvolt statvolt	1,00034 10^{-8} $2,997925 \times 10^2$
Kapasitansi	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	farad (F)	abfarad statfarad	10^9 $1,112650 \times 10^{-12}$
Induktansi	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	henry (H)	abhenry stathenry	10^{-9} $8,987552 \times 10^{11}$
Hambatan listrik	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ohm (Ω)	international ohm abohm statohm	1,00049 10^{-9} $8,987552 \times 10^{11}$
Konduktansi listrik	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	siemens (S)	international mho (\mathcal{O}) abmho statmho	0,99951 10^9 $1,112650 \times 10^{-12}$
Fluks magnetik	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	weber (Wb)	maxwell (Mx)	10^{-8}
Densitas fluks magnetik	$MT^{-2}I^{-1}$	tesla (T)	gauss (G)	10^{-4}
Kekuatan medan magnetik	IL^{-1}	(A/m)	oersted (Oe)	$10^3/4\pi = 79,57747$
Viskositas dinamik	$ML^{-1}T^{-1}$	(Pa·s)	poise (P)	0.1
Viskositas kinematik	L^2T^{-1}	($m^2 \cdot s^{-1}$)	stokes (St)	10^{-4}
Fluks cahaya	J	lumen (lm)	stilb (sb)	10^4
Iluminansi	JL^{-2}	lux (lx)	phot (ph)	10^4
Radioaktivitas (Peluruhan radioaktif)	T^{-1}	becquerel (Bq)	curie (Ci)	$3,70 \times 10^{10}$
Dosis (radiasi) terserap	L^2T^{-2}	gray (Gy)	roentgen (R) rad (rad)	≈ 0.01 ^[Note 2] 0.01
Dosis radiasi ekuivalen	L^2T^{-2}	sievert	roentgen equivalent man (rem)	0.01
Aktivitas katalitik	NT^{-1}	katal (kat)	Tidak ada satuan lama	n/a

Pada brosur SI terdapat beberapa satuan non-SI yang digunakan secara luas bersama SI. Satuan-satuan ini dikemukakan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Satuan non-SI yang digunakan bersama SI

Besaran	Dimensi	Satuan	Simbol	Ekivalen
Massa	M	ton (t)	t	1.000 kg
Luas	L^2	hektar (ha)	ha	0.01 km^2 10^4 m^2
Volume	L^3	liter (L or l)	L atau l	0.001 m^3
Waktu	T	menit	h	60 s
		jam (h)	d	3.600 s
		hari (d)		86.400 s
Tekanan	$L^{-1}MT^{-2}$	bar	-	100 kPa
Sudut	<i>tidak ada</i>	derajat ($^\circ$)	(0)	$(\frac{\pi}{180}) \text{ rad}$
		menit ($'$)	($'$)	$(\frac{\pi}{10.800}) \text{ rad}$
		detik ($''$)	($''$)	$(\frac{\pi}{648.000}) \text{ rad}$

Beberapa besaran satuan SI yang menyatakan pangkat dari 10 dikemukakan pada Tabel 2.5. Besaran pangkat 10 tersebut banyak digunakan dalam pelajaran yang bersifat sains dan keteknikan.

Tabel 2.5 Satuan SI Sistem Metrik Besaran Panjang

Awalan	Simbol	Klasifikasi Bearan Mikro	Contoh
Atto	a	$1/1.000.000.000.000.000.000$ atau 10^{-18}	Attometer (am)
Femto	f	$1/1.000.000.000.000.000$ atau 10^{-15}	Femtometer (fm)
Piko	p	$1/1\ 000\ 000\ 000\ 000$ atau 10^{-12}	Pikometer (pm)
Nano	n	$1/1\ 000\ 000\ 000$ atau 10^{-9}	Nanometer (nm)
Mikro	μ	$1/1\ 000\ 000$ atau 10^{-6}	Mikrogram (μg)
Mili	m	$1/1\ 000$ atau 10^{-3}	Miligram (mg)
Senti	c	$1/100$ atau 10^{-2}	Sentimeter (cm)

Awalan	Simbol	Klasifikasi Bearan Mikro	Contoh
Desi	d	1/10 atau 10^{-1}	Desimeter (dm)
		Klasifikasi Besaran Makro	
Eksa	E	1 000 000 000 000.000.000 atau 10^{18}	Eksameter (em)
Peta	P	1 000 000 000 000.000 atau 10^{15}	Petameter (Pm)
Tera	T	1 000 000 000 000 atau 10^{12}	Terameter (Tm)
Giga	G	1 000 000 000 atau 10^9	Gigameter (Gm)
Mega	M	1 000 000 atau 10^6	Megagram (Mg)
Kilo	k	1 000 atau 10^3	Kilometer (km)
Hekto	h	100 atau 10^2	Hektometer (hm)
Deka	da	10 atau 10^1	Dekagram (dag)

2.5. Besarna Skalar dan Besaran Vektor

Dalam ilmu sains khususnya fisika selain memiliki besaran pokok, besaran tambahan, dan besaran turunan juga terdapat besaran Scalar dan besaran vektor.

a. *Besaran Skalar*

Besaran skalar yaitu suatu besaran yang hanya memiliki nilai dalam bentuk angka saja. Misalnya dalam ilmu listrik hanya membicarakan besaran tegangan, arus, tahanan/hambatan listrik, dan sebagainya. Contoh besaran tegangan yang disalurkan PLN bertegangan 220 volt dengan frekuensi 50 Hz. Contoh lain sebuah komponen baterai kering memiliki tegangan sebesar 1,5 volt atau sebuah accumulator memiliki tegangan 12 volt dengan kapasitas daya sebesar 75 Ampere (A).

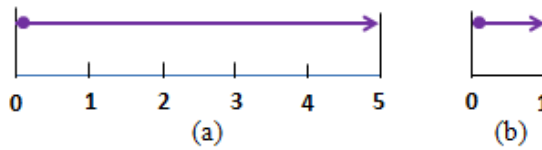
b. *Besaran Vektor*

Besaran vektor adalah suatu besaran yang memiliki besar (*magnitude*) dan arah (*direction*). Dengan demikian besaran vektor selain memiliki besaran dalam bentuk angka juga memiliki arah. Dalam ilmu listrik, besaran vektor sering dinyatakan dalam bentuk diagram vektor.

Diagram ini menunjukkan arah besaran tegangan dan arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian. Untuk mengetahui besaran arah, dibuat semacam garis tertentu disertai dengan arah panah dan besaran garis tersebut menggunakan skala sesuai dengan besaran tegangan atau arus.

Contoh apabila besaran arus listrik sebesar 5 Ampere maka skala tersebut dapat dibuat $1 \text{ cm} = 1 \text{ Volt}$ sehingga panjang garis vektor untuk arus adalah 5 cm atau bias juga $1 \text{ cm} = 5 \text{ Ampere}$ sehingga panjang vektor arus adalah 1 cm. Contoh ini diilustrasikan melalui gambar 2.3.

Pada Gambar 2.3 (a) yaitu besaran vektor untuk arus sebesar 5 Ampere menggunakan skala 1:1 yaitu $1 \text{ cm} = 1 \text{ Ampere}$ dan arah panah menunjukkan arah arus listrik mengalir. Sedangkan pada Gambar 2.3 (b) menggunakan skala 1:5 yaitu $1 \text{ cm} = 5 \text{ Ampere}$. Kedua vektor (a) dan (b) memiliki besaran vektor dan arah yang sama hanya cara menggunakan skala yang berbeda.



Gambar 2.3 Besaran Vektor

Berikut ini beberapa contoh tentang besaran pokok dan satuannya, diantaranya:

- Merencanakan untuk membangun rumah atau membuat meja terlebih dahulu yang harus dihitung adalah besaran rumah dan lama (waktu) pembuatannya. Besaran dan dimensi rumah tersebut sangat penting karena banyak item yang harus dikerjakan termasuk pemasangan instalasi listrik untuk penerangan, peralatan rumah tangga, dan sebagainya. Untuk mengetahui besaran rumah digunakan alat ukur, yaitu “meter” sedangkan lamanya pembuatan rumah dihitung dengan satuan waktu. Besaran rumah tersebut menyangkut panjang dan lebar kemudian diperoleh luasan. Luasan ini yang dikatakan dimensi. Jika sesuatu bentuk menyangkut

panjang dan lebar, berarti dalam dimensi tersebut terdapat sudut bidang datar dan sudut ruang merupakan besaran pokok termasuk tentang lamanya pembuatan memerlukan waktu. Dengan demikian proses pembuatan rumah dan meja terdapat besaran-besaran pokok, diantaranya jarak (panjang) dan waktu.

- Massa adalah suatu sifat fisik pada suatu benda yang menjelaskan tentang perilaku yang dapat diamati. Massa disinonimkan dengan berat suatu benda. Berat ini berkaitan dengan fenomena gravitasi pada suatu tempat/lokasi. Seringkali medan gravitasi berbeda antara satu titik dengan titik yang lain terutama berkaitan dengan elevasi. Medan gravitasi di bumi berbeda dengan gravitasi di bulan. Secara empirik dapat dibuktikan pada saat astronot turun di bulan pada tanggal 20 Juli 1972, yaitu astronot dari pesawat penerbangan luar angkasa Apollo 11 bernama Amstrong, tubuhnya melayang-layang pada saat turun dari ke permukaan bulan. Dengan memperhatikan penjelasan ini, maka suatu benda yang berada di bulan mudah terangka karena faktor gravitasi, sedangkan massa suatu benda sama di bumi maupun di bulan atau luar angkasa. Alat untuk mengetahui besaran pokok massa digunakan alat ukur neraca dengan satuan *Kilogram* dan diberi simbol satuan *kg* dan dimensi “M”.
- Untuk mengetahui besaran kuat arus listrik pada suatu rangkaian listrik yang terpasang sebuah komponen lampu, maka diperlukan alat ukur Ampere-meter. Proses pengukuran menggunakan alat ukur ini dilakukan secara seri dengan beban (lampu). Hasil pengukuran kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian akan terlihat pada alat ukur ini. Besaran kuat arus listrik ini tergantung hambatan yang ada pada lampu. Besar hambatan tersebut yang menentukan cahaya yang dipancarkan oleh komponen lampu. Cahaya ini dapat diukur dengan menggunakan alat ukur yang dinamakan “Light-meter”. Besaran kuat arus dan cahaya memiliki satuan dan simbol. Dengan demikian dalam proses pengukuran ini terdapat dua besaran pokok, yaitu kuat arus dan cahaya.

2.6. Sejarah proses penetapan SI

a. Besaran Panjang dan Satuannya

Berbagai peralatan alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran panjang sehingga dalam melakukan pengukuran sering terjadi perbedaan pemberian satuan. Contoh untuk mengukur luas suatu bangunan, pada umumnya pengukur menggunakan alat ukur dengan satuan "meter". Setelah melakukan pengukuran panjang jarak antarkota dan waktu tempuh menggunakan mobil, pengukur menggunakan kecepatan yang terpasang dalam mobil yang dinamakan pengukur kecepatan. Sedangkan kecepatan dihitung berdasarkan jarak dan waktu tempuh. Sehingga panjang sering beri satuan meter, kilo-meter, dan sebagainya. sedangkan waktu tempuh sering diberi satuan "Detik", "Menit", "Jam", "Hari", "Minggu", bulan, dan seterusnya. Dalam hal ini, waktu diberi satuan "Menit" karena waktu tempuh kurang dari 60 menit. Jika diberi satuan "Jam" maka waktu tempuh kurang dari 24 jam. Apabila waktu tempuh kurang kurang dari 7 hari demikian selanjutnya untuk pemberian satuan minggu, bulan, tahun, dan selanjutnya.

Pertemuan di Perancis pada tahun 1960 menyatakan bahwa meliputi, satuan "Milimeter", "Centimeter", "Meter" atau "Kilometer" adalah satuan untuk mengukur besaran "Panjang" sedangkan satuan untuk mengukur waktu adalah sekon (second) atau detik. Awalnya satu meter ditetapkan sama dengan panjang sepersepuluh juta ($1/10.000.000$ atau 10^{-7}) dari kutub utara ke khatulistiwa melalui kota Paris di Perancis. Selanjutnya didesain batang meter standar yang terbuat dari material campuran Platina-Iridium. Satu meter didefinisikan sebagai jarak dua goresan pada batang pada suhu 0°C . Alat ukur meter standar ini dapat berubah dan rusak karena dipengaruhi suhu, sehingga dapat menimbulkan kesulitan dalam menentukan ketelitian pengukuran. Meter standar ini disimpan di International Bureau of Weights and Measure di Sèvres, dekat Paris.

Batang meter standar dapat berubah dan rusak disebabkan oleh pengaruh suhu sehingga akan kesulitan untuk menentukan ketelitian pengukuran. Berkaitan dengan masalah tersebut, pada tahun 1960 didefinisikan satu meter adalah jarak 1650763,72 kali panjang gelombang

sinar jingga yang dipancarkan oleh atom gas Krypton-86 dalam ruang hampa pada suatu lututan listrik.

Pada tahun 1983, dilaksanakan konferensi Internasional tentang timbangan dan ukuran memutuskan bahwa satu meter merupakan jarak yang ditempuh cahaya pada selang waktu $1/299792458$ sekon. Penggunaan kecepatan cahaya ini karena nilainya dianggap selalu konsisten.

Besaran Panjang beserta Satuan meter dan waktu dengan satuan Detik sangat penting bagi pelajaran Dasar-dasar listrik. Karena materi pelajaran ini banyak membahas tentang besaran-besaran listrik, diantaranya untuk mengetahui panjang dan luas penampang suatu konduktor sebagai penghantar untuk mengaliri arus listrik yang akan digunakan dalam rangkaian listrik dan elektornika. Karena kuat arus listrik ini dipengaruhi oleh panjang dan luas penampang penghantar. Sedangkan satuan waktu digunakan untuk menganalisis tentang energi dan daya listrik.

b. Besaran Waktu dan Satuan

SI menyatakan besaran waktu satuannya sekon atau detik. Sebelum ditetapkan oleh SI, satuan waktu dinyatakan atas dasar waktu rotasi bumi pada porosnya, yaitu dalam 1 hari. Satu detik didefinisikan sebagai $1/26400$ kali satu hari rata-rata, yaitu 1 hari rata-rata sama dengan $24 \text{ jam} = 24 \times 60 \times 60 = 86.400$ detik. Karena 1 hari matahari tidak selalu tetap dari waktu ke waktu, sehingga pada tahun 1956 para ahli menetapkan satu detik adalah selang waktu yang diperlukan oleh atom Cesium-133 untuk melakukan getaran sebanyak 9192631770 kali.

c. Besaran Listrik dan Satuan

Sejarah awal perkembangan teknik pengukuran, terdapat dua sistem satuan, yaitu sistem metrik yang dipelopori Perancei sejak tahun 1795 dan sistem Centimeter-Gram-Secon disingkat CGS yang dipelopori oleh Amerika dan Inggris. Pada tahun 1960 terjadi kesepatan secara internasional yang dikenal dengan nama SI (Standard International). Besaran-besaran dibidang kelistrikan yang disepakati terdapat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Besaran, Satuan, dan Simbol Kelistrikan Dalam Sistem SI

Besaran	Simbol besaran	Satuan	Simbol Satuan
Arus Listrik	I	Ampere	A
Gaya Gerak Listrik (GGL)	E	Volt	V
Tegangan (Beda Potensial)	V	Volt	V
Resistansi (Tahanan/Hambatan)	R	Ohm	Ω
Muatan Listrik	Q	Coulomb	C
Kapasitansi	C	Farad	F
Fluks Magnet	Φ	Weber	Wb
Kerapatan Medan Magnet	B	Tesia	T
Induktansi	L	Henry	H
Kuat Medan Listrik	E	-	V/m
Kerapatan Fluks	D	-	C/m ²
Permittivity (Dielektrik)	ϵ	-	F/m
Kuat Medan Magnet	H	-	A/m
Permeability (Permeabilitas)	μ	-	H/m

Ketentuan yang ditetapkan SI tentang besaran-besaran listrik, yaitu:

- 1) Standar Ampere, adalah arus konstan yang dialirkan melalui dua konduktor didalam ruang hampa udara yang berjarak 1 meter, seperti ke dua penghantar akan menimbulkan gaya = 2×10^{-7} Newton/m panjang.
- 2) Standar Tegangan, adalah tabung gelas Weston berbentuk huruf H yang memiliki dua elektroda, tabung positif yang berisi elektrolit mercury dan tabung elektroda negatif diisi elektrolit cadmium, yang ditempatkan dalam suhu ruang. Tegangan elektroda Weston pada suhu 20⁰C sebesar 1.01858 Volt.

- 3) Standar Resistansi, adalah penghantar kawat Alloy manganin resistansi besaran 1Ω yang memiliki tahanan listrik tinggi dan koefisien temperatur rendah yang ditempatkan dalam tabung terisolasi untuk melindungi terjadi perubahan temperature atmosfer. Standar ini diberi satuan ohm yang diberi simbol Ω
- 4) Standar Kapasitansi, yaitu diturunkan dari standar tegangan dan resistansi yang ditetapkan SI adalah menggunakan sistem jembatan Waxwell dengan diketahui resistansi dan frekuensi secara teliti akan diperoleh standar kapasitansi dalam satuan Farad diberi simbol F.
- 5) Standar Induktansi, diturunkan dari standar resistansi dan standar kapasitansi dengan metode geometris, standar induktor yang diperoleh. Satuan induktansi yaitu Henry yang diberi simbol H.
- 6) Standar Temperatur, yaitu diukur dengan derajat Kelvin. Besaran derajat Kelvin (K) didasarkan pada tiga titik acuan air saat mendidih hingga kondisi menjadi es. Air menjadi es sama dengan $0^{\circ}\text{C} = 273,16^{\circ}\text{K}$. Sedangkan ditinjau dari besaran Celsius, air mendidih pada besaran 100°C .
- 7) Standar Luminasi Cahaya, besaran yang diukur berdasarkan benda hitam seluas 1 m^2 dengan suhu lebur platina pada tempratur 1773°C akan memancarkan cahaya dengan bentuk arah tegak lurus dengan cahaya sebesar 6×10^5 Kandela.

Rangkuman

Dasar-Dasar Listrik adalah suatu materi termasuk dalam bidang ilmu sains khususnya bidang Ilmu Fisika. Listrik ini merupakan suatu fenomena fisik yang memiliki besaran-besaran tertentu. Besaran-besaran ini dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan ketetapan sistem SI. Standar ini dijadikan dasar atau acuan dalam bidang keilmuan secara internasional untuk dikonversi ke besaran-besaran yang lain.

Besaran-besaran yang ditetapkan oleh SI, meliputi Besaran Pokok, Besaran Tambahan, Besaran Turunan, Besaran Skalar, dan Besaran Vektor. Besaran Pokok terdiri dari 7 besaran yang meliputi: besaran Panjang, Massa, Waktu, Kuat Arus Listrik, Suhu, Kuat Cahaya, dan

Jumlah Zat, Untuk Besaran Tambahan terdiri dari Sudut Bidang Datar dan Sudut Ruang. Sedangkan Besaran Turunan adalah suatu besaran yang diturunkan dari Besaran Pokok, diantaranya besaran Luas, Volume, Kecapatan, Massa Jenis, Gaya, Tekanan, Energi, Tenaga, Torque, Elektrik Charge, Potensial/Tegangan Listrik, Tahanan/Hambatan Listrik, Kapasitansi, Induktansi, Muatan Listrik, Fluks Magnetis, Intensitas Magnetis, Frekuensi, Disintegrasi Rate, dan Doseis Absorpsi. Kemudian menyangkut Besaran Skalar dan Besaran Vektor.

Beberapa besaran yang sering dianalisis dalam kelistrikan, yaitu besaran Arus Listrik, Gaya Gerak Listrik (GGL), Tegangan (Beda Potensial), Resistansi (Tahanan/Hambatan), Muatan Listrik, Kapasitansi, fluks magnet, Kerapatan Medan Magnet, Induksi, Kuat Medan Listrik, dan Kerapan Fluks.

Soal-soal Latihan

1. Jelaskan mengapa besaran-besaran harus menggunakan sistem SI (Standard Internasional)?
2. Peralatan sebelum sistem SI digunakan sebagai ukuran acuan untuk besaran tersimpan dimana? Dan negara mana pelaksanaan konferensi untuk menetapkan standar sistem SI, pada tahun berapa pelaksanaan penetapan SI?
3. Jelaskan pengertian tentang Besaran Pokok dan kemukakan besaran-besaran tersebut
4. Mengapa adanya Besaran Tambahan yang ditetapkan oleh SI?
5. Mengapa kuat arus termasuk dalam besaran pokok?
6. Jelaskan pengertian Besaran Turunan disertai dengan besaran-besarannya dan berikan contoh penerapannya.
7. Satuan apa saja yang berkaitan dengan listrik?
8. Apa yang dimaksud dengan Besaran Skalar dan Besaran Vektor? Berikan contoh.

BAB 3

DASAR KELISTRIKAN

3.1. Pendahuluan

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab 1 tentang sejarah listrik. Dalam ilmu fisika, listrik dibedakan menjadi dua jenis yaitu listrik statis dan listrik dinamis. Listrik statis mempelajari sifat kelistrikan suatu benda tanpa memperhatikan gerakan atau aliran dari suatu muatan listrik dalam ilmu fisika disebut *elektrostatika*. Sebaliknya, jika memperhatikan adanya muatan listrik yang bergerak atau mengalir, maka disebut *listrik dinamis* atau *elektrodinamika*.

Listrik statis merupakan suatu fenomena kelistrikan yang sulit diamati dengan indra penglihatan. Listrik statis yaitu suatu fenomena listrik yang tidak bergerak karena energinya hanya berada dalam suatu benda yang bermuatan listrik. Pembahasan mengenai listrik statis ini yang menjadi pokok bahasan adalah interaksi antar muatan dan fenomena-fenomena yang disebabkan oleh adanya muatan atau gejala listrik. Jadi yang termasuk listrik statis adalah muatan dan potensial seperti tegangan.

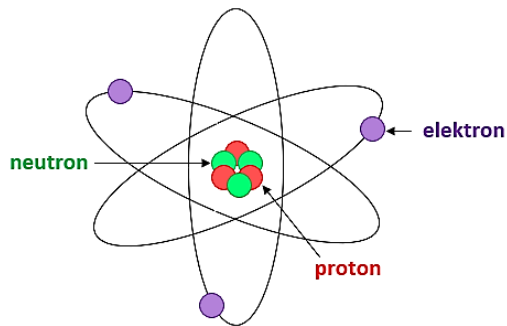
Sedangkan listrik dinamis adalah listrik yang dapat melakukan aktivitas atau gerakan maupun menghambat pergerakan tersebut, misalnya arus dan hambatan. Hal ini terjadi karena adanya pergerakan elektron, karena elektron yang merupakan salah satu unsur atom yang lepas dari orbitnya dan berpindah ke atom yang lain. Perpindahan atau pergerakan elektron tersebut dari atom satu ke atom yang lain disebut aliran listrik yang merupakan awal terjadinya arus listrik. Arus listrik merupakan jumlah muatan yang mengalir melalui suatu material yang disebut penghantar dalam satuan waktu (detik).

3.2. Atom dan Elektron

Pemahaman listrik statis dan penerapannya dapat dijelaskan melalui teori atom. Teori atom dan model atom yang dikenal sekarang adalah hasil

penyelidikan dan teori-teori yang dikemukakan oleh E. Rutherford (1871-1937), Niels Bohr (1885-1862) dan ahli fisika lain dari berbagai negara. Teori atom tersebut diuraikan sebagai berikut :

- a. Zat terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil yang disebut atom
- b. Atom terdiri atas inti atom (nucleon) yang dikelilingi oleh elektron. Elektron adalah bagian atom yang bermuatan negatif
- c. Inti atom terdiri atas proton dan neutron. Proton merupakan bagian atom yang bermuatan positif dan neutron bermuatan netral.
- d. Karena sesuatu hal elektron dapat berpindah dari satu atom ke atom yang lain, sedangkan inti atom tetap.



Gambar 3.1 Struktur Atom

Sebuah atom yang memiliki jumlah elektron yang sama dengan jumlah proton dan neutron dinamakan atom netral atau seimbang seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 yaitu 3 elektron, 3 proton, dan 3 neutron.

3.3. Muatan Listrik

Suatu benda atau materi pada umumnya memiliki jumlah proton yang sama dengan elektron sehingga benda ini dikatakan dalam keadaan netral (diam). Hal ini disebabkan gaya ikat inti terhadap elektron antara bahan satu dengan lain berbeda. Apabila karena sesuatu hal, yang mengakibatkan elektron dapat lepas dari orbit atau lintasannya dan

berpindah ke atom lain. Maka perpindahan elektron tersebut menyebabkan perubahan muatan pada suatu atom.

Apabila keseimbangan antara jumlah proton dan jumlah elektron adana reaksi karena sesuatu maka akan terjadi pengurangan atau penambahan muatan elektron, maka benda tersebut akan tidak seimbang. Benda akan bermuatan listrik positif bila kekurangan elektron dan benda bermuatan negatif apabila kelebihan elektron. Cara paling mudah untuk memperoleh benda bermuatan listrik dapat dilakukan dengan gosokan, maka elektron dari benda yang satu akan pindah ke benda yang lain, sehingga benda yang kehilangan elektron akan bermuatan positif dan benda yang menerima pindahan elektron akan bermuatan negatif pada suatu benda.

Sebenarnya untuk perpindahan elektron antara dua benda keduanya tidak perlu digosok-gosokkan, cukup dikontakkan atau ditempelkan saja, tetapi dengan saling digosokkan, maka perpindahan elektron akan lebih mudah. Jika ingin memperoleh logam bermuatan dengan cara gosokan, maka logam itu harus diisolasi dari tanah agar muatannya tidak dinetralkan, karena adanya aliran elektron ke tanah bila bendanya bermuatan negatif, atau sebaliknya elektron dari tanah bila benda tersebut bermuatan positif. Jika pemegang tidak pakai sepatu yang bersifat isolator maka muatan listrik bisa mengalir melalui tangan, badan, dan kaki si pembuat eksperimen.

Seorang ahli telah menyusun deret benda-benda seperti terlihat pada tabel. Deret benda tersebut menunjukkan bahwa benda akan memperoleh muatan negatif bila digosok dengan sembarang benda di atasnya, dan akan memperoleh muatan positif bila digosok dengan benda di bawahnya. Deret semacam ini dinamakan deret tribolistrik.

Tabel 3.1 Deret Tribolistrik

No.	Nama Bahan	No.	Nama Bahan
1.	Bulu kelinci	8.	Kayu
2.	Gelas	9.	Batu ampar
3.	Mika	10.	Damar
4.	Wol	11.	Logam (Cu, Ni, Ag)

No.	Nama Bahan	No.	Nama Bahan
5.	Bulu kucing	12.	Belerang
6.	Sutra	13.	Logam (Pt, Au)
7.	Kapas	14.	Seluloid

Jika atom-atom benda lebih cenderung melepaskan elektronnya, maka zat yang tersusun cenderung bermuatan positif. Sebaliknya jika atom-atom benda lebih cenderung menangkap elektron, maka zat yang tersusun cenderung bermuatan negatif. Dengan demikian muatan listrik sebuah benda sangat tergantung dengan muatan listrik atom-atom penyusunnya.

Muatan listrik adalah muatan dasar yang dimiliki suatu benda, yang membuatnya mengalami gaya pada benda lain yang berdekatan dan juga memiliki muatan listrik. Simbol Q sering digunakan untuk menggambarkan muatan. Sistem Satuan Internasional dari satuan Q adalah coulomb, yang merupakan 6.24×10^{18} muatan dasar. Q adalah sifat dasar yang dimiliki oleh suatu materi berupa proton (muatan positif) maupun elektron (muatan negatif). Muatan listrik total suatu atom atau materi ini bisa positif, jika atomnya kekurangan elektron. Sementara atom yang kelebihan elektron akan bermuatan negatif. Besarnya muatan tergantung dari kelebihan atau kekurangan elektron ini, oleh karena itu muatan materi/atom merupakan kelipatan dari satuan Q dasar. Dalam atom yang netral, jumlah proton akan sama dengan jumlah elektron yang mengelilinginya (membentuk muatan total yang netral atau tak bermuatan).

3.4. Hukum Kekekalan Muatan

Benjamin Franklin (1706–1790) mengatakan bahwa adanya perpindahan muatan dari materi (benda) satu ke materi yang lain merupakan implikasi dari hukum kekekalan muatan, artinya pada saat terjadi gosokan antara dua benda, tidak menciptakan muatan listrik baru namun prosesnya merupakan perpindahan muatan dari satu benda ke benda yang lain. Jumlah muatan yang dihasilkan oleh suatu benda selama proses penggosokan adalah nol. Misalnya, suatu penggaris plastik digosok

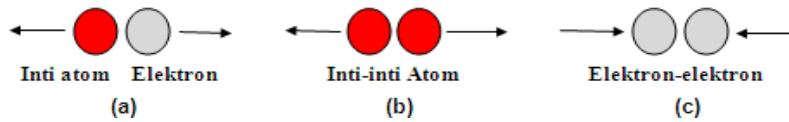
dengan kain wol, maka plastik tersebut akan memperoleh muatan negatif dan kain wol memperoleh muatan positif dengan jumlah yang sama. Muatan-muatan tersebut dipisahkan, namun jumlah kedua jenis muatan adalah sama. Ini adalah contoh dari suatu hukum yang berlaku sampai sekarang, yang dikenal dengan nama hukum kekekalan muatan listrik yang berbunyi *Jumlah bersih muatan listrik yang dihasilkan pada dua benda yang berbeda (penggaris plastik dan kain wol) dalam suatu proses penggosokan adalah nol*. Jika suatu benda atau suatu daerah ruang memperoleh muatan positif, maka akan dihasilkan sejumlah muatan negatif dengan jumlah yang sama pada daerah atau benda di sekitarnya.

Cara untuk membuat benda bermuatan listrik, yaitu suatu benda yang netral dapat menjadi bermuatan apabila digosokkan pada benda yang lain. Hal ini disebabkan karena gosokan dapat membuat elektron berpindah dari satu materi ke materi yang lain. Muatan listrik pada sebuah benda, sangat dipengaruhi oleh muatan listrik atom-atom penyusunnya. Ada atom-atom yang cenderung melepas elektron, tetapi ada juga atom-atom yang cenderung mengikat elektron. Jika dua benda tersusun dari atom-atom yang memiliki perbedaan sifat tersebut saling digosokkan, maka interaksi itu akan lebih mudah membuat benda bermuatan listrik.

Jika kain wool digosokkan pada plastik, maka elektron-elektron kain wool akan berpindah menuju plastik, sehingga *plastik menjadi bermuatan negatif*. sementara itu kain wool menjadi bermuatan positif karena kehilangan elektron-elektronnya. Penggaris plastik yang digosokkan pada rambut/kain wolle menjadi bermuatan listrik karena elektron dari rambut/wolle berpindah ke penggaris plastik, sehingga penggaris plastik kelebihan elektron. Akhirnya penggaris plastik tersebut menjadi bermuatan negatif. Demikian pula pada ebonite yang digosokkan pada rambut/wolle mengalami hal yang sama, rambut/wolle akan melepaskan sebagian elektron dan ebonite akan kelebihan elektron sehingga *ebonite menjadi bermuatan negatif*.

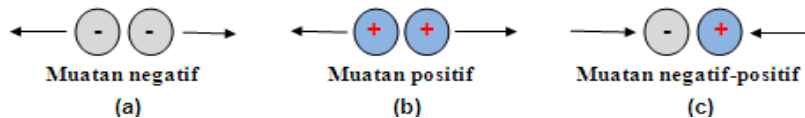
Sedangkan kaca yang digosokkan pada kain sutera, maka *kaca menjadi bermuatan positif*. sementara itu kain sutera menjadi bermuatan negatif karena mendapat tambahan elektron. Ketika batang kaca digosok dengan kain sutera, maka elektron-elektron dari batang kaca berpindah ke

kain sutera, sehingga batang kaca kekurangan elektron. Dengan demikian, batang kaca menjadi bermuatan positif. Hal ini terbukti bahwa elektron-elektron tidak saling tarik-menarik, melainkan tolak-menolak (lihat Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Efek dinamis. a) Inti Atom dan Elektron, b) Elektron-elektron, c) Inti-inti Atom

Karena elektron-elektron saling tolak-menolak, inti atom dan elektron saling tarik-menarik, maka inti atom berbeda muatan dengan elektron, artinya membawa suatu jenis muatan yang berbeda dengan muatan elektron. Muatan inti atom dinamakan muatan positif dan muatan elektron dinamakan muatan negatif, maka berlaku:



Gambar 3.3 Muatan Atom

Muatan listrik adalah muatan dasar yang dimiliki suatu benda, yang membuatnya mengalami gaya pada benda lain yang berdekatan dan juga memiliki muatan listrik. Simbol Q sering digunakan untuk menggambarkan muatan. Sistem Satuan Internasional dari satuan Q adalah coulomb, yang merupakan 6.24×10^{18} muatan dasar. Q adalah sifat dasar yang dimiliki oleh materi baik itu berupa proton (muatan positif) maupun elektron (muatan negatif). Muatan listrik total suatu atom atau materi ini bisa positif, jika atomnya kekurangan elektron. Sementara atom yang kelebihan elektron akan bermuatan negatif.

Besarnya muatan tergantung dari kelebihan atau kekurangan elektron ini, oleh karena itu muatan materi/atom merupakan kelipatan dari satuan Q dasar. Dalam atom yang netral, jumlah proton akan sama dengan jumlah elektron yang mengelilinginya (membentuk muatan total yang netral atau tak bermuatan). Gambar 3.3 mengilustrasi bahwa muatan negatif dengan muatan negatif akan saling tolak menolak, demikian pula muatan positif dengan positif. Tetapi muatan negatif dengan positif akan saling tarik menarik.

3.5. Hukum Coulomb

Jika dua muatan yang sejenis akan tarik-menarik dan dua muatan yang tidak sejenis akan tolak-menolak. Kita juga harus tahu berapa besar gaya tarik-menariknya dan berapa gaya tolak-menolaknya. Charles Augustin de Coulomb, menemukan hubungan antara gaya listrik dengan besar muatan-muatan dan jarak antara kedua muatan tersebut. Hubungan ini disebut sebagai Hukum Coulomb yang berbunyi:

“Besaran gaya tarik-menarik dan tolak-menolak sebanding dengan besar muatan masing-masing dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua muatan”.

Hukum ini menjelaskan tentang hubungan antara gaya yang timbul antara dua titik muatan, yang terpisahkan jarak tertentu, dengan nilai muatan dan jarak pisah keduanya. Tahun 1785 seorang fisikawan Prancis yang bernama Charles Agustin Coulomb menyelidiki besarnya gaya yang terjadi pada dua benda yang bermuatan listrik. Alat yang digunakannya adalah neraca puntir (*torsion balance*).

Hasil percobaannya diperoleh hubungan sebagai berikut :

- Besarnya gaya listrik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak pisah antara dua buah benda yang bermuatan listrik. Jika jarak antara muatan listrik menjadi 2 kalinya, gaya listrik yang terjadi menjadi atau dari gaya semula. Jika jarak antara muatan listrik dijadikan 3 kalinya, maka gaya listrik yang terjadi tinggal atau dari gaya semula.

- Besarnya gaya listrik berbanding lurus dengan besar muatan kedua benda yang berdekatan. Jika sebuah muatan dijadikan 2 kali semula dan muatan yang lain dijadikan 3 kali semula, maka gaya listrik yang terjadi menjadi 2×3 atau 6 kali semula.

Berdasarkan hasil-hasil di atas, akhirnya Coulomb menyimpulkan besar bahwa gaya listrik antara dua muatan listrik yang terpisah pada jarak tertentu berbanding lurus dengan besar kedua muatan tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua muatan tersebut.

Pernyataan ini dikenal sebagai Hukum Coulomb, secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \dots \dots (3.1)$$

Dimana:

- F = gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik, satuan newton (N)
- q_1 = besar muatan pertama, satuan coulomb (C)
- q_2 = besar muatan kedua, satuan coulomb (C)
- r = jarak antara dua benda bermuatan, satuan meter (m)
- k = konstanta pembanding besarnya $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Catatan:

- $1\mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C} = 0,000001 \text{ C}$ (sepersejuta)
- Jika menjumpai muatan negatif, tidak perlu diikutkan tanda minusnya dalam perhitungan.

Muatan listrik dapat bernilai negatif, nol (tidak terdapat muatan atau jumlah satuan muatan positif dan negatif sama) dan negatif. Nilai muatan ini akan memengaruhi perhitungan medan listrik dalam hal tandanya, yaitu positif atau negatif (atau nol). Apabila pada setiap titik di sekitar sebuah (atau beberapa) muatan dihitung medan listriknya dan digambarkan vektor-vektornya, akan terlihat garis-garis yang saling berhubungan, yang disebut sebagai garis-garis medan listrik. Tanda muatan menentukan apakah garis-garis medan listrik yang diakibatkan berasal darinya atau menuju darinya. Telah ditentukan (berdasarkan gaya yang dialami oleh muatan uji positif), bahwa:

- muatan positif (+) akan menyebabkan garis-garis medan listrik berarah dari padanya menuju keluar,
- muatan negatif (-) akan menyebabkan garis-garis medan listrik berarah menuju masuk padanya.
- muatan nol (0) tidak menyebabkan adanya garis-garis medan listrik.

3.6. Sifat Muatan Listrik

Benda-benda yang bermuatan listrik apabila didekatkan satu dengan yang lain akan terjadi interaksi. Benda-benda yang bermuatan sejenis akan tolak menolak sedangkan benda-benda yang bermuatan tidak sejenis akan tarik menarik.

Contoh soal 3.1:

Dua buah muatan listrik memiliki besar yang sama yaitu $6 \mu\text{C}$. Jika gaya coulomb yang terjadi antara dua muatan tersebut adalah $1,6 \text{ N}$, tentukan jarak kedua muatan tersebut.

Diketahui:

$$Q_1 = 5 \mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_2 = 5 \mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F = 1,6 \text{ N}$$

Ditanya:

Jarak kedua muatan (r)?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 3.1 maka diperoleh

$$1,6 = 9 \times 10^9 \frac{(5 \times 10^{-6}) \times (5 \times 10^{-6})}{r^2}$$

$$1,6 = \frac{9 \times 25 \times 10^{-3}}{r^2}$$

$$16 = \frac{9 \times 25 \times 10^{-4}}{r^2}$$

$$r^2 = \frac{9 \times 25 \times 10^{-4}}{16}$$

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{9 \times 25 \times 10^{-4}}{16}} \\
 &= \frac{3 \times 5 \times 10^{-2}}{16} \\
 &= \frac{15 \times 10^{-2}}{16} = 0,94 \times 10^{-2} \text{ m}
 \end{aligned}$$

3.7. Induksi

Benda bermuatan positif maupun negatif dapat menarik benda netral. Benda yang bermuatan listrik berusaha mempengaruhi muatan yang tidak sejenis pada benda netral dan berupaya menarik ke arahnya. Akibatnya pada benda netral tersebut terjadi pemisahan muatan. Peristiwa pemisahan muatan listrik pada benda netral akibat benda bermuatan listrik yang didekatkan disebut induksi listrik. Induksi (pengaruh) listrik ini dapat digunakan untuk membuat benda netral menjadi bermuatan listrik. Benda bermuatan negatif jika didekatkan benda netral akan menarik semua muatan positif benda netral ke salah satu ujung, akibatnya ujung yang lain bermuatan negatif. Jika muatan negatif dihubungkan dengan bumi kemudian diputus, benda netral tadi akan berubah menjadi benda bermuatan positif. Tentang induksi akan dibahas pada bab selanjutnya.

3.8. Elektroskop

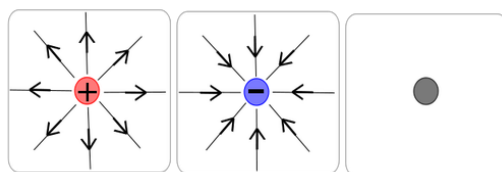
Elektroskop adalah suatu piranti atau alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan listrik. Seperti yang terlihat pada Gambar, di dalam sebuah peti kaca terdapat dua buah daun elektroskop/foil yang dapat bergerak. Daun-daun elektroskop ini dihubungkan ke sebuah bola logam yang berada di luar peti kaca melalui suatu konduktor yang terisolasi dari peti. Selain elektroskop dapat digunakan untuk menyelidiki suatu benda bermuatan listrik atau tidak, elektroskop juga dapat untuk mengetahui jenis muatan listrik pada suatu benda.

Berdasarkan prinsip induksi dan sifat muatan listrik, maka dapat dijelaskan cara kerja elektroskop sebagai berikut.

- Jika benda yang bermuatan positif didekatkan ke bola logam (kepala elektroskop), maka pemisahan muatan terjadi secara induksi, elektron-elektron mendapat gaya tarik sehingga naik menuju bola, sehingga kedua daun (foil) elektroskop bermuatan positif dan saling menolak sehingga daun akan membuka.
- Jika benda bermuatan negatif didekatkan ke bola logam (kepala elektroskop), maka elektron-elektron mendapat gaya tolak sehingga berpindah menuju ke foil.

3.9. Medan Listrik

Medan listrik adalah efek yang ditimbulkan karena muatan listrik, seperti elektron, ion, atau proton, dalam ruangan yang ada di sekitarnya. Medan listrik memiliki satuan N/C atau dibaca Newton/coulomb. Medan listrik umumnya dipelajari dalam bidang fisika dan bidang-bidang terkait, dan secara tak langsung juga di bidang elektronika yang telah memanfaatkan medan listrik ini dalam penghantar atau konduktor seperti kawat atau kabel.



Gambar 3.4 Medan listrik

Kuat medan listrik bergantung pada kerapatan garis-garis gaya listrik (Gambar 3.4). Kuat medan listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E = \frac{F}{Q} \dots \dots (3.2)$$

atau

$$E = k \frac{Q}{r^2} \dots \dots (3.3)$$

Dimana:

E = kuat medan listrik (N/C)

F = gaya coulomb (N)

q = muatan (coulomb – C)

r = jarak

k = konstanta

Medan listrik adalah suatu area atau ruang disekitar benda bermuatan listrik yang masih dipengaruhi oleh gaya listrik. Jika suatu benda yang bermuatan listrik diletakkan di suatu ruangan, maka dalam ruangan tersebut terdapat medan listrik. Jika suatu benda yang bermuatan listrik diletakkan di ruang tersebut, maka kedua benda akan mengalami gaya. Apabila muatan kedua benda sejenis, maka gaya yang terjadi adalah gaya tolak-menolak dan jika kedua benda mempunyai muatan yang tidak sejenis, maka gaya yang terjadi adalah gaya tarik-menarik.

- Medan listrik sebuah muatan positif arahnya menjauhi muatan tersebut sedangkan pada muatan negatif arahnya menuju muatan tersebut. Medan listrik dilukiskan dengan garis-garis gaya listrik yang arahnya dari kutub positif ke kutub negatif.
- Medan listrik pada pasangan muatan listrik selalu menuju ke muatan negatif dari muatan positif.
- Muatan listrik pada keping sejajar berlawanan berupa garis sejajar dari positif ke negatif.

Contoh soal 3.2:

Suatu benda memiliki muatan sebesar $15 \cdot 10^4 \text{C}$ ditempatkan pada sebuah medan listrik. Jika gaya yang bekerja pada muatan uji tersebut adalah 0,5 N. Berapa besar medan listrik pada muatan uji tersebut?

Diketahui:

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

$Q = 50 \cdot 10^4 \text{ C}$

Ditanya:

Berapa besar kuat medan listrik?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 3.2 maka diperoleh kuat medan listrik (E) adalah:

$$\begin{aligned} E &= \frac{0,5}{50 \times 10^4} \\ &= \frac{5 \times 10^3}{50} \\ &= 100 \text{ N/C} \end{aligned}$$

3.10. Potensial/Tegangan listrik

Benda yang bermuatan listrik bila dihubungkan dengan tanah (bumi) akan menjadi netral kembali, karena memberikan kelebihan elektronnya kepada bumi atau mengambil elektron dari bumi untuk menutup kekurangan elektronnya. Jadi benda yang bermuatan itu dalam keadaan tidak seimbang muatannya atau tegang, maka benda yang bermuatan tersebut juga bertegangan atau berpotensi. Dua benda yang tidak sama muatannya mempunyai tegangan yang tidak sama. Antara dua benda yang tidak sama besar muatannya atau tidak sama sifat muatannya terdapat beda potensial listrik (biasa disebut tegangan listrik). Tegangan listrik ini merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan suatu unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lain, satuan tegangan dinyatakan dalam volt yang diberi simbol “V”, 1 Volt didefinisikan sebagai tegangan listrik yang dibutuhkan untuk menggerakkan (memindahkan) 1 Ampere arus listrik melalui konduktor yang bersistansi 1 Ohm. Istilah volt diambil dari nama fisikawan Alesandro Volta berasal dari Italia yang menemukan baterai volt (*Voltaic Pile*)

Tegangan listrik sering dianggap suatu gaya yang mendorong perpindahan elektron melalui penghantar (konduktor). Semakin besar tegangannya maka semakin besar kemampuannya untuk mendorong elektron melalui rangkaian. Muatan listrik ini dianalogikan seperti tekanan air pada suatu bejana air. Sebuah tegangan listrik konstan disebut tegangan searah dan sumber tegangan yang berubah-ubah secara berkala dengan waktu tertentu disebut tegangan bolak-balik.

Ada beberapa cara membangkitkan beda potensial (tegangan) yaitu dengan cara:

- a. Induksi
- b. Kimiawi
- c. Panas
- d. Cahaya
- e. Listrik piezo

Besar potensial (tegangan) listrik diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{W}{Q} \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

V = potensial listrik dalam satuan Joule/Coulomb (J/C) atau volt (V)

W = energi potensial listrik dalam satuan Joule (J)

Q = muatan listrik dalam satuan coulomb (C)

Contoh soal 3.3:

Untuk memindahkan suatu muatan listrik dari titik A ke titik B diperlukan energi listrik sebesar 6.600 Joule. Sedangkan besar muatan listrik yang dapat dipindahkan sebesar 30 Coloumb, ditanya berapa besar beda potensial antara titik A dan B tersebut.

Diketahui :

$W = 6.600$ Joule

$Q = 30$ coloumb

Ditanya:

Berapa besar beda potensial (V)

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 3.4 maka diperoleh beda potensial yaitu:

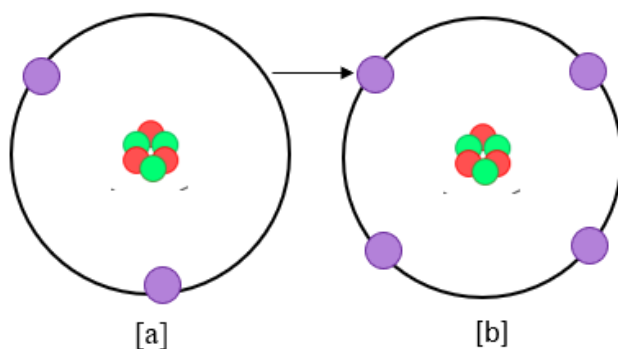
$$\begin{aligned} V &= \frac{6.600}{30} \\ &= 220 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Sumber tegangan dan arus searah adalah suatu energi listrik yang mengalir secara merata setiap saat. Sumber energi ini diperoleh dari elemen-elemen seperti elemen volta, baterai, accumulator, dan sebagainya. Elemen adalah sumber arus listrik searah yang berasal dari

reaksi kimia. Ketika digunakan elemen mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

3.11. Arus Listrik

Arus listrik termasuk listrik dinamis yaitu listrik yang dapat bergerak. Gambar 3.5 awalnya kedua atom memiliki jumlah elektron yang sama yaitu masing-masing memiliki 3 elektron (warna ungu). Karena atom yang satu (Gambar 3.5a) melepaskan satu elektronnya sehingga menyebabkan kekurangan muatan elektron (sisa 2 elektron), ini disebut atom bermuatan positif, kemudian atom yang menangkap elektron yang terlepas dari atom lain menjadi kelebihan muatan elektron (4 elektro), ini dinamakan atom bermuatan negatif seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5b. Dimana tanda panah menunjukkan elektron yang terdapat pada atom (Gambar 3.5a) berpindah ke atom lain (Gambar 3.5b). Perpindahan elektron ini terjadi karena adanya tekanan. Perpindahan elektron tersebut mengakibatkan ke dua atom ini menjadi tidak seimbang karena pergerakan elektron berpindah secara terus menerus dari atom satu ke atom lain yang berada di dekatnya disebabkan adanya dorongan atau energi yang disebut beda potensial (tegangan). Pergerakan atau perpindahan elektron ini sering disebut aliran arus listrik.



Gambar 3.5 Perpindahan elektron dari atom [a] ke atom [b]

Gambar 3.5 menunjukkan partikel warna ungu adalah electron, warna ungu sebagai inti atom dan warna merah merupakan partikel proton.

Cara untuk mengetahui kuat arus listrik dinamis adalah muatan listrik dibagi waktu dengan satuan muatan listrik adalah coulomb dan satuan waktu adalah detik. kuat arus pada rangkaian bercabang sama dengan kuata arus yang masuk sama dengan kuat arus yang keluar. sedangkan pada rangkaian seri kuat arus tetap sama pada ujung-ujung hambatan. Sebaliknya tegangan berbeda pada hambatan. pada rangkaian seri tegangan sangat tergantung pada hambatan, tetapi pada rangkaian bercabang tegangan tidak berpengaruh pada hambatan. semua itu telah dikemukakan oleh hukum kirchhoff yang berbunyi "jumlah kuat arus listrik yang masuk sama dengan jumlah kuat arus listrik yang keluar". Berdasarkan hukum ohm dapat disimpulkan cara mengukur tegangan listrik adalah kuat arus \times hambatan. Hambatan nilainya selalu sama karena tegangan sebanding dengan kuat arus. tegangan memiliki satuan Volt (V) dan kuat arus adalah Ampere (A) serta hambatan adalah ohm.

Arus listrik yaitu jumlah muatan yang mengalir melalui suatu material yang disebut penghantar dalam tiap satuan waktu. Arus listrik adalah pergerakan atau aliran elektron-elektron. Elektron-elektron ini dapat mengalir karena adanya beda potensial (tegangan) antara kutub positif dan negatif. Beda potensial ini yang mendorong sehingga terjadi pergerakan elektron atau disebut mengalirnya elektron-elektron tersebut melalui penghantar dari kutub negatif ke kutub positif sedangkan arus listrik mengalir dari dari kutub positif ke kutub negatif bila rangkaian dalam keadaan tertutup, sebaliknya arus listrik tidak dapat mengalir bila rangkaian dalam keadaan terbuka.

Tegangan yaitu sesuatu kekuatan yang berasal atau diberikan oleh sumber listrik seperti Baterey atau accu, generator, listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara), dan sebagainya. Sumber-sumber tersebut sering disebut pembangkit listrik berskala kecil, sedang, dan besar yang berfungsi untuk menyalurkan listrik yang dibangkitkan. Sumber listrik ini disebut gaya gerak listrik sering disingkat ggl.

- Arus listrik merupakan gerakan partikel-partikel bermuatan listrik dalam arah tertentu.

- Arah arus listrik yang mengalir dalam suatu konduktor adalah dari potensial tinggi ke potensial rendah (berlawanan arah dengan gerak elektron).
- Arus searah (DC) adalah arus listrik yang nilainya hanya positif atau hanya negatif saja (tidak berubah dari positif ke negatif, atau sebaliknya).
- Arus bolak-balik (AC) adalah arus listrik yang berubah dari positif ke negatif atau sebaliknya.
- Kuat arus listrik (I) adalah jumlah muatan listrik yang menembus penampang konduktor tiap satuan waktu.

Besaran arus listrik dinyatakan dalam satuan Ampere. Didefinisikan "Amper adalah satuan kuat arus listrik yang dapat memisahkan 1,118 milligram perak dari nitrat perak murni dalam satu detik". Besaran arus listrik dihitung dengan persamaan:

$$I = \frac{Q}{t} \dots \dots (3.5)$$

maka muatan listrik dapat dihitung dengan

$$Q = It \dots \dots (3.6)$$

I = kuat arus listrik (Ampere)

Q = muatan listrik (Coulomb)

t = waktu (detik)

n = jumlah elektron/volume

Contoh soal 3.4:

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

Diketahui:

$I = 0,5$ Ampere

$t = 2$ menit.

Ditanya:

muatan listrik (Q).

Pembahasan:

$t = 2$ menit = $2 \times 60 = 120$ detik

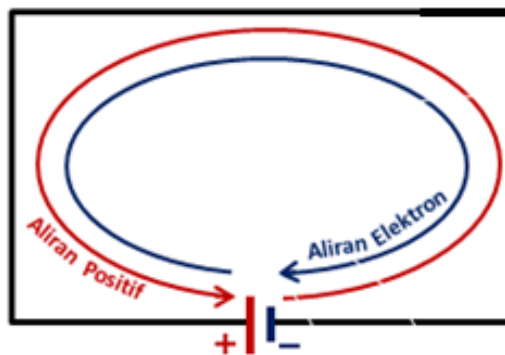
Dengan menggunakan persamaan 3.6 maka diperoleh muatan listrik

$$\begin{aligned} Q &= 0,5 \times 180 \\ &= 90 \text{ Coulomb} \end{aligned}$$

a. Arah dan rapat arus

Arah arus pada suatu rangkaian didefinisikan adalah arus listrik yang mengalir dari kutub positif (+) ke kutub negatif (-) baterai (kebalikan arah dengan gerakan elektron).

Gambar 4.2 mendeskripsikan panah arus searah dengan arah pergerakan partikel bermuatan positif atau diberi istilah arus konvensional. Pembawa muatan positif tersebut akan bergerak dari kutub positif baterai menuju ke kutub negatif. Berdasarkan teori menyatakan pembawa muatan dalam sebuah penghantar listrik adalah partikel-partikel elektron bermuatan negatif yang didorong oleh medan listrik mengalir berlawanan arah dengan arus konvensional. Dengan alasan sejarah, sehingga digunakan istilah konvensi karena arus dideskripsikan searah dengan arah pergerakan seharusnya dari pembawa muatan positif, walaupun kenyataannya pembawa muatan adalah muatan negatif dan bergerak berlawanan arah, Konvensi demikian dapat digunakan pada sebagian besar keadaan karena diasumsikan pergerakan pembawa muatan positif memiliki efek yang sama dengan pergerakan pembawa muatan negatif.



Gambar 3.6 Arah aliran positif dan arah aliran elektron

Pertama kali melakukan penyaluran tenaga listrik komersil dibuat oleh Thomas Edison di akhir abad ke 19. menggunakan listrik arus searah. Semakin berkembangnya teknologi listrik arus bolak-balik lebih mudah digunakan dibandingkan dengan listrik tegangan/arus searah untuk transmisi (penyaluran) dan pendistribusian (pembagian) tenaga listrik. Di era berkembangnya teknologi semakin canggih saat ini hampir semua transmisi tenaga listrik menggunakan listrik tegangan/arus bolak-balik.

Rapat kuat arus listrik (J) adalah kuat arus per satuan luas penampang. Persamaannya adalah

$$J = \frac{I}{A} \dots \dots (3.7)$$

dimana:

J = rapat arus (Ampere/mm²)

I = kuat arus (Ampere)

A = luas penampang yang dilalui arus (m²)

Contoh soal 3.5:

Kuat arus yang mengalir 2 Ampere mengalir pada suatu penghantar sebesar 2 Ampere dengan luas penampang penghantar 0,5 mm². Ditanya berapa rapat arus listrik yang terjadi pada kawat tersebut?

Diketahui:

$I = 2$ Ampere

$A = 0,5$ mm²

Ditanya:

Rapat arus

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 3.7 maka rapat arus listrik adalah

$$\begin{aligned} J &= \frac{2}{0,5} \\ &= 4 \text{ A/mm}^2 \end{aligned}$$

b. Sumber Arus Listrik

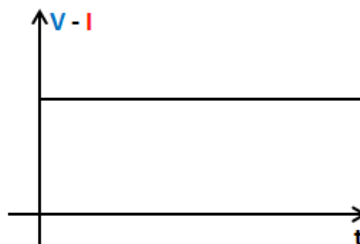
Arus listrik mengalir dalam suatu rangkaian karena adanya beda potensial antara dua titik dalam rangkaian yaitu dari titik berpotensi

tinggi ke titik berpotensi rendah. Agar arus terus mengalir dalam rangkaian harus ada alat yang dapat mempertahankan beda potensial yang disebut sumber gaya gerak listrik. Sumber gaya gerak listrik (GGL) adalah suatu alat yang dapat mengubah energi kimia, gerak atau energi bentuk lain ke bentuk energi listrik yang diperlukan untuk mempertahankan muatan listrik terus mengalir secara kontinyu. Jadi GGL merupakan beda potensial dan GGL dapat menyebabkan arus mengalir, sehingga sumber GGL dapat juga dikatakan sumber beda potensial atau sumber arus listrik.

c. Arus Searah

Berdasarkan sumber arus listrik yang dihasilkan terdapat 2 jenis yaitu arus searah dan arus bolak-balik. Arus listrik searah dalam Bahasa Inggris disebut *direct current* (DC) adalah elemen yang dihasilkan oleh reaksi kimia seperti baterai, akumulator, dan sebagainya. Sedangkan Arus listrik bolak-balik atau *alternating current* (AC) dihasilkan oleh dinamo atau generator.

Sumber tegangan dan arus searah adalah suatu energi listrik yang mengalir secara merata setiap saat.



Gambar 3.7 Kurva arus searah

Gambar 3.7 menjelaskan tentang kurva arus searah, dimana besar tegangan (V) dan arus (I) ditunjukkan oleh garis vertikal sedangkan garis horizontal menunjukkan lamanya mengalir arus (t) dalam detik.

Sumber energi arus searah diperoleh dari elemen-elemen seperti elemen volta, baterai, accumulator, dan sebagainya. Elemen adalah

sumber arus listrik searah yang berasal dari reaksi kimia. Ketika digunakan elemen mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

Berdasarkan sifat bahan yang digunakan elemen dibedakan menjadi

- 1) Elemen primer, yaitu suatu elemen yang reaksi kimia didalamnya tidak dapat diperbaharui lagi. sehingga jika energi listriknya telah habis tidak dapat dimuati lagi atau diisi lagi (sekali pakai). Contoh elemen volta, elemen daniel, elemen kering (Baterey).
- 2) Elemen sekunder, yaitu elemen yang reaksi kimia di dalamnya dapat diperbaharui sehingga jika energi listriknya telah habis dapat diisi ulang (*discharge*). Contoh accumulator, sel Nicad.

Berdasarkan bentuk bahan elektrolit yang digunakan yaitu

- Elemen kering yaitu elemen yang elektrolitnya berupa campuran seperti pasta.
- Elemen basah yaitu elemen yang elektrolitnya berupa cairan. Elektrolit adalah zat kimia yang dapat menghantarkan arus listrik.

d. Jenis-jenis sumber arus searah

Berbagai jenis sumber arus searah yang dikenal, diantaranya:

1) Elemen primer

Reaksi kimia yang terjadi pada elemen primer tidak dapat dibalikkan, mengakibatkan elemen ini hanya dapat digunakan selama berlangsung reaksi yang terjadi. Apabila reaksi kimia habis maka bahan kimia di dalamnya tidak dapat dikembalikan seperti semula.

2) Elemen sekunder

Elemen sekunder kebalikan dari elemen primer, yaitu bahan-bahan pereaksinya dapat diperbaharui kembali, yaitu apabila bahan-bahan pereaksinya tidak dapat berfungsi maka dapat diperbaharui kembali dengan cara mengalirkan arus listrik dari sumber luar yang arahnya berlawanan dengan arus yang dihasilkan.

3) Elemen Volta

Susunan elemen Volta terdiri dari:

- ❖ elektroda positif (anoda) terbuat dari bahan tembaga (Cu);
- ❖ elektroda negatif (katoda) terbuat dari bahan seng (Zn); dan

❖ elektrolit: asam sulfat (H_2SO_4).

Cara kerja:

Ketika kedua elektroda dihubungkan dengan suatu penghantar akan terjadi reaksi kimia. Ion-ion seng positif melarut dalam asam sehingga seng memiliki banyak elektron (bermuatan negatif). Elektron-elektron dari seng mengalir melalui penghantar menuju tembaga. Arus listrik mengalir dari tembaga menuju seng. Pada tembaga elektron-elektron ditangkap oleh ion-ion positif hidrogen dalam larutan asam, sehingga ion hidrogen berubah menjadi gas hidrogen dan mengumpul pada tembaga (terjadi polarisasi). Karena terjadinya polarisasi ini maka pada elemen volta arus mengalir hanya sebentar. Agar arus terus-menerus mengalir, gelembung gas harus dibersihkan.

Polarisasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung gas hidrogen hasil reaksi kimia yang menyelimuti lapisan plat tembaga. Beda potensial yang dihasilkan +1,5 volt.

4) Elemen Daniel

Susunan elemen Daniel sebagai berikut

- ❖ Anoda terbuat dari material/bahan tembaga (Cu)
- ❖ Katoda terbuat dari bahan seng (Zn)
- ❖ Elektrolit merupakan bahan cair asam sulfat (H_2SO_4)
- ❖ Depolarisator terdiri dari bahan tembaga sulfat (CuSO_4)

Cara kerja sama seperti pada elemen volta hanya sebelum hasil reaksi menutup tembaga akan bereaksi dulu dengan CuSO_4 sehingga tidak terjadi polarisasi. Depolarisator adalah larutan yang berfungsi mencegah terjadinya polarisasi sehingga arus dapat mengalir lebih lama. Beda potensial yang dihasilkan + 1,5 Volt.

5) Elemen kering (baterey)

Elemen kering yang paling umum digunakan adalah sel karbon seng. Susunannya sebagai berikut:

- ❖ Anoda terbuat dari batang karbon (C);
- ❖ Katoda terbuat dari seng (Zn);
- ❖ Elektrolit merupakan unsur amonium Clorida (NH_4Cl); dan

- ❖ Depolarisator terbuat dari bahan dioksida dan serbuk karbon ($\text{MnO}_2 + \text{C}$).

Cara kerja:

Pada saat kedua elektroda dihubungkan dengan suatu penghantar maka akan terjadi reaksi kimia yang menghasilkan aliran arus listrik. Pada saat yang sama akan terjadi gelembung gas Hidrogen yang kemudian diserap oleh campuran $\text{MnO}_2 + \text{C}$ sehingga tidak menempel pada anoda. Baterai mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Beda potensial yang dihasilkan +1,5 volt. Sel karbon seng termasuk elemen primer karena jika muatannya habis maka tidak dapat diisi ulang. Namun ada juga sel kering yang biasa diisi ulang. Contohnya *sel Nicad*.

6) Accu (Accumulator)

Susunan material accu (accumulator/accu) terdiri dari

- ❖ Anoda terbuat dari material timbal dioksida (PbO_2)
- ❖ Katoda terbuat dari material timbal (Pb)
- ❖ Elektrolit terbuat dari asam sulfat (H_2SO_4)

Beda potensial yang dihasilkan satu sel accumulator + 2 volt. Sebuah accu 12 Volt memiliki 6 sel yang disusun seri.

Cara kerja:

Pada saat accumulator digunakan, maka akan terjadi:

- Perubahan energi kimia menjadi energi listrik
- Reaksi kimia: $\text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Timbal dioksida dan timbal menjadi timbal sulfat. Dalam reaksi ini dilepaskan elektron-elektron sehingga arus listrik yang mengalir pada penghantar luar dari kutub positif ke kutub negatif. Reaksi kimia yang terjadi mengencerkan asam sulfat sehingga massa jenisnya berkurang. Pada nilai massa jenis tertentu, accu tidak dapat menghasilkan muatan listrik (accumulator mati). Agar dapat digunakan kembali accu harus dimuati ulang.

Ketika accumulator diisi (*dicharge*) maka akan terjadi:

- Perubahan energi listrik menjadi energi kimia
- Reaksi kimia : $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$

Pengisian accu dilakukan dengan mengalirkan arus searah yang memiliki beda potensial lebih besar dari beda potensial accu dengan cara menghubungkan kutub positif sumber arus pengisi dengan kutub positif accu (PbO_2) dan kutub negatif sumber arus pengisi dengan kutub negatif accu (Pb). Kapasitas penyimpanan accu diukur dalam satuan ampere hour (AH).

7) Termoelemen

Termoelemen adalah sumber arus listrik searah. Prosesnya terjadinya arus searah karena adanya perbedaan suhu. Termolen mengubah energi panas menjadi energi listrik. Peristiwa ini pertama kali ditemukan oleh John Seebach (1826). Semakin besar perbedaan suhu antara titik A dan B pada suatu logam maka semakin besar arus yang mengalir. Sekarang ini proses tersebut belum dimanfaatkan karena arus yang dihasilkan relatif kecil.

8) Generator arus searah

generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan pada alat ini disebabkan oleh peristiwa induksi. Generator pada prinsipnya menghasilkan arus bolak balik (AC). Hanya pada generator arus searah (DC) menggunakan komutator satu cincin yang terbelah dua, sedangkan generator AC memiliki dua cincin yang terpisah.

9) Sel photovoltaic

sel photovoltaic dikenal dengan istilah sel surya atau solar cell. Sel ini termasuk alat semikonduktor yang terdiri dari komponen dioda P-N Junction. Sel photovoltaic yaitu suatu peralatan yang berfungsi berubah sinar/cahaya matahari menghasilkan energi listrik. Proses ini disebut efek photovoltaics. Peralatan ini memiliki berbagai aplikasi. Karena cocok digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia sehingga sering digunakan untuk daerah terpencil, pompa air, melainkan energi listrik yang digunakan satelit menggunakan sel ini.

Cara kerja sel photovoltaic adalah apabila pelat foil aluminium terkena sinar matahari, maka pelat tersebut akan menimbulkan panas dan diteruskan ke pelat yang terbuat dari silicon yang bersifat

semikonduktor. Pada saat suhu semakin tinggi, maka elektron-elektron akan terlepas dari silikon dan masuk pada foil aluminium dan muatan-muatan positifnya menempel pada kedua foil besi. Jika kedua foil tersebut dihubungkan pada rangkaian maka akan menghasilkan aliran elektron atau sering disebut arus listrik. Hal ini terjadi karena adanya beda potensial diantara kedua foil. Karena potensial yang dibangkitkan oleh sel photovoltaic maka dibutuhkan banyak sel-sel tersebut. Listrik yang dibangkitkan dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari yang menembus pelat, jumlah sel dan luas penampang yang disinari cahaya matahari.

10) Arus bolak balik

Arus bolak-balik (*alternating current* - AC) adalah suatu tegangan dan arus listrik yang besar dan arahnya berubah-ubah secara periodik dalam waktu tertentu. Berbeda dengan arus searah di mana DC yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik berbentuk gelombang sinusoida, hal ini yang memungkinkan penyaluran energi yang paling efisien. Namun dalam aplikasi-aplikasi spesifik yang lain, bentuk gelombang lain pun dapat digunakan, misalnya bentuk gelombang segitiga (*triangular wave*) atau bentuk gelombang segi empat (*square wave*).

Secara umum, listrik bolak-balik merupakan penyaluran listrik dari sumbernya (misalnya PLN) ke kantor-kantor atau rumah-rumah penduduk. Namun ada pula contoh lain seperti sinyal-sinyal radio atau audio yang disalurkan melalui kabel, yang juga merupakan listrik arus bolak-balik. Dalam penerapan ini, tujuan utama yang paling penting adalah pengambilan informasi yang termodulasi atau terkode di dalam sinyal arus bolak-balik tersebut.

Pada tahun 1835, Hippolyte Pixii membuat alternator pertama (pembangkit arus bolak-balik). Pixii membuat alat tersebut dengan putaran magnet. Namun pada era ini semua orang berfokus pada pembuatan arus listrik satu arah jadi penemuan ini tidak begitu sukses pada jaman ini. Pengelolaan Arus bolak-balik dimulai pada tahun 1882. Pada dekade ini

banyak sekali penemuan yang bersangkutan dengan listrik dari penemu-penemu ternama seperti Thomas Alpha Edison dan Nikola Tesla. Teknologi pembangkit arus listrik bolak-balik (AC) mula-mula dibuat pertama kali oleh Sabastian Ferranti dengan Lord Kelvin. Ini termasuk dengan pembuatan transformer mula-mula.

Sistem arus listrik bolak-balik di buat di Great Barrington, Massachusetts oleh William Stanley yang di support oleh Westinghouse. Nikola Tesla juga memulai penjualan sistem listrik bolak-baliknya di New York, namun gagal karena new york telah mengadopsi sistem litrik satu arah. Pada tahun 1887 C.S. Bradley membuat generator bolak-balik 3 fasa. Ini adalah alat yang membuat arus listrik bolak-balik lebih efisien dan bisa dipakai jaman sekarang. Pada tahun 1900 generator bolak-balik 3 fasa menjadi prinsip dasar sumber tenaga listrik di dunia.

Di Indonesia, pada umumnya listrik bolak-balik disalurkan oleh PLN ke kantor-kantor, industri/pabrik, rumah penduduk, dan sebagainya. Contoh lain seperti sinyal-sinyal radio atau audio yang disalurkan melalui kabel juga merupakan listrik arus bolak-balik. Di dalam aplikasi-aplikasi ini tujuan utama adalah pengambilan informasi yang termodulasi atau terkode di dalam sinyal arus bolak-balik.

Hippolyte Pixii (1835) merancang altenator pertama (pembangkit arus bolak-balik). Pixii membuat alat tersebut dengan putaran magnet. Tetapi di era tersebut pada umumnya hanya berpikir tentang pembuatan arus listrik DC sehingga penemuan ini tidak begitu sukses pada waktu itu.

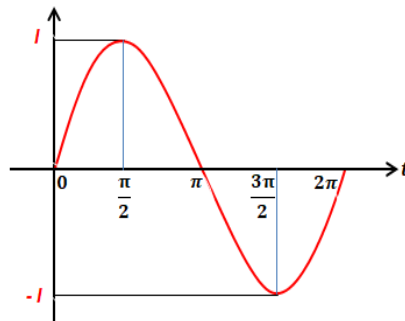
Pengelolaan Arus bolak-balik mulai dikembangkan sejak tahun 1882. Banyak Ilmuan yang menemukan teori tentang listrik sehingga terjadi kemajuan teknologi seperti dirasakan manfaatnya hingga sekarang ini. Ilmuwan yang berkontribusi diantaranya Thomas Edison dan Tesla. Teknologi pembangkit arus listrik AC pertama kali dibuat oleh Sabastian Ferranti Dan Lord Kelvin termasuk pembuatan transformer.

Sistem listrik AC di buat di Great Barrington, Massachusetts oleh Stanley yang di support oleh Westinghouse. Tesla juga memulai penjualan sistem listrik bolak-baliknya di New York, tetapi gagal karena New York telah mengadopsi sistem litrik satu arah. Pada tahun 1887 Bradley membuat generator bolak-balik 3 fasa. Ini adalah alat yang membuat listrik

AC lebih efisien dan digunakan hingga sekarang ini. Pada tahun 1900 generator bolak-balik 3 fasa menjadi prinsip dasar dari sistem tenaga listrik di dunia.

Arus bolak-balik adalah arus listrik memiliki besaran-besaran dan arahnya yang berubah-ubah secara bolak-balik. Berbeda dengan arus searah di mana arah arus yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik biasanya berbentuk gelombang sinusoidal, karena ini yang memungkinkan pengaliran energi yang paling efisien. Namun dalam aplikasi-aplikasi spesifik yang lain, bentuk gelombang lain dapat digunakan, misalnya bentuk gelombang segitiga (*triangular wave*) atau bentuk gelombang segi empat (*square wave*).

Adapun gelombang listrik bolak-balik secara sinusoidal digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Kurva Gelombang Sinusoidal

Dalam rangkaian AC, arus dan tegangan berubah-ubah setiap saat sesuai dengan bentuk kurva sinusoidal sehingga arus dan tegangan terdiri dari tiga besaran nilai, sebagai berikut:

- Nilai Maksimum, yaitu suatu nilai listrik tertinggi atau terbesar pada rangkaian
- Nilai Sesaat, yaitu suatu nilai besaran listrik yang terjadi dalam rangkaian pada suatu waktu tertentu

- Nilai Efektif, yaitu besar nilai listrik AC yang setara dengan besar nilai DC yang menghasilkan kalor yang sama pada waktu yang sama. Nilai ini dapat diukur pada alat ukur.
- Hubungan Nilai arus, tegangan Maksimum dan nilai efektif.

Dimana:

Tegangan maksimum:

$$V_{maks} = V_{ef}\sqrt{2} \dots \dots (3.8)$$

Maka diperoleh Nilai Tegangan Efektif, adalah

$$V_{ef} = \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}} \dots \dots (3.9)$$

Arus maksimum dihitung dengan persamaan:

$$I_{maks} = I_{ef}\sqrt{2} \dots \dots (3.10)$$

Sehingga diperoleh Nilai Arus Efektif, adalah:

$$I_{ef} = \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}} \dots \dots (3.11)$$

Dimana:

- V_{maks} = tegangan maksimum, satuan Volt
- V_{ef} = tegangan efektif, satuan Volt
- I_{maks} = arus maksimum, satuan Ampere
- I_{ef} = arus efektif, satuan Amper.

Nilai rata-rata tegangan dan arus dihitung dengan persamaan,

Rata-rata tegangan:

$$V_{rata} = \frac{2 V_{maks}}{\pi} \dots \dots (3.12)$$

Rata-rata arus:

$$I_{rata} = \frac{2 I_{maks}}{\pi} \dots \dots (3.13)$$

Dimana:

- V_{rata} = tegangan rata-rata, satuan Volt

V_{maks} = tegangan maksimum, satuan Volt

I_{rata} = arus rata-rata, satuan Ampere

I_{maks} = arus maksimum, satuan Ampere

$\pi = 3,14$

3.12. Hambatan (Tahanan) Listrik

Pergerakan elektron dalam penghantar (kawat) sangat berliku-liku di antara berjuta-juta atom. Dalam perjalanan elektron sering terjadi hambatan atau bertabrakan satu dengan yang lainnya maupun bertabrakan dengan atom yang akan dilewatinya. Rintangan karena tabrakan yang terdapat di dalam penghantar ini disebut hambatan atau tahanan pada suatu penghantar. Satuan hambatan pada penghantar adalah Ohm yang diberi simbol Ω (omega).

Satu ohm didefinisikan yaitu *“Satu kolom air raksa yang panjangnya 1,063 m dan berpenampang 1 mm² pada suhu 0° celcius”*. Penghantar yang mempunyai nilai tahanan kecil sangat mudah dialiri arus listrik, atau sering dikatakan memiliki daya hantar listrik yang besar. Penghantar yang mempunyai tahanan besar, sangat sulit dialiri oleh arus listrik, dan dikatakan mempunyai daya hantar listrik yang kecil. Sehingga sering dikatakan bahwa besarnya nilai dari suatu tahanan berbanding terbalik dengan besarnya nilai arus yang mengalir.

Aliran arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian tidak berakhir pada ujung penghantar melainkan berjalan melingkar kembali ke sumber arus. Pada dasarnya suatu alat listrik disebut beban karena bersifat menghambat arus listrik. Hubungan antara arus listrik, tegangan, dan hambatan dapat diilustrasikan seperti air yang mengalir pada suatu saluran. Penemu pertama kali meneliti hubungan antara arus listrik, tegangan, dan hambatan adalah *George Simon Ohm* (1787-1854) yaitu seorang ahli fisika Jerman. Hubungan tersebut lebih dikenal dengan sebutan hukum Ohm.

Setiap arus yang mengalir melalui suatu penghantar selalu mengalami hambatan. Jika hambatan listrik dilambangkan dengan R, beda potensial V, dan kuat arus I, hubungan antara R, V, dan I secara matematis dapat ditulis persamaan sebagai berikut:

$$V = I R \dots (3.14)$$

V = beda potensial atau tegangan, dinyatakan dalam satuan Volt
 I = kuat arus listrik, dinyatakan dalam satuan Ampere
 R = hambatan listrik, dinyatakan dalam Ohm

Sebuah penghantar mempunyai nilai hambatan 1Ω dan tegangan 1 V maka di antara kedua ujung tersebut mampu mengalirkan arus listrik sebesar 1 A melalui penghantar itu. Data-data hasil eksperimen (percobaan) Ohm dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Pada pelajaran Matematika telah diketahui bahwa kemiringan garis merupakan hasil bagi besaran-besaran nilai pada sumbu vertikal (ordinat Y) oleh nilai-nilai yang bersesuaian pada sumbu horizontal atau sumbu X (absis). Berdasarkan grafik, kemiringan garis adalah

$$\alpha = \frac{V}{I} \dots \dots (3.15)$$

Kemiringan tersebut merupakan nilai hambatan (R). Makin besar kemiringan berarti hambatan semakin besar. Dalam hal ini jika terdapat suatu bahan dengan kemiringan grafik besar berarti material tersebut makin sulit dilewati oleh arus listrik.

Komponen khusus yang dibuat untuk menghambat arus listrik adalah resistor, yaitu suatu komponen penghambat arus yang mengalir suatu rangkaian. Sebuah resistor dibuat dengan mempunyai nilai hambatan tertentu sesuai dengan kebutuhan. Jika dipasang pada rangkaian sederhana, resistor berfungsi untuk mengurangi kuat arus tetapi jika dipasang pada rangkaian yang relatif kompleks, seperti radio, televisi, dan komputer, resistor dapat berfungsi sebagai pengatur kuat arus. Dengan demikian, komponen-komponen dalam rangkaian itu dapat berfungsi dengan baik.

Nilai hambatan dari suatu komponen dapat diukur secara langsung dengan alat ukur Ohmmeter. Biasanya, ohmmeter dipasang bersama-sama dengan amperemeter dan voltmeter dalam satu perangkat yang disebut multimeter.

3.13. Gaya Gerak Listrik

Gaya gerak listrik (GGL) adalah suatu sumber arus listrik yang merupakan beda potensial antara ujung-ujung sumber arus listrik ketika sumber arus tidak mengalirkan arus listrik. Hal ini terjadi karena rangkaian dalam keadaan terbuka. Satuan GGL adalah Volt.

a. Hambatan Kawat Penghantar

Berdasarkan percobaan di atas, dapat disimpulkan bahwa besar hambatan suatu kawat penghantar

- 1) Sebanding dengan panjang penghantar, artinya makin panjang penghantar, makin besar hambatannya;
- 2) Bergantung pada jenis bahan kawat (sebanding dengan hambatan jenis kawat); dan
- 3) Berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar, artinya makin kecil luas penampang, makin besar hambatannya. Jika panjang penghantar dilambangkan ℓ , hambatan jenis ρ , dan luas penampang kawat A . Secara matematis, besar hambatan kawat adalah

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \dots \dots (3.16)$$

Dimana:

R = hambatan kawat ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

ρ = hambatan jenis ($\Omega \text{ m}$)

ℓ = panjang penghantar (m)

A = luas penampang kawat (m^2)

Nilai hambatan suatu penghantar tidak bergantung pada beda potensialnya. Beda potensial hanya dapat mengubah kuat arus yang melalui penghantar itu. Jika penghantar yang dilalui sangat panjang, kuat arusnya akan berkurang. Hal itu terjadi karena diperlukan energi yang sangat besar untuk mengalirkan arus listrik pada penghantar panjang. Keadaan seperti itu dikatakan tegangan listrik turun. Makin panjang penghantar, makin besar pula penurunan tegangan listrik.

Bahan yang digunakan untuk membuat kawat penghantar juga mempengaruhi nilai hambatan jenis suatu kawat penghantar, maka jenis hambatan suatu jenis logam dengan logam lain akan berbeda berbeda. Berikut ini tabel bahan dan nilai hambatan jenis.

Tabel 3.2 Bahan dan nilai hambatan jenis

Jenis Bahan	Hambatan Jenis ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
Tembaga keras	0,0167
Tembaga lunak	0,175
Alumunium	0,03
Zeng	0.12
Timah	0,13
Besi	0,13
Perak	0,164
Baja	0,10-0,25
Timah Hitam	0,21
Nikelin	0,41
Karbon	0,48

Contoh soal 3.6:

Suatu penghantar bermaterial nikelin dengan panjang 100 m, dengan diameter 2 mm. Hitunglah nilai hambatan.

Diketahui:

$$\rho = \text{penghantar nikelin} = 0,42 (\Omega \text{ mm}^2/\text{m})$$

$$d = 2 \text{ mm}$$

$$r = 1 \text{ mm}$$

$$\ell = 100 \text{ m}$$

Ditanya:

Nilai hambatan (R) ...?

Pembahasan:

Langkah pertama:

Yang harus dilakukan yaitu menghitung luas penampang atau luas alas (A), karena suatu kawat memiliki luas penampang berbentuk lingkaran maka digunakan rumus luas lingkaran:

$$A = \pi r^2 \dots (3.17)$$

Karena $\pi = 3,14$ maka luas penampang adalah

$$\begin{aligned} A &= 3,14 \times 1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm} \\ &= 3,14 \times 1 \text{ mm}^2 \\ &= 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Langkah kedua:

Apabila luas penampang telah diketahui maka langsung digunakan persamaan 3.3 sehingga diperoleh nilai hambatan adalah

$$\begin{aligned} R &= 0,42 \Omega \text{mm}^2 / \text{m} \frac{100 \text{ m}}{3,14 \text{ mm}^2} \\ R &= 13,37 \Omega \end{aligned}$$

Contoh soal 3.7:

Berapakah hambatan seutas kawat aluminium bila memiliki hambatan jenis $2,65 \times 10^{-8} \Omega$ dengan Panjang kawat 40 m dan diameter 4,2 mm?

Diketahui:

$$\rho = 2,65 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$$

$$l = 40 \text{ m}$$

$$d = 4,2 \text{ mm} \rightarrow r = 2,1 \text{ mm} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Ditanya:

$$R = \dots ?$$

Pembahasan:

Cari terlebih dahulu luas penampang (A) penghantar tersebut dengan menggunakan rumus luas lingkaran, itu:

$$\begin{aligned} L &= \pi r^2 \\ &= (22/7) \times (2,1 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \\ &= 13,86 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ &= 1,4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka besarnya hambatan dari penghantar diperoleh:

$$\begin{aligned} R &= 2,65 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 40 \text{ m} / 1,4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \\ &= 7,6 \times 10^{-2} \Omega \end{aligned}$$

Contoh soal 3.8:

Suatu penghantar yang terbuat dari material nikrom yang panjangnya 3 Meter memiliki hambatan 20 ohm. Penghantar nikrom kedua panjangnya sama, tetapi diameternya $\frac{1}{2}$ kali diameter kawat pertama. Berapakah hambatan penghantar kedua?

Diketahui:

$$l_1 = l_2 = 3 \text{ m}$$

$$d_2 = \frac{1}{2} d_1$$

$$R_1 = 20 \Omega$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

Ditanya:

$$R_2 = \dots ?$$

Pembahasan:

Karena diameter $d_2 = \frac{1}{2} d_1$ maka jari-jari kawat tersebut juga sama yaitu $r_2 = \frac{1}{2} r_1$. Cari terlebih dahulu luas penampang (A) penghantar nikrom yang kedua dengan menggunakan rumus luas lingkaran, yakni:

$$L = \pi r^2$$

maka

$$L_2 = \pi \left(\frac{1}{2} r_1\right)^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi r_1^2$$

$$= \frac{1}{4} L_1$$

$$= \frac{1}{4} L_1$$

$$= \frac{1}{4} L_1$$

sehingga

$$A_2 = \frac{1}{4} A_1$$

Hambatan jenis kedua dari penghantar tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho l = R A \dots (3.18)$$

Karena panjang dan hambatan jenis kawat sama, maka diperoleh:

$$(\rho l)_1 = (\rho l)_2$$

$$R_1 A_1 = R_2 A_2$$

$$20 \Omega = R_2 \times \frac{1}{4}$$

$$R_2 = 4 \times 20 \Omega$$

$$= 80 \Omega$$

3.14. Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik (DHL) atau sering disebut konduktivitas yaitu untuk mendeskripsikan ukuran tentang besaran kuantitatif dari suatu benda seperti logam maupun cairan larutan untuk menghantarkan listrik. Misalnya suatu cairan larutan, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi maka semakin tinggi nilai DHL. Reaktivitas, bilangan valensi, dan konsentrasi ion-ion terlarut sangat dipengaruhi oleh nilai-nilai DHL. Senyawa organik adalah penghantar listrik (konduktor) yang baik, sedangkan senyawa anorganik adalah penghantar listrik (konduktor) yang lemah. Alat yang digunakan adalah SCT (*Salino Conductivity Meter*).

DHL atau daya hantar listrik merupakan ukuran seberapa besar suatu logam atau larutan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik. DHL merupakan kebalikan dari hambatan listrik, sehingga dapat diprediksi nilai kuantitatif konduktivitasnya dengan persamaan:

$$G = \frac{1}{R} \dots \dots (3.19)$$

Dimana:

G = DHL atau konduktivitas, dengan satuan Ohm^{-1} yang diberi simbol \mathcal{U} (kebalikan dari Ω) atau Siemens (S)

R = hambatan listrik.

Contoh soal

Apabila suatu hambatan listrik memiliki nilai 10 Ohm, tentukan nilai konduktivitas.

Diketahui:

Hambatan $R = 10 \text{ Ohm}$

Ditanya:

Berapa besar nilai konduktivitas?

Penyelesaian:

Dengan menggunakan persamaan 3.19 maka nilai konduktivitas dari material yaitu

$$\begin{aligned} G &= \frac{1}{10} \\ &= 0,1 \mathcal{U} \end{aligned}$$

Konduktivitas seringkali dijadikan ukuran untuk menentukan seberapa besar kuat suatu larutan dapat menghantarkan listrik. Dalam hal ini nilai konduktivitas merupakan ukuran konsentrasi total elektrolit di dalam air. Dimana larutan elektrolit yaitu suatu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan elektrolit adalah zat yang mengalami ionisasi dalam cairan atau air.

Pada suatu penghantar yang dialiri oleh arus listrik karena disebabkan oleh mengalirnya elektron yang bermuatan negatif pada penghantar tersebut. Sedangkan proton adalah muatan positif yang berada bersama inti (neutron) dari atom. Apabila kedua ujung penghantar memperoleh beda potensial (tegangan) maka elektron akan mengalir di antara ruang-ruang bermuatan positif yang dalam keadaan diam bersama inti. Semakin panjang suatu kawat penghantar, semakin besar hambatan yang dialami oleh aliran elektron. Hal ini akan semakin kecil arus yang mengalir pada penghantar tersebut. Dengan demikian semakin panjang suatu penghantar dan luas penampangnya dan jenis penghantar dapat mempengaruhi besar kecilnya arus yang mengalir. Misalnya semakin panjang jaringan suatu penghantar seperti penyaluran tenaga listrik oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) akan mempengaruhi kualitas arus yang mengalir.

Dalam teknik listrik, telah dirancang berbagai peralatan listrik sesuai kebutuhan dengan menggunakan berbagai jenis material atau bahan yang sudah diperhitungkan daya hantar listrik atau konduktivitas-nya. Diantaranya adalah penghantar atau konduktor, super konduktor, seni konduktor dan isolator.

Penghantar atau konduktor adalah suatu material yang digunakan dalam teknik listrik yang mudah menghantarkan arus listrik dari satu titik atau tempat ke titik yang lain. Suatu material yang mudah dialiri listrik dapat memudahkan mengalirnya elektron-elektron. Mengalirnya elektron-elektron ini yang disebut mengalirnya arus listrik pada suatu penghantar.

Super konduktor atau super konduktivitas adalah suatu penghantar yang terbuat dari material yang dapat mengalirkan arus listrik tanpa tahanan listrik sedikitpun, material ini terdiri dari berbagai unsur-unsur campuran tertentu yang dapat mengalirkan arus listrik tanpa tahanan pada

suhu yang sangat rendah. Super konduktivitas ini disebut sebagai fenomena quantum makroskopis, yaitu suatu fenomena yang terjadi pada suatu bahan apabila berada pada suhu yang sangat rendah. Indikasi dari pada jenis penghantar ini yaitu resistansi menjadi nol dan cenderung menolak medan magnet atau efek Meissner.

Isolator adalah suatu material yang sulit menghantarkan arus listrik. Isolator ini memiliki hambatan yang sangat besar sehingga pembuatannya berasal dari material berhambatan besar. Elektron-elektron pada material yang memiliki hambatan jenis yang besar sangat sulit melepaskan dirinya dari ikatan inti pada suatu atom. Hal ini mengakibatkan sangat sulit untuk dialiri arus listrik.

Semikonduktor adalah suatu penghantar yang memiliki daya hantar listrik berada diantara konduktor dan isolator. Semikonduktor terbuat dari material yang memiliki elektron-elektron yang berada pada orbit terluar yang terikat relatif kuat oleh inti atom. tetapi tidak sekuat seperti pada isolator dan tidak mudah lepas seperti pada penghantar.

Apabila suatu penghantar semakin luas penampangnya maka hambatannya semakin kecil. Secara matematis, hubungan antara hambatan penghantar, luas penampang, panjang penghantar, dan jenis penghantar, diformulasikan dengan persamaan:

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots \dots (3.20)$$

Dimana:

R = hambatan kawat penghantar, dalam satuan Ohm (Ω)

ρ = hambatan jenis bahan/material penghantar, dalam satuan Ohm meter ($\Omega.m$)

A = luas penampang penghantar, dalam satuan meter bujur sangkar (m^2)

l = panjang penghantar, dalam satuan meter (m).

Contoh soal 3.9:

Suatu bahan material tembaga panjangnya 10 m dengan ukuran luas penampang 4 mm². Hambatan jenis tembaga adalah 3 x10⁻⁸ $\Omega.m$. Ditanya berapa hambatan material tembaga tersebut?

Diketahui:

$$l = 10 \text{ m}$$

$$A = 4 \text{ mm}^2 = 4 \times 10^{-6}$$

$$\rho = 3 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

Ditanya:

Hambatan material tembaga (R) = ...?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 3.20 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} R &= 3 \times 2,5 \times 10^{-6} \frac{10}{4 \times 10^{-8}} \\ &= 3 \times 2,5 \times 10^{-2} \\ &= 7,5 \times 10^{-2} \Omega \end{aligned}$$

Pelaksanaan Praktikum DHL

Tujuan:

Melakukan percobaan dalam rangka untuk mengetahui DHL tentang material penghantar.

Teori

Pada suatu penghantar yang dialiri oleh arus listrik karena disebabkan oleh mengalirnya elektron yang bermuatan negatif pada penghantar tersebut. Sedangkan proton adalah muatan positif yang berada bersama inti (neutron) dari atom. Apabila kedua ujung penghantar memperoleh beda potensial (tegangan) maka elektron akan mengalir di antara ruang-ruang bermuatan positif yang dalam keadaan diam bersama inti. Semakin panjang suatu kawat penghantar, semakin besar hambatan yang dialami oleh aliran elektron. Hal ini akan semakin kecil arus yang mengalir pada penghantar tersebut. Dengan demikian semakin panjang suatu penghantar dan luas penampangnya dan jenis penghantar dapat mempengaruhi besar kecilnya arus yang mengalir.

Bahan dan Alat

Untuk melakukan percobaan dalam rangka mengetahui DHL suatu material maka dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut, yaitu:

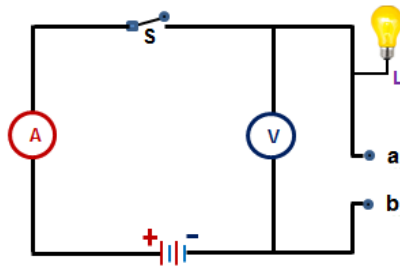
- Sakelar/Swich (S),

- Alat ukur Voltmeter,
- Alat ukur Ampermeter,
- Jenis-jenis material penghantar (tembaga, aluminium, nikelin, dan sebagainya),
- Elemen baterai 4 – 6 buah, dan
- Berbagai peralatan yang dibutuhkan untuk membuat rangkaian percobaan termasuk alat tulis menulis.

Pelaksanaan Praktikum

Langkah-langkah percobaan, adalah

- a) Keselamatan kerja
 - Pastikan material dan peralatan lainnya yang akan digunakan sudah tersedia dan tidak rusak;
 - Periksa peralatan misalnya alat ukur dapat berfungsi dengan benar (valid);
 - Aturlah posisi selektor pada alat ukur multimeter sebelum dipraktikkan agar pengukuran akan memperoleh data yang akurat; dan
 - Periksa kabel rangkaian apakah sudah koneksitas yang baik sebelum dihubungkan dengan sumber listrik (tegangan).
- b) Buatlah rangkaian seperti pada Gambar berikut ini.



Gambar 3.9 Rangkaian Percobaan DHL Material Penghantar

- c) Potong semua material yang tersedia dari berbagai ukuran panjang dan luas penampang dari jenis-jenis material yang tersedia,

- d) Buatlah lembar observasi untuk mencatat data hasil pengukuran seperti pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Observasi Percobaan Material

No.	Jenis Penghantar	Ukuran	A	V	Hasil Analisis

- e) Letakkan material penghantar pada kedua titik *a* dan *b* dengan ukuran panjang, luas penampang, jenis material yang dianggap perlu untuk melakukan percobaan,
- f) Hubungkan rangkaian melalui saklar agar rangkaian menjadi tertutup
- g) Observasi (amati) pergerakan alat ukur (voltmeter dan amperemeter) dan catat pada lembaran tabel tentang besaran-besaran hasil pengukuran pada alat ukur tersebut,
- h) Matikan rangkaian melalui saklar,
- i) Lakukan percobaan lanjutan terhadap material yang tersedia yang telah dipotong dengan ukuran panjang yang sama dan penampang yang sama terhadap berbagai material yang sudah tersedia.

Pertanyaan: Perhatikan pada tabel lembar catatan setiap melakukan percobaan

- Apakah ada perbedaan tegangan dan arus setiap kali melakukan percobaan antara panjang dan luas penampang pada material jenis yang sama? dan apakah ada perbedaan menyala lampu setiap kali melakukan percobaan?
- Apakah ada perbedaan tegangan dan arus setiap kali melakukan percobaan jenis material yang berbeda dengan ukuran panjang dan

luas penampang yang sama? dan apakah ada perbedaan menyala lampu setiap kali melakukan percobaan?

Laporan Hasil Percobaan

Buatlah laporan hasil kegiatan percobaan berdasarkan analisis yang mengacu dari data-data hasil pengukuran. Laporan tersebut untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang dikemukakan. Dalam hasil analisis, kemukakan argumentasi dalam bentuk narasi-narasi untuk mengkaitkan teori-teori yang telah dikemukakan dengan hasil percobaan dalam bentuk data kuantitatif sebagai bukti empiris bahwa hasil percobaan mendukung teori. Laporan ini akan dinilai oleh pengajar atau instruktur praktikum sebagai acuan untuk nilai kemampuan sebagai salah satu kompetensi pada pelajaran Dasar-dasar Listrik.

Penelitian Lanjutan

Berdasarkan hasil percobaan ini dapat dijadikan acuan untuk:

- Melakukan penelitian lanjutan tentang unsur-unsur atau komposisi dari material penghantar yang telah dilakukan percobaan sehingga dapat menjawab secara komprehensif mengapa terjadi perbedaan DHL antara material, dan
- Melakukan percobaan terhadap jenis-jenis logam atau larutan elektrolit yang berkaitan dengan Dasar Teknik Listrik.

Rangkuman

Listrik terdiri dari dua jenis, yaitu listrik statis dan dinamis. Listrik statis merupakan suatu fenomena kelistrikan yang sulit diamati dengan indra penglihatan. Listrik statis yaitu listrik yang tidak bergerak karena energinya hanya berada dalam suatu benda yang bermuatan listrik. Pembahasan mengenai listrik statis ini yang menjadi pokok bahasan adalah interaksi antara muatan dan fenomena-fenomena yang disebabkan oleh adanya muatan atau gejala listrik. Listrik dinamis adalah listrik yang dapat melakukan gerakan (aktivitas). Hal ini terjadi karena adanya pergerakan elektron, karena elektron yang merupakan salah satu unsur atom yang lepas dari orbitnya dan berpindah ke atom yang lain. Perpindahan atau pergerakan elektron tersebut dari atom satu ke atom yang lain disebut

aliran listrik yang merupakan awal terjadinya arus listrik. Arus listrik merupakan jumlah muatan yang mengalir melalui suatu material yang disebut penghantar dalam satuan waktu (detik).

Suatu benda atau materi pada umumnya memiliki jumlah proton yang sama dengan elektron sehingga benda ini dalam keadaan netral (diam). Apabila keseimbangan antara jumlah proton dan jumlah elektron adana reaksi karena sesuatu maka akan terjadi pengurangan atau penambahan muatan elektron, maka benda tersebut akan tidak seimbang. Benda akan bermuatan listrik positif bila kekurangan elektron dan benda bermuatan negatif apabila kelebihan elektron. Cara untuk membuat benda bermuatan listrik, yaitu suatu benda yang netral dapat menjadi bermuatan apabila digosokkan pada benda yang lain. Hal ini disebabkan karena gosokan dapat membuat elektron berpindah dari satu materi ke materi yang lain. Suatu benda yang terdiri dari elektron akan terjadi Tarik menarik dengan benda yang bermuatan positif dan akan saling tolak menolak apabila kedua benda tersebut bermuatan yang sama, misalnya elektorn dengan elektron atau proton dengan proton.

Benda-benda yang bermuatan apabila didekatkan satu dengan yang lain akan terjadi interaksi. Muatan akan mempengaruhi terjadinya induksi dan pada suatu piranti seperti elektroskop dan pada suatu medan listrik.

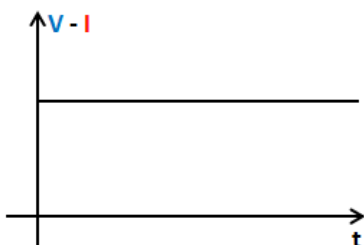
Tegangan listrik atau beda potensial merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan suatu unit muatan dari satu tempat ke tempat laian. Tegangan liatik dinyatakan dalam satuan volt. Pada prinsipnya tegangan listrik yaitu ukuran beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik. Tegangan listrik sering dianggap seperti gaya yang mendorong perpindahan elektron melalui suatu penghantar atau konduktor.

Listrik dinamis adalah listrik yang dapat melakukan gerakan (aktivitas). Hal ini terjadi karena adanya pergerakan elektron, karena elektron yang merupakan salah satu unsur atom yang lepas dari orbitnya dan berpindah ke atom yang lain. Perpindahan atau pergerakan elektron tersebut dari atom satu ke atom yang lain disebut aliran listrik yang merupakan awal terjadinya arus listrik. Arus listrik merupakan jumlah

muatan yang mengalir melalui suatu material yang disebut penghantar dalam satuan waktu (detik).

Tegangan atau beda potensial adalah suatu besaran yang mendorong (kekuatan) pada kedua titik (kutub positif dan kutub negatif) dalam suatu rangkaian. Tegangan merupakan sesuatu kekuatan yang berasal atau diberikan oleh sumber listrik seperti Bateray atau accu sering disebut aki, generator, listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara), dan sebagainya. Sumber listrik ini yang memproses sehingga terjadi gerak gaya listrik. Sumber-sumber tersebut sering disebut pembangkit listrik berskala kecil, sedang, dan besar yang berfungsi untuk menyalurkan listrik bagi pengguna yang dibutuhkan masyarakat, perkantoran pemerintah/swasta, industri atau pabrik, dan sebagainya.

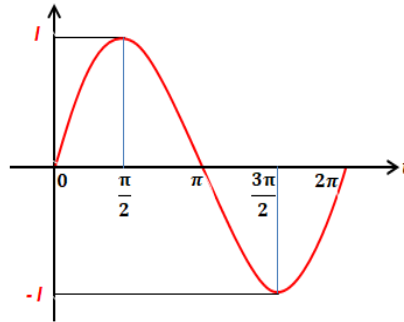
Arus listrik searah adalah arus yang mengalir secara terus menerus tanpa berubah-ubah terhadap waktu seperti diGambarkan berikut ini.



Besaran arus listrik dinyatakan dalam satuan Ampere yang diberi simbol A . Arus listrik ini seringkali terhambat saat mengalir. Adanya hambatan tersebut karena diakibatkan oleh beban yang terpasang pada rangkaian listrik. Hambatan ini seringkali disebut hambatan atau tahanan listrik yang diberi simbol R dengan satuan Ohm. Untuk menghitung besaran arus, hambatan dan tegangan listrik menggunakan dibutuhkan hukum Ohm, Kirchhoff I tentang arus, dan Kirchhoff II tentang tegangan.

Arus bolak balik adalah arus yang berubah-ubah secara periodik dan berbentuk kurva sinusoida. Arus bolak balik dihasilkan oleh induksi elektromagnetik. Arus dan tegangan, yaitu arus dan tegangan yang nilainya

berubah-ubah terhadap waktu dalam bentuk sinusoidal, seperti Gambar berikut ini.



Kurva (grafik) arus dan tegangan AC dapat diamati dengan menggunakan osiloskop, dan besaran-besarnya dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur Ampermeter, Voltmeter, Ohmmeter atau AVO meter. DHL atau konduktivitas adalah suatu nilai berbanding terbalik dengan tahanan listrik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai hambatan listrik yang dimiliki suatu material, maka semakin kecil nilai konduktivitasnya.

Konduktivitas seringkali dijadikan ukuran untuk menentukan seberapa besar kuat suatu larutan dapat menghantarkan listrik. Dalam hal ini nilai konduktivitas merupakan ukuran konsentrasi total elektrolit di dalam air. Dimana larutan elektrolit yaitu suatu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan elektrolit adalah zat yang mengalami ionisasi dalam cairan atau air.

Semakin panjang dan luas penampang serta jenis material suatu penghantar akan mempengaruhi nilai konduktivitas. Hal ini berkaitan dengan ke tiga faktor tersebut sehingga semakin besar nilai hambatan yang dimiliki material mengakibatkan nilai konduktivitasnya semakin kecil. Hal ini karena aliran elektron akan mengalami hambatan yang lebih besar

Soal-soal Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan listrik statis?
2. Jelaskan pengertian atom dan muatan listrik
3. Mengapa disebut suatu benda tidak seimbang?
4. Jelaskan bagaimana terjadi medan listrik
5. Kemukakan beberapa cara untuk membangkitkan beda potensial?
6. Dua buah materi memiliki muatan yang sama yaitu $3 \mu\text{C}$. Sedangkan jarak dua muatan tersebut adalah $0,75 \times 10^{-3}$. Ditanya berapa besar gaya coulomb yang terjadi antara muatan tersebut?
7. Suatu benda bermuatan $5 \cdot 10^2$ dengan kuat medan listrik sebesar 25 N/C . ditanya berapa besar gaya yang terjadi pada benda tersebut?
8. Beda potensial pada suatu material yang bermuatan listrik sebesar 110 Volt dan muatan listrik yang dapat memindahkan material tersebut dari titik A ke titik B adalah 50 Coulomb . Ditanya berapa besar energi potensial yang ada pada benda tersebut?
9. Apa yang dimaksud dengan listrik dinamis?
10. Jelaskan pengertian tentang:
 - a. Arus listrik
 - b. Rapat arus
 - c. Sumber arus listrik
 - d. Arus searah
 - e. Elemen Primer
 - f. Elemen sekunder
 - g. Elemen Volta
 - h. Elemen Daniel
 - i. Elemen kering
 - j. Accu (accumulator)
 - k. Generator arus searah
 - l. Sel photovoltaic
 - m. Gaya gerak listrik (GGL),
 - n. Hambatan listrik
11. Jelaskan cara kerja dari
 - a. elemen Volta,
 - b. elemen Daniel,

- c. elemen kering (baterey), dan
 - d. elemen accu (accumulator)
 - e. generator arus searah
 - f. sel photovoltaic
12. Jelaskan pengertian arus bolak balik
 13. Gambarkan kurva gelombang sinusoidal
 14. Jelaskan material yang digunakan dalam elemen kering dan basah sehingga terjadi tegangan (beda potensial) pada elemen-elemen tersebut.
 15. Kemukakan tentang hukum Ohm disertai dengan persamaannya
 16. Kemukakan tentang hukum Kirchhoff I dan II serta penerapannya
 17. Hitunglah berapa besar sumber tegangan rangkaian bila 6 komponen elemen baterey masing-masing berkapasitas 1,5 ohm yang tersusun campuran yaitu setiap percabangan terdapat 3 buah baterey tersusu seri dan Gambarlah bentuk rangkaiannya.
 18. Berapa arus yang mengalir pada suatu rangkaian listrik bila pada percabangan pertama mengalir arus sebesar 0,4 Ampere dan pada rangkaian kedua sebesar 1,2 Ampere kemudian pada rangkaian ke tiga sebesar 0,8 Ampere.
 19. Jelaskan pengertian dari daya hantar listrik (DHL) atau konduktivitas dari suatu materi.
 20. Uraikan hubungan antara DHL dengan larutan elektronit
 21. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai DHL dari suatu material?
 22. Ukuran kawat penghantar bermaterial nikelin yang panjangnya 70 m. setelah dilakukan pengukuran diperoleh diameter 5 mm. Ditanya berapa nilai hambatan pada penghantar tersebut?
 23. Hambatan jenis suatu penghantar aluminium dengan diameter 2,5 dan panjangnya 50 m, memiliki hambatan jenis $2,5 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$). Ditanya berapa besar hambatan pada kawat tersebut?
 24. Panjang penghantar nikrom adalah 3 meter dan besar hambatannya yaitu 20 ohm. Sedangkan panjang kawat nitrom kedua memiliki panjang yang sama dan memiliki diameter 1/5 kali diameter dari kawat pertama. Ditanya berapa besar hambatan kawat kedua?

25. Buatlah percobaan untuk melakukan uji terhadap jenis-jenis larutan elektrolit sesuai dengan rangkaian percobaan yang telah dilakukan dan sediakan bejana untuk menampung larutan elektrolit yang akan diuji.

BAB 4

KOMPONEN PASIF DAN AKTIF

Dalam rangkaian elektronika, terdapat komponen pasif dan aktif. Ke dua komponen tersebut merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan, misalnya dalam suatu piranti elektronika memerlukan ke dua jenis komponen ini agar piranti tersebut dapat beroperasi sesuai dengan keinginan dari para engineer (perekayasa) di bidang teknik elektro dan elektronika (*electrical engineering*).

4.1. Komponen Pasif

Komponen pasif adalah komponen yang dapat bekerja tanpa sumber tegangan. Komponen pasif terdiri dari resistor, induktor, dan kapasitor atau kondensator.

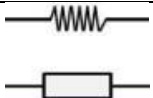
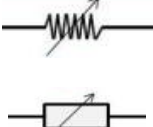
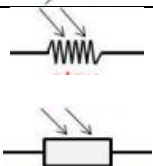
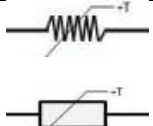
a. Resistor

Resistor pertama kali ditemukan pada tahun 1787 oleh George Ohm dari bangsa Jerman. Istilah resistor berasal dari kata resist, dalam bahasa Inggris disebut menolak, menghambat atau menahan. Karena komponen tersebut telah dirancang khusus dan menjadi peralatan elektronika maka dinamakan resistor yang berfungsi untuk membatasi, mengatur atau bersifat menahan maupun menghambat arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian. Karena sifatnya tersebut maka resistor memiliki nilai resistansi. Komponen resistor sangat penting dalam teknik listrik khususnya rangkaian elektronika, sehingga komponen ini banyak digunakan dalam peralatan elektronika, seperti radio, *tape recorder*, televisi, komputer, dan sebagainya. Pada prinsipnya resistor adalah suatu komponen elektronika yang bersifat pasif dan memiliki nilai resistansi atau penghambat arus listrik.

Berbagai jenis dan simbol resistor yang dirancang sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Berdasarkan pada nilai hambatan (tingkat resistivitas), yaitu komponen ini terdiri dari resistor tetap dan resistor

variabel. Resistor tetap yaitu suatu komponen yang terpasang dalam rangkaian listrik maupun rangkaian elektronika yang memiliki nilai konstan atau tetap. Sedangkan resistor variabel (*variable resistor*) adalah suatu komponen yang dapat diubah-ubah sebagaimana yang dibutuhkan dalam rangkaian listrik/elektronika. Resistor ini berfungsi untuk mengatur besaran arus listrik pada suatu rangkaian sesuai yang diinginkan. Misalnya, untuk mengatur volume suara pada peralatan listrik seperti *tape recorder*, radio, dan televisi. Penggunaan resistor pada kipas angin, yaitu untuk mengatur putarannya agar angin yang dibutuhkan dapat terpenuhi. Demikian juga untuk peralatan pendingin atau penyejuk ruangan (*air condition*), melalui resistor dapat mengatur suhu yang keluar dari peralatan tersebut. Berbagai jenis resistor dan fungsinya. Seperti dikemukakan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jenis-jenis Simbol Resistor

Simbol Resistor	Jenis
atau 	Resistor (Nilai Tetap)
atau 	Resistor Variabel (Resistor Berubah-ubah)
atau 	LDR (<i>light Depending Resistor</i>)
atau 	Thermistor (NTC/PTC)

Resistor termasuk salah satu komponen elektronika yang bersifat pasif, karena komponen ini tidak membutuhkan arus listrik untuk bekerja.









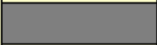


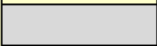
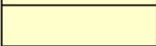
Resistor memiliki sifat menghambat arus listrik dan memiliki nilai hambatan tertentu.

Dalam rangkaian listrik atau rangkaian elektronika, resistor memiliki beberapa kegunaannya yaitu sebagai berikut

- Penghambat arus listrik;
- Pembagi tegangan;
- Pembagi arus;
- Pengaman arus;
- Dan sebagainya.

Resistor terbuat dari material atau bahan karbon dan keramik yang berbentuk tabung. Semakin besar kapasitas resistor, semakin besar pula diameter tabung yang dipergunakan. Resistor diproduksi dengan cara pembuatan inti keramik yang dilakukan dengan proses ekstrusi yang kemudian dipotong sesuai ukuran panjang tabung. Setelah keramik dipotong sesuai ukuran yang diinginkan kemudian diberi pelapisan karbon. Material yang digunakan memiliki yang berbeda-beda atau klasifikasi atau tipe tertentu sesuai dengan nilai hambatan yang dibutuhkan. Kedua ujung resistor diberi logam untuk menghubungkan dengan komponen lainnya. Pembuatan terakhir yaitu diberi kode warna sesuai dengan nilai hambatan resistor.

Tabel 4.2 Nilai kode warna Resistor

Warna	Nilai
	Hitam 0
	Coklat 1
	Merah 2
	Orange 3
	Kuning 4
	Hijau 5
	Biru 6
	Ungu 7
	Abu-abu 8
	Putih 9
	Emas 5%
	Perak 10%
	Tak berwarna 20%

Sumber: <http://teknikelektronika.com>

Untuk menggunakan komponen ini perlu dipelajari agar diketahui besaran nilai hambatannya. Terdapat beberapa cara untuk mengetahui, diantaranya dihitung dari kode warna dan kode angka atau menggunakan alat ukur Ohm-meter atau lebih mudah menggunakan Multimeter, adalah suatu alat ukur untuk mengukur arus, tegangan, dan hambatan listrik yang sering diberi istilah AVO meter singkatan dari Amper, Volt, dan Ohm.

Untuk mengetahui nilai resistor berdasarkan pada kode warna, perlu perhatikan nilai-nilai warna yang sudah ditetapkan pada Tabel 4.2

Cara menghitung resistor kode warna dikemukakan pada Gambar 4.1 Sistem kode warna pada Resistor. Dari Gambar 4.1 terdapat tiga

kategori kode warna, yaitu 4 cincin warna (bands), 5 warna, dan 6 warna. Pada Gambar tersebut dapat dipahami untuk menghitung besaran nilai hambatan yaitu:

Resistor pertama, terdapat 4 cincin kode warna artinya cincin ke-1 dan ke-2 adalah digit kode angka, cincin warna ke-3 sebagai faktor pengali, dan cincin kode warna ke 4 menunjukkan nilai toleransi

Resistor ke-dua, terdapat 5 cincin kode warna artinya cincin ke-1, ke-2, dan ke-3 adalah digit angka, cincin kode warna ke-4 faktor pengali, dan kode warna ke-5 menunjukkan nilai toleransi.

Resistor ke-tiga, terdapat 6 cincin kode warna, artinya nilai resistansi sama seperti pada resistor ke-dua, tetapi pada resistor ini menunjukkan cincin kode warna ke-6 menunjukkan koefisien toleransi terhadap temperatur yang diijinkan terhadap resistor tersebut.

Contoh soal 4.1:

Apabila suatu resistor hanya diberi kode angka, misalnya “253” maka cara untuk menghitung nilai resistor tersebut adalah

- Angka 2 menunjukkan nilai digit ke satu
- Angka 5 menunjukkan nilai digit ke dua
- Angka 3 menjunjukkan jumlah nol dibelakng digit ke dua, yaitu tiga nol atau 000 atau juga dikalikan dengan 10^3 .

Diketahui:

Resistor yang diberi kode angka “253”

Ditanya:

Berapa besar nilai hambatan/tahanan resistor yang diberi kode “235”?

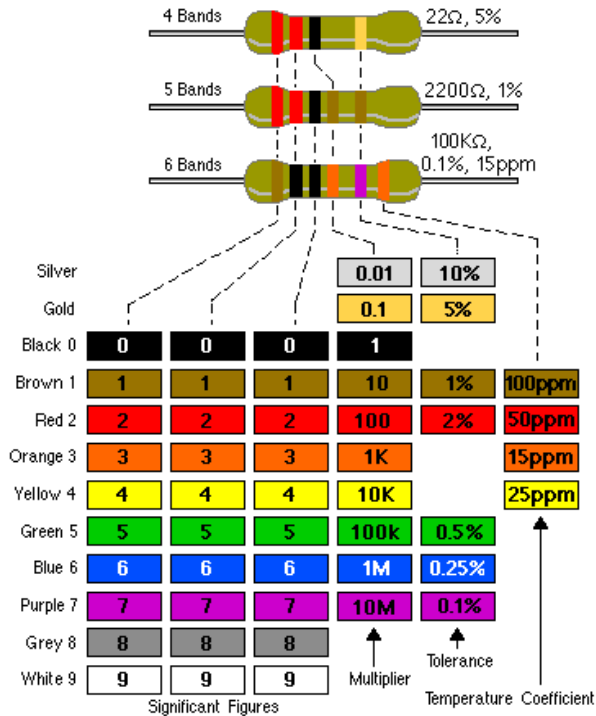
Pembahasan:

Perhatikan Gambar 4.1

Kode angka ke 1 dan ke 2 menunjukkan besaran nilai yaitu 25 sedangkan kode angka ke 3 yaitu sebagai faktor pengali atau dibelakan nilai tersebut ditambahkan tiga nol atau dikalikan dengan 10^3 sehingga nilai resistansi resistor (R) tersebut adalah

$$\begin{aligned} R &= 25 \times 10^3 \\ &= 25.000 \text{ Ohm} \\ &= 25 \text{ kilo Ohm} \end{aligned}$$

= 25 K-Ohm, atau
 = 25 KΩ.



Gambar 4.1 Perhitungan kode warna komponen Resistor
 Sumber: <http://www.capgo.com>

Terdapat juga cara lain, yaitu pada suatu resistor diberi kode angka dan huruf.

Contoh soal 4.2:

Sebuah komponen resistor tertulis “2R5”. Berapa nilai hambatan komponen tersebut?

Diketahui:

Komponen “2R5”

Ditanya:

Berapa besar hambatan komponen yang tertulis “2R5”

Pembahasan:

Kode huruf R yaitu menandai koma sehingga bila tertulis kode 2R5 maka diperoleh nilai hambatan adalah:

$$R = 2,5 \text{ Ohm}$$

Contoh soal 4.3:

Jika suatu komponen tertulis 0R25. Berapa besar nilai hambatannya?

Diketahui:

Komponen resistor tertulis 0R25

Ditanya:

Tentukan nilai hambatan resistor

Pembahasan:

Karena R merupakan kode koma, maka nilai resistor adalah

$$R = 0,25 \text{ Ohm}$$

Selain ke-tiga cara tersebut, terdapat resistor yang diberi kode seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Resistor

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa kode 25W adalah nilai faktor daya resistor, 22R dimana angka 22 menunjukkan nilai resistansi sedangkan huruf R artinya dikalikan dengan 1 sehingga diperoleh yaitu $22 \times 1 = 22$ Ohm, sedangkan kode huruf J menunjukkan nilai toleransi. Dengan demikian resistor ini diberi kode huruf untuk nilai resistansi dan kode nilai untuk toleransi. Besaran nilai huruf tersebut, yaitu:

Untuk kode huruf nilai resistansi adalah:

- “R” artinya $\times 1$ Ohm
- “K” artinya $\times 1.000$ Ohm = 10^3 ohm = 1 Kilo-Ohm = 1 K Ω
- “M” artinya $\times 1.000.000$ ohm = 10^6 ohm = 1 Mega-Ohm = 1 M Ω

Untuk kode huruf nilai toleransi, adalah:

- “F” menunjukkan kode toleransi 1%
- “G” menunjukkan kode toleransi 2 %
- “J” menunjukkan kode toleransi 5%
- “K” menunjukkan kode toleransi 10%
- “M” menunjukkan toleransi 20%

Pemberian kode warna dan kode huruf terhadap komponen-komponen elektronika seperti resistor dan kapasitor (kondensator) sangat penting mengingat komponen-komponen tersebut relatif kecil karena tidak cukup untuk diberi penjelasan secara detail yang memerlukan ruang yang cukup.

b. Induktor

Induktor adalah salah satu komponen sangat penting bagi peralatan-peralatan listrik dan elektornika, seperti televisi, komputer, mesin listrik, dan sebagainya. Induktor atau sering disebut reaktor yaitu suatu komponen elektronika yang dapat menyimpan energi dalam medan magnet, tegangan dan arus induksi setelah dihubungkan dengan sumber listrik tegangan dan arus searah (DC) atau bolak-balik (AC). Induktor sering digunakan sebagai komponen- komponen yang bekerja secara otomatis apabila suatu kondisi telah terpenuhi sehingga pengoperasiannya bekerja secara otomatis untuk mempermudah bekerjanya peralatan listrik dan elektronika.

Medan pada induktor akan menghasilkan tegangan listrik yang berbanding lurus dengan perubahan sesaat (waktu) dari arus listrik yang mengalir pada komponen tersebut. Induktor dirancang sesuai dengan kebutuhan yang dapat menimbulkan medan magnet berdasarkan besar arus yang melaluinya.

Induktor terdiri dari lilitan kumparan kawat atau penghantar yang terbuat dari material tembaga tunggal yang dililitkan pada inti logam yang sering diberi istilah *cooker*. Komponen ini selain berfungsi dapat menghasilkan arus magnet dan arus listrik sebagai komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghasil muatan listrik. Lilitan atau koil memiliki inti udara, inti besi, dan inti ferit.

Sebagai peralatan listrik dan elektronika, induktor memiliki berbagai fungsi. Fungsi utama dari induktor adalah untuk melawan fluktuasi arus yang melewatinya. Selain fungsi utama tersebut terdapat beberapa fungsi induktor, diantaranya:

- Dapat menyimpan arus listrik dalam bentuk medan magnet,
- Meneruskan arus searah (DC) dalam rangkaian listrik,
- Menahan arus bolak-balik (AC),
- Sebagai alat yang dapat menimbulkan gaya magnet,
- Sebagai filter maupun penalaan atau *tunning*,
- Dua atau lebih induktor yang dihubungkan atau dikopel secara magnetik akan menjadi sebuah tranformator (*transformer*),
- Dapat membangkitkan getaran,
- Dapat melipat gandakan tegangan atau arus, dan
- Bersama kapasitor, induktor dapat berfungsi sebagai rangkaian resonator yang berfungsi untuk bersonansi pada frekuensi tinggi.

Tabel 4.3 Perhitungan Induktor

Konstruksi	Rumus	Besaran (SI, kecuali disebutkan khusus)
Lilitan silinder	$L = \frac{\mu_0 K N^2 \pi r^2}{l}$	L = induksi μ_0 = permeabilitas vakum K = koefisien Nagaoka N = jumlah lilitan r = jari-jari lilitan l = panjang lilitan
Kawat lurus	$L = 200l \left(\ln \frac{4l}{d} - 1 \right) 10^{-9}$	L = induksi l = panjang kawat d = diameter kawat
Lilitan silinder pendek berinti udara	$L = \frac{r^2 N^2}{9r + 10l}$	L = induksi (μH) r = jari-jari lilitan (in) l = panjang lilitan (in) N = jumlah lilitan
Lilitan berlapis-lapis berinti udara	$L = \frac{0.8r^2 N^2}{6r + 9l + 10d}$	L = induksi (μH) r = jari-jari lilitan (in) l = panjang lilitan (in) N = jumlah lilitan d = tebal lilitan (in)

Konstruksi	Rumus	Besaran (SI, kecuali disebutkan khusus)
Lilitan spiral datar berinti udara	$L = \frac{r^2 N^2}{(2r + 2.8d) 10^5}$	L = induksi (μH) r = jari-jari lilitan (in) N = jumlah lilitan d = tebal lilitan (in)
Inti toroid	$L = \mu_0 \mu_r \frac{r^2 N^2}{D}$	L = induksi μ_0 = permeabilitas vakum μ_r = permeabilitas relatif bahan inti N = jumlah lilitan r = jari-jari lilitan D = diameter keseluruhan

Sumber: Wikipedia.org

Hukum Faraday mengatakan semua perubahan fluks magnetik akan menghasilkan tegangan induksi sebesar:

$$V_L = N \frac{d\Phi}{dt} \dots \dots (4.1)$$

atau

$$V_L = \frac{\mu N^2 A}{l} \frac{di}{dt} \dots \dots (4.2)$$

Dimana:

- N = jumlah lilitan
- A = luas penampang inti (m^2)
- Φ = fluks magnetik (Wb)
- μ = permeabilitas material inti
- l = panjang induktor (m)
- (di/dt) = laju perubahan arus (A/s)

Laju perubahan medan magnetik ($d\Phi/dt$) yaitu besaran yang menginduksi tegangan besarnya sesuai dengan laju perubahan arus listrik (di/dt) yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$N = \frac{d\Phi}{dt} \dots \dots (4.3)$$

atau

$$N = \frac{\mu N^2 A}{l} \frac{di}{dt} \dots \dots (4.4)$$

Karena:

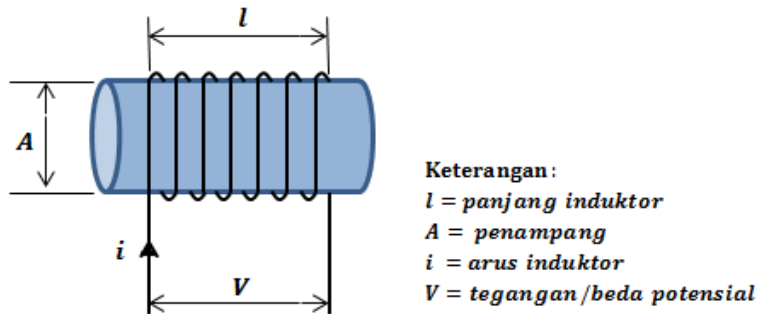
$$N = \frac{d\Phi}{dt}$$

Sehingga menjadi:

$$N = L \frac{di}{dt} \dots \dots (4.5)$$

Sedangkan L adalah induktor yang diperoleh dari persamaan $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$ sehingga tegangan induksi pada induktor sebesar:

$$V_L(t) = L \frac{di}{dt} \dots (4.6)$$



Gambar 4.3 Komponen induktor

Besaran nilai induktansi pada komponen induktor dipengaruhi beberapa faktor, yaitu jumlah lilitan (N), diameter induktor (A), semakin besar diameter induktor semakin tinggi induktansinya, semakin banyak jumlah lilitan semakin tinggi induksinya, permeabilitas inti sebagai material inti yang digunakan seperti udara, besi atau ferit, ukuran panjang induktor (L), dan semakin pendek induktor tersebut semakin tinggi induktansinya.



Gambar 4.4 Macam-macam bentuk induktor

Cara kerja induktor adalah pada saat arus mulai mengalir ke induktor, dalam komponen tersebut akan menghasilkan medan magnet yang disebabkan oleh perubahan arus listrik ke medan magnet dengan tidak mengubah besaran tegangan listrik. Perubahan ini disebut fluks magnet.

Perubahan arus listrik yang mengalir ke lilitan inti logam atau besi dapat menghasilkan medan magnet di sekitar kumparan sehingga besi akan berubah menjadi magnet pada saat mendapat arus magnetik dari sumber arus bolak-balik atau arus searah. Untuk memperjelas, buatlah suatu rangkaian listrik yang terdiri dari elemen baterai, komponen lampu pijar, saklar yang terhubung paralel dengan induktor. Pada saat menekan saklar maka lampu akan menyala terang sebelum mengalami peredupan pada intensitas cahaya yang lebih rendah.

Induktor sering digunakan untuk rangkaian frekuensi radio. Sehingga untuk menghitung jumlah lilitan (n) digunakan persamaan:

$$L = \frac{[d^2 n^2]}{[18d + 40l]} \dots \dots (4.7)$$

maka jumlah lilitan dapat diperoleh dengan:

$$n = \frac{\sqrt{L (18 \cdot d + 40 \cdot l)}}{d} \dots \dots (4.8)$$

Dimana:

L = nilai induktansi (μH)

d = diameter induktor (inci)

l = panjang induktor (inci)

n = jumlah lilitan

Contoh soal 4.4:

Suatu rangkaian radio dibutuhkan induktor yang memiliki nilai induktansi $4 \mu\text{H}$ untuk rangkaian frekuensi radio. Diameter Induktor yaitu $0,3$ inci dan panjang $1,5$ inci. Ditanya berapa banyak lilitan yang harus dirancang?

Diketahui:

$L = 4 \mu\text{H}$

$d = 0,3$ inci

$l = 1,5$ inci

Ditanya:

Berapa jumlah lilitan yang diperlukan?

Pembahasan:

Jumlah lilitan (n) yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned}n &= \frac{\sqrt{4 \{(18 \times 0,3) + (40 \times 1,5)\}}}{0,3} \\&= \frac{\sqrt{4 (5,4 + 60)}}{0,3} \\&= \frac{16,17}{0,3} \\&= 53,91 \text{ atau } 54 \text{ lilitan}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka agar diperoleh nilai induktansi $4 \mu\text{H}$ dibutuhkan 54 lilitan.

Berbagai jenis komponen induktor yang dikenal saat ini dalam teknik listrik dan elektronika. Jenis-jenis induktor ini didasarkan pada model atau bentuk serta bahan yang digunakan untuk membuatnya dan penggunaannya. Berikut ini jenis-jenis Induktor yang digunakan dalam teknik listrik dan elektronika, yaitu:

1) *Iron Core Inductor*

Iron Core Induktor adalah suatu komponen jenis induktor yang memiliki inti dari material logam atau besi. Besarnya inti besi yang digunakan pada sebuah induktor sangat bermacam-macam tergantung kebutuhan.

2) *Air Core Inductor*

Jenis komponen *Air Core Inductor* merupakan suatu jenis induktor yang menggunakan inti dengan bahan udara. Induktor seperti ini sering disebut induktor tanpa inti.

3) *Variable Inductor*

Variable Induktor adalah suatu komponen yang dapat diatur besar kecilnya nilai induktansi sesuai dengan keinginan. Induktor ini terbuat dari material bahan ferit. Salah satu penggunaan komponen ini yaitu untuk mengatur besaran induksi pada peralatan mesin listrik seperti pada generator, motor listrik, dan transformator.

4) *Ferrite Core Inductor*

Ferrite Core Inductor yaitu jenis komponen induktor yang menggunakan inti berbahan ferit. Induktor ini banyak digunakan pada rangkaian-rangkaian elektronika yang cukup kompleks atau rumit.

5) *Torroidal Core Inductor*

Torroidal Core Inductor adalah suatu komponen induktor yang memiliki bentuk melingkar atau cincin berbentuk huruf “O” seperti donat. Induktor jenis pada umumnya digunakan untuk rangkaian televisi.

6) *Laminated Core Induction*

Laminated Core Induction adalah jenis induktor dengan inti yang terdiri dari beberapa jenis logam. Jenis-jenis logam tersebut disambung secara paralel dengan sekat berbahan isolator.

c. Kapasitor




Kapasitor atau disebut kondensator adalah suatu komponen yang dapat menyimpan energi di dalam “*medan listrik*”, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan dalam komponen tersebut dari muatan listrik. Kondensator memiliki satuan yang disebut Farad yang diambil dari



nama Michael Faraday orang pertama yang menemukan kapasitor. Kondensator atau dikenal dengan nama “kapasitor”, namun kata “kondensator” masih dipakai hingga saat ini. Pertama disebut oleh Alessandro Volta seorang ilmuwan Italia pada tahun 1782, dari bahasa Italia yaitu *condensatore*, dalam bahasa Perancis *condensateur*, Jerman *Kondensator*, dan Spanyol *Condensador*, yaitu menyangkut kemampuan suatu komponen untuk menyimpan muatan listrik yang tinggi dibanding komponen lainnya. Kebanyakan bahasa dan negara yang tidak menggunakan bahasa Inggris masih mengacu pada perkataan bahasa Italia “*condensatore*”. Kapasitor terbuat dari material logam yang berbentuk dua buah lempengan yang disusun secara paralel dan berdekatan satu dengan yang lain sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan dan fungsinya.

Pada prinsipnya kapasitor terdiri dari dua keping pelat paralel tersebut dipisahkan oleh daerah non-konduktif. Daerah non-konduktor ini biasanya menggunakan bahan yang pada umumnya disebut dengan bahan dielektrik yaitu sejenis material isolator listrik yang dapat dipolarisasikan atau dikutubkan (*polarized*) dalam medan listrik. Jika material dielektrik ditempatkan di dalam medan listrik, maka muatan listrik tidak mengalir melalui bahan tersebut tetapi akan bergeser sedikit dari rata-rata posisi setimbangnya (*equilibrium positions*) sehingga menyebabkan polarisasi yang disebut dengan “polarisasi dielektrik”.

Terdapat beberapa jenis kapasitor yang dikenal dalam teknik elektronika seperti dikemukakan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Simbol dan Jenis-jenis Kapasitor

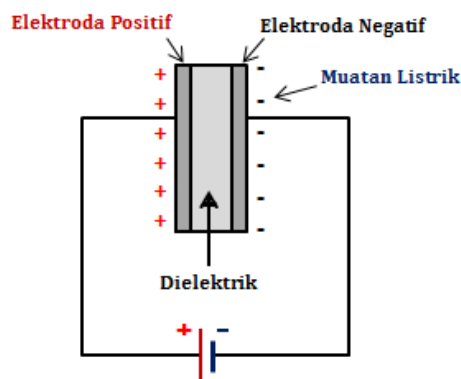
Simbol	Jenis	Keterangan
	Kapasitor/Kondensator Bipolar	Menyimpan arus listrik sementara waktu. Kapasitor ini berfungsi sebagai <i>short circuit</i> (arus pendek) pada arus bolak balik (AC) dan <i>open circuit</i> (arus terbuka) pada arus searan (DC)
	Kapasitor/Kondensator Nonpolar	
	Kapasitor/Kondensator Bipolar (<i>Polarized Capacitor</i>)	Elektrolit (Elco)
	Kapasitor/Kondensator	Elektrolit (Elco)

Simbol	Jenis	Keterangan
	Berpolar (<i>Polarized Capacitor</i>)	
	Kapasitor Variabel (<i>Variable Capacitor</i>)	Nilai kapasitansi dapat diatur

Dari Tabel 4.4 dijelaskan bahwa kapasitor dalam rangkaian arus bolak-balik berfungsi sebagai komponen untuk pembuka jalannya arus (*open circuit*).

Lempengan logam yang tersusun paralel sebagai material dielektrik dihubungkan dengan kaki kapasitor. Material dielektrik terbuat dari keramik, kertas, mika dan sebagainya. Kaki kapasitor dihubungkan dengan pelat konduktor. Material dielektrik yaitu material yang tidak dapat dialiri arus listrik memiliki ruang hampa udara sebagai salah satu bahan dielektrik. Apabila suatu material dielektrik dialiri arus listrik melalui kaki elektroda, maka muatan positif dan negatif akan berkumpul. Muatan ini akan tetap tersimpan dalam kapasitor selama tidak terjadi konduksi pada kaki terminal kapasitor.

Pada Gambar 4.5 bentuk pelat yang digunakan pada komponen kapasitor dapat berupa cakram aluminium, aluminium foil ataupun lapisan tipis logam yang dipasangkan berlawanan sisi dengan dielektrik padat. Lapisan konduktor dielektrik digulung menjadi bentuk silinder atau dibuat rata.



Gambar 4.5 Konstruksi Kapasitor

Beberapa fungsi komponen kapasitor dalam rangkaian listrik maupun rangkaian elektronika, yaitu:

- Untuk menyimpan muatan elektron atau listrik yang disebut dengan kapasitansi,
- Sebagai filter atau penyaring dalam rangkaian *power supply*,
- Sebagai frekuensi pada rangkaian antena,
- Sebagai kopling antara rangkaian yang satu dengan rangkaian yang lain termasuk pada *power supply*,
- Untuk menghemat daya listrik pada lampu neon,
- Dalam rangkaian arus searah (DC) berfungsi sebagai isolator atau penahan arus listrik,
- Pada rangkaian arus bolak-balik (AC) berfungsi sebagai konduktor atau melewatkan arus listrik,
- Sebagai perata tegangan DC untuk mengubah arus AC ke DC, dan
- Pembangkit gelombang AC atau osilator, dan sebagainya.

Besaran kapasitas kapasitor disebut kapasitansi atau kapasitif, yaitu suatu ukuran yang menyimpan muatan listrik. Makin besar muatan listriknya semakin besar muatan potensial listriknya. Besaran kapasitansi dalam suatu rangkaian listrik dihitung dengan persamaan:

$$C = \frac{Q}{V} \dots \dots (4.9)$$

Dimana:

C = Kapasitas kapasitor dalam satuan Farad (F)

Q = muatan yang tersimpan dalam satuan Coulomb (C)

V = beda potensial (tegangan), dalam satuan volt (V).

Berdasarkan pada formulasi persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa apabila semakin besar muatan listrik pada pelat konduktor yaitu kaki kapasitor maka semakin besar pula beda potensial antara kedua pelat kapasitor. Dalam hal ini muatan listrik (Q) berbanding lurus dengan beda tegangan (V).

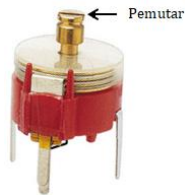
Nilai atau besaran kapasitansi suatu kapasitor ditentukan oleh ukuran pelat konduktor (penghantar) dan bentuknya dan kapasitansinya

tergantung dari jenis material yang digunakan pada kedua pelat sebagai dielektrik (pemisah).

Ditinjau dari nilai kapasitansi dan kegunaan kapasitor, komponen ini terdiri dari kapasitor memiliki nilai tetap dan kapasitor bernilai yang dapat diubah-ubah atau diberi istilah kapasitor variabel, yaitu komponen ini dirancang khusus agar dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan untuk rangkaian listrik/elektronika.

Berikut ini dikemukakan jenis-jenis kapasitor yang memiliki nilai tetap, yaitu:

- 1) Kapasitor Trimer, komponen ini termasuk jenis variabel tetap, tetapi kapasitansya dapat diubah-ubah sehingga alat ini dirancang khusus pada bagian kepalanya untuk memutar bagian dalam poros kapasitor dengan menggunakan obeng. Seperti ditunjuk pada Gambar 4.6 yaitu arah panah merupakan bagian untuk memutar poros kapasitor.



Gambar 4.6 Kapasitor Timer

- 2) kapasitor Varco, yaitu suatu komponen memiliki prinsip kerja identik dengan Kapasitor Trimer tetapi bentuknya seperti potensiometer.
- 3) Kapasitor Elektrolit, komponen ini sering diberi istilah elcho, yaitu kapasitor yang memiliki bahan isolasi yang terbuat dari elektrolit dan berbentuk tabung. Kapasitor Elektrolit memiliki polaritas arah positif dan negatif yang terbuat dari material alumunium yang berfungsi untuk membungkus dan sekaligus sebagai terminal negatif. Kapasitor Elektrolit memiliki nilai kapasitansi sebesar 0,47 sampai dengan ribuan μF .
- 4) Kapasitor Tantanum, yaitu suatu komponen yang terbuat dari material atau bahan logam tantanum yang berfungsi sebagai Anoda

atau elektroda positif (+). Sebagaimana kapasitor elektronit, kapasitor tantalum memiliki arah positif dan arah negatif (-). Material isolasi terbuat dari material elektrolit. Pada umumnya kapasitor tantalum digunakan pada peralatan elektronika yang berukuran kecil seperti notebook (laptop), handphone, dan sebagainya.

- 5) Kapasitor Kramik, yaitu komponen kapasitor berbentuk bulat tipis persegi empat yang terbuat dari material kramik. Kelebihan kapasitor ini tidak memiliki arah dan polaritas yang dapat dipasang bolak-balik pada rangkaian elektronika. Nilai kapasitansi kapasitor kramik antara 1 pF sampai dengan 0,01 μ F
- 6) Kapasitor Kertas, adalah suatu komponen jenis *non-variable* (tidak berubah atau tetap) yang memiliki isolasi terbuat dari kertas. Bernilai kapasitansi antara 300 μ F sampai dengan 4 F.
- 7) Kapasitor Mika, komponen jenis ini menggunakan material isolasi dari bahan mika. Nilai kapasitansi antara 50 pF sampai 0,02 μ F.
- 8) Kapasitor Polyester, yaitu kapasitor berbentuk persegi empat yang menggunakan isolasi dari polyester. Komponen ini dapat dipasang terbalik dalam rangkaian elektronika.

4.2. Komponen Aktif

Komponen aktif termasuk komponen semikonduktor yaitu suatu komponen yang dapat bekerja bila adanya sumber tegangan. Komponen ini terdiri dari dioda (diode), transistor, IC (*Integrated Circuit*).

a. Dioda

Dioda komponen elektronika yang terdiri dari 2 buah keping yang berbentuk pelat sebagai kutub yang berfungsi untuk menyearahkan arus listrik. Komponen kapasitor terdiri dari penggabungan dua buah material semikonduktor yang masing-masing diberi penambahan bahan (*doping*) yang berbeda. Tambahan material tersebut untuk mengalirkan arus listrik. Komponen dioda diberi simbol seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Simbol Dioda

Konstruksi dan struktur utama dioda yaitu dua buah kutub elektroda menggunakan material konduktor dan masing-masing terhubung dengan semikonduktor silicon jenis P (positif) yang disebut elektroda “Anoda” dan silicon jenis N (negatif) disebut “Katoda”. Dikatakan Anoda silikon jenis P karena terkandung elektron lebih sedikit dari pada Katoda. Antara ke dua elektroda tersebut sering diberi istilah P-N Junction.

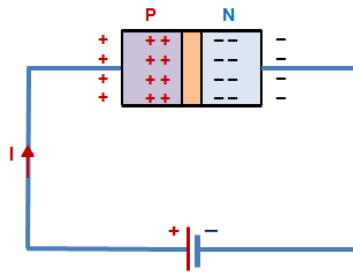
Karena dioda termasuk komponen semikonduktor pada umumnya terdiri dari material silicon atau germanium. Semikonduktor jenis P dibuat dengan menambahkan material yang memiliki elektron valensi kurang dari 4 misalnya “Boron” sedangkan semikonduktor jenis N dibuat dengan menambahkan material yang memiliki valensi elektron lebih dari 4 misalnya “Fosfor”.

Cara Kerja Dioda

Dioda dapat bekerja dalam 3 kondisi, yaitu kondisi tanpa tegangan (*unbiased*), diberikan tegangan positif (*forward bias*), dan tegangan negatif atau *reverse biased*. Berikut ini dijelaskan tentang kondisi tersebut, yaitu:

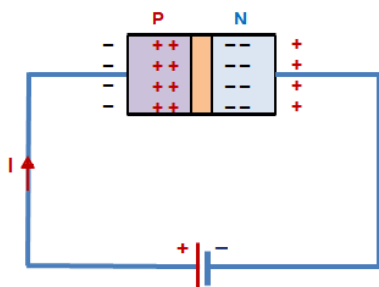
- 1) Kondisi tanpa tegangan. Kondisi ini akan terbentuk suatu pembatasan medan listrik pada daerah P-N *Juntion*. Dalam hal ini diawali dengan proses difusi yaitu bergeraknya muatan elektron dari anoda (positif) ke Katoda (negatif). Elektron-elektron ini akan berada pada sisi P yang disebut dengan istilah *hole*. Pergerakan elektron-elektron tersebut akan meninggalkan ion di posisi N, dan holes yang terisi elektron akan menimbulkan ion negatif di sisi P. ion-ion yang diam tersebut akan membentuk listrik statis yang menghalangi pergerakan elektron pada dioda.
- 2) Kondisi tegangan positif atau bias maju (*forward bias*). Dalam kondisi ini, anoda dihubungkan dengan elektroda/terminal positif

sumber listrik dan katoda dihubungkan dengan terminal negatif. Karena adanya tegangan dalam rangkaian maka ion-ion akan menghalangi aliran listrik sehingga tertarik pada masing-masing kutub. Ion-ion positif akan tertarik ke sisi katoda yang merupakan kutub negatif, dan ion-ion negatif akan ke sisi anoda yang merupakan kutub positif. Karena hilangnya penghalang-penghalang ini, akan terjadi pergerakan elektron pada dioda, mengakibatkan arus listrik akan mengalir sebagaimana prinsip rangkaian tertutup.



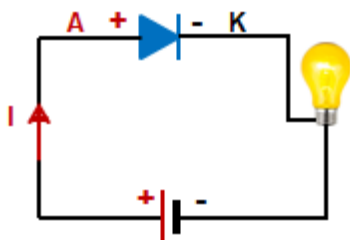
Gambar 4.8 Kondisi tegangan positif atau bias maju

- 3) Kondisi tegangan negatif atau bias mundur (*reverse biased*). Sisi anoda dihubungkan dengan terminal negatif sumber listrik dan sisi katoda dihubungkan dengan terminal positif. Karena adanya tegangan eksternal mengakibatkan ion-ion akan menghalangi aliran listrik sehingga tertarik ke masing-masing kutub. Diberikannya tegangan negatif maka ion-ion negatif tertarik ke sisi katoda yang dihubungkan dengan sumber listrik positif, dan ion-ion positif tertarik ke sisi anoda yang diberi sumber tegangan negatif. Bergeraknya ion-ion ini searah dengan medan magnet listrik statis yang menghalangi pergerakan elektron, mengakibatkan ion-ion semakin banyak. Sehingga aliran listrik tidak dapat mengalir melalui dioda dan rangkaian akan terbuka.



Gambar 4.9 Kondisi tegangan negatif atau bias mundur

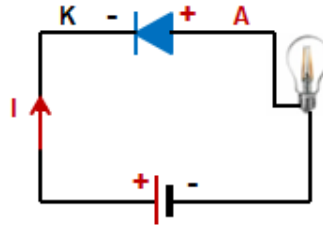
Cara pemasangan dioda dalam suatu rangkaian yang dihubungkan dengan lampu dan diberi sumber listrik jangan sampai terbalik. contoh seperti Gambar 4.10. Pada Gambar ini pemasangannya sudah benar yaitu anoda dihubungkan dengan sisi positif dari sumber listrik. Sedangkan sisi katoda dihubungkan dengan sisi negatif sumber listrik sehingga lampu dapat mengeluarkan cahaya sesuai dengan warna cahaya yang diinginkan. Warna tersebut tergantung kepada jenis dioda yang digunakan untuk dipasangkan dalam rangkaian.



Gambar 4.10 Rangkaian pemasangan Dioda

Pemasangan dioda jangan sampai terbalik seperti pada Gambar 4.11 pemasangan terbalik akan mengakibatkan lampu tidak menyala karena katoda (*K*) dari dioda dihubungkan dengan sumber listrik positif dan anoda dihubungkan dengan sumber listrik negatif. Hal ini disebabkan katoda adalah sisi negatif anoda (*A*) sehingga aliran listrik tidak akan mengalir

dalam rangkaian tersebut. Dengan demikian pemasangan dioda harus diperhatikan dengan cermat tentang posisi anoda dan katoda terhadap sumber tegangan.



Gambar 4.11 Rangkaian pemasangan Dioda terbalik

Pada Gambar 4.11 lampu tidak dapat menyala karena dioda terpasang terbalik. Hal ini disebabkan arus listrik (I) tidak bias masuk melalui sisi negatif (katoda).

Jenis-jenis dioda dan fungsi dan penggunaannya.

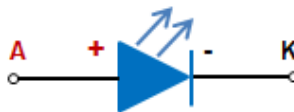
Berbagai jenis dioda yang telah diproduksi memiliki fungsi dan penggunaannya, yaitu:

1) PN Junction Diode

Dioda ini terdiri dari susunan PN dan memiliki cara kerja seperti yang dijelaskan sebelumnya. Dioda jenis ini adalah dioda yang umum digunakan di pasaran sering disebut diode generik, digunakan terutama sebagai penyearah arus.

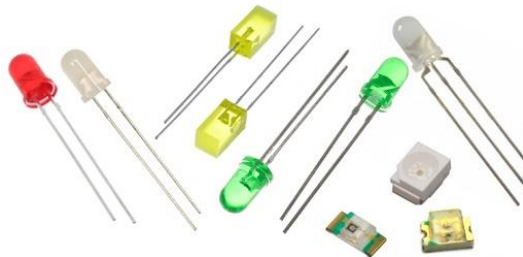
2) Light Emitting Diode (LED)

Pada saat dioda ini dialiri arus *forward-biased*, LED akan mengeluarkan cahaya. LED saat ini umum digunakan sebagai alat penerangan dan beberapa jenis digunakan untuk menggantikan lampu fluorescent. Dioda LED diberi simbol seperti pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Simbol Dioda LED

Komponen ini dapat memancarkan cahaya monokromatik apabila diberi tegangan maju. LED merupakan dioda yang terbuat dari material semikonduktor yang memancarkan berbagai warna sinar inframerah yang tidak dapat dilihat oleh mata. Dioda ini diterapkan pada berbagai *remote control* untuk televisi, pengatur suhu ruangan, dan sebagainya. Macam-macam dan bentuk LED ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Macam-macam bentuk dan model LED

LED terdiri dari sebuah *chip* semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N. Proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidak-murnian pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Pada saat LED diberi tegangan maju atau bias forward yaitu dari Anoda (P) ke Katoda (K), kelebihan elektron pada N-Type material akan berpindah ke daerah yang kelebihan *hole* (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type). Kemudian pada saat elektron berjumpa dengan *hole* akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna). LED yang memancarkan cahaya ketika dialiri tegangan maju ini juga dapat digolongkan sebagai *transduser* yang dapat mengubah Energi Listrik menjadi Energi Cahaya.

Untuk mengetahui polaritas pada terminal anoda (+) dan katoda (-) pada LED. Ciri-ciri Terminal anoda pada LED adalah kaki yang lebih panjang dan juga *Lead Frame* yang lebih kecil. Sedangkan

ciri-ciri Terminal Katoda adalah Kaki yang lebih pendek dengan *Lead Frame* yang besar serta terletak di sisi yang *flat* (datar)

Dengan kemajuan teknologi di bidang elektronika, LED telah dibuat beranekaragam warna, diantaranya warna merah, kuning, biru, putih, hijau, jingga dan infra merah. Keanekaragaman warna pada LED tersebut tergantung pada *wave length* (panjang gelombang) dan senyawa semikonduktor yang dipergunakannya. Tabel 4.5 Senyawa semikonduktor untuk menghasilkan warna pada LED.

Tabel 4.5 Senyawa Semikonduktor yang digunakan untuk menghasilkan variasi warna pada LED

Bahan Semikonduktor	Wavelength	Warna
Gallium Arsenide (GaAs)	850-940 nm	Infra Merah
Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)	850-940 nm	Merah
Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)	605-620 nm	Jingga
Gallium Arsenide Phosphide Nitride (GaAsP.N)	585-595 nm	Kuning
Aluminium Gallium Phosphide (AlGaP)	550-570 nm	Hijau
Silicon Carbide (SiC)	430-505 nm	Biru
Gallium Indium Nitride (GaInN)	450 nm	Putih

Setiap Warna LED memerlukan tegangan maju (*forward bias*) untuk dapat menyalakannya. Tegangan Maju untuk LED tersebut tergolong rendah sehingga memerlukan sebuah Resistor untuk membatasi arus dan tegangannya agar tidak merusak komponen LED. Tegangan Maju biasanya dilambangkan dengan tanda VF.

Tabel 4.6 Warna LED

Warna	Tegangan Maju @ 20 mA
Infra Merah	1,2 V
Merah	1,8 V
Jingga	2,0 V
Kuning	2,0 V
Hijau	3,5 V
Biru	3,6 V
Putih	4,0 V

Dengan kemajuan teknologi, LED telah memiliki berbagai kelebihan yaitu tidak menimbulkan panas, tahan lama, tidak mengandung bahan berbahaya seperti merkuri, dan hemat listrik serta bentuknya yang kecil semakin populer dalam bidang teknologi pencahayaan. Berbagai produk yang memerlukan cahaya pun mengadopsi teknologi LED ini. Di bawah ini akan dikemukakan beberapa aplikasi LED dalam kehidupan sehari-hari, yaitu:

- Lampu Penerangan Rumah
- Lampu Penerangan Jalan
- Papan Iklan (Advertising)
- Backlight LCD (TV, Display Handphone, Monitor)
- Lampu Dekorasi Interior maupun Exterior
- Lampu Indikator
- Pemancar Infra Merah pada Remote Control (TV, AC, AV Player)

3) Schottky Diode

Komponen diode ini diberikan tambahan metal pada cuplikan permukaan bagian tengah semikonduktor. Karakteristik yang menjadi keunggulan dioda ini adalah tegangan aktivasi yang rendah dan waktu pemulihan yang singkat. Dioda ini sangat umum digunakan untuk rangkaian elektronik berfrekuensi tinggi, seperti perangkat-perangkat radio dan gerbang logika.

Bentuk simbol dioda Schottky ditunjukkan pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Simbol Dioda Schottky

Dioda Schottky adalah jenis dioda dengan tegangan jatuh (*drop voltage*) yang rendah jika dibandingkan dengan dioda normal lainnya. Perbedaan mendasar antara Dioda Schottky dengan dioda normal adalah penggunaan logam semikonduktor (*Metal-*

Semiconductor Junction) untuk persimpangan Dioda Schottky sedangkan dioda normal pada umumnya menggunakan Persimpangan Semikonduktor (*Semiconductor Junction*).

Bentuk dan model dioda Schottky seperti pada Gambar 4.15



Gambar 4.15 Model Dioda Schottky

Dioda ini digunakan pada rangkaian *switching* berkecepatan tinggi, rangkaian frekuensi radio (RF), Mixer dan rangkaian penyearah pencatu daya. Istilah Schottky berasal dari nama penemu efek Schottky yaitu Walter H. Schottky yang berasal Jerman. Efek Schottky adalah penghalang potensial yang terbentuk pada pertemuan logam-semikonduktor yang mempunyai karakteristik penyearahan. Efek tersebut cocok untuk penggunaannya pada dioda, sehingga dioda Schottky disebut juga dengan dioda penghalang atau *Barrier Diode*.

Pada Dioda Normal yang menggunakan persimpangan Positif-Negatif (PN Junction), semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n digunakan untuk membentuk persimpangan p-n. Sedangkan pada dioda Schottk, semikonduktor tipe-p digantikan dengan bahan jenis logam seperti aluminium atau platinum sehingga dapat membentuk sambungan persimpangan logam-semikonduktor tipe-n (Metal-Semiconductor tipe-n). Sambungan antara logam dan semikonduktor ini menghasilkan lapisan penghalang yang dikenal dengan istilah “schottky barrier” atau “penghalang schottky”.

Prinsip kerja dioda Schottky yaitu pada saat dioda ini tidak diberikan tegangan atau dalam kondisi *unbiased* (kondisi tanpa tegangan), tingkat energi elektron yang berada di sisi semikonduktor tipe-n sangat rendah jika dibandingkan dengan tingkat energi di sisi logam. Dengan demikian, elektron tidak dapat mengalir melalui penghalang persimpangan yang disebut dengan penghalang schottky ini. Namun apabila Dioda Schottky diberikan tegangan bias maju (*forward bias*), elektron di sisi semikonduktor tipe-n akan mendapat energi yang cukup untuk melewati penghalang persimpangan dan masuk ke wilayah logam. Elektron ini masuk ke dalam wilayah logam dengan energi yang sangat besar sehingga disebut juga elektron pembawa panas (*hot carrier*). Oleh karena itu, dioda ini sering juga disebut dengan dioda pembawa panas (*hot carrier diode*).

Arus listrik akan mengalir melalui Schottky Diode secara bias maju (*forward bias*) jika terdapat tegangan maju yang cukup diberikan ke dioda ini. Karena aliran arus listrik ini, akan terjadi kehilangan tegangan kecil pada saat melintasi terminal dioda Schottky, kehilangan tegangan inilah yang disebut dengan "*drop voltage*". Kehilangan Tegangan pada dioda silikon (dioda normal) biasanya adalah sekitar 0,6V hingga 0,7V, sementara *drop voltage* pada dioda Schottky hanya sekitar 0,2V hingga 0,3V.

Dalam hal ini tegangan yang terbuang untuk mengaktifkan dioda silikon adalah sekitar 0,6V hingga 0,7V sedangkan tegangan yang terbuang hanya sekitar 0,2V hingga 0,3V. Artinya, Schottky Diode mengkonsumsi tegangan yang lebih kecil dari dioda normal pada umumnya.

Karakteristik utama diode Schottky yang bisa dinyalakan (*switch on*) dan dimatikan (*switch off*) lebih cepat serta tidak menghasilkan *noise* yang berlebihan (*noise* yang tidak diinginkan) dibandingkan dengan dioda normal yang menggunakan persimpangan PN ini menjadikannya cocok untuk diaplikasikan ke rangkaian yang memerlukan *switching on/off* berkecepatan tinggi.

4) Tunnel Diode

Jenis dioda ini yang bekerja dengan memanfaatkan salah satu fenomena mekanika kuantum yaitu tunneling. *Tunnel junction* digunakan sebagai salah satu komponen pada osilator, sebagai penguat, atau pencampur sinyal, terutama karena kecepatannya bereaksi terhadap perubahan tegangan.

Simbol dioda Tunnel ditunjukkan pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Simbol Dioda Tunnel

Dioda Tunnel atau sering disebut dioda Terowongan adalah suatu komponen dioda yang memiliki kemampuan untuk beroperasi dengan kecepatan yang sangat tinggi dan dapat berfungsi dengan baik pada Gelombang Mikro (*Microwave*) sehingga memungkinkan untuk penggunaan pada Efek Mekanika Kuantum (*Quantum Mechanical Effect*) yang disebut dengan *Tunneling* atau terowongan. Dioda Tunnel ditemukan oleh Dr. Leo Esaki pada tahun 1957, oleh karena itu dioda Tunnel sering disebut juga sebagai Dioda Esaki. Dioda Tunnel terbuat dari konsentrasi ketidakmurnian yang tinggi sehingga timbul efek tunnel.



Gambar 4.17 Dioda Tunnel

Dua sisi terminal persimpangan P-N pada Dioda Tunnel di doping berat yaitu sekitar 1000 kali lebih besar dari dioda pada umumnya. Karena doping berat ini, lebar lapisan deplesi dipersempit/dipertipis menjadi nilai yang sangat kecil hingga pada

1/10.000 m. Dengan demikian *Reverse Breakdown Voltage* (Tegangan Jatuh Mundur) Dioda Tunnel juga menjadi sangat kecil hingga mendekati nilai “0” dan mengakibatkan Resistansi Negatif pada saat Dioda Tunnel diberikan tegangan bias maju. Inilah Fenomena Kuantum aneh yang disebut dengan Resonant Tunneling.

Dioda Tunnel dibuat dari material Germanium, Gallium Arsenide atau Gallium Antimonide. Silikon tidak digunakan sebagai bahan pembuat Dioda Tunnel karena Dioda Tunnel membutuhkan waktu transisi antara arus puncak (I_p) dan level arus lembah (I_v) yang sangat cepat. Rasio I_p/I_v pada Silikon tidak sebaik Gallium Arsenide maupun bahan pembuat Dioda Tunnel lainnya.

Karakteristik tersebut terlihat bahwa ketika Tegangan bias maju (Forward Bias) kecil diberikan ke Dioda Tunnel, arus pun ikut meningkat. Seiring dengan bertambah Tegangan bias maju, arus meningkat mencapai puncak (I_p), tetapi pada saat tegangan meningkat sedikit pada nilai tertentu Arus berubah menjadi menurun hingga titik terendahnya atau disebut dengan arus lembah (I_v). Jika tegangan yang diberikan meningkat lebih lanjut lagi, maka Arus pada Dioda Tunnel akan mulai meningkat lagi.

Tegangan bias maju yang diperlukan untuk menggerakkan dioda Tunnel ke puncak arus dan kemudian menurun menuju ke lembah arus disebut sebagai Puncak Tegangan (V_p) sedangkan Tegangan pada Lembah itu sendiri disebut dengan Tegangan Lembah (V_v). Daerah dimana arus mulai menurun dari I_p ke I_v pada saat diberikan tegangan maju ini disebut dengan *wilay Resistansi Negatif* (wilayah antara V_p an V_v pada Grafik).

5) *Zener diode*

Dioda ini dapat menghasilkan tegangan tetap dan pada umum digunakan sebagai penghasil tegangan referensi di rangkaian elektronik. Pada dasarnya, Dioda Zener akan menyalurkan arus listrik yang mengalir ke arah yang berlawanan jika tegangan yang diberikan melampaui batas “*Breakdown Voltage*” atau Tegangan Tembus Dioda Zenernya. Karakteristik ini berbeda dengan Dioda biasa yang hanya dapat menyalurkan arus listrik ke satu arah.

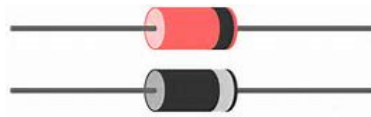
Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) ini disebut juga dengan Tegangan Zener.

Simbol Dioda Zener diperlihatkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Simbol Dioda Zener

Bentuk atau model Dioda Zener diperlihatkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Dioda Zener

Sebuah dioda Zener memiliki sifat hampir sama dengan dioda biasa. Komponen ini dibuat dengan tegangan tembus yang jauh dikurangi kecuali bahwa alat ini sengaja dibuat dengan tegangan tembus yang jauh dikurangi, disebut tegangan Zener. Sebuah dioda Zener memiliki *p-n junction* yang memiliki *doping* berat, yang memungkinkan elektron untuk tembus (tunnel) dari pita valensi material tipe-p ke dalam pita konduksi material tipe-n. Sebuah dioda Zener yang dicatu-balik akan menunjukkan perilaku tegangan tembus yang terkontrol dan akan melewatkan arus listrik untuk menjaga tegangan jatuh supaya tetap pada tegangan Zener.

Tegangan tembusnya dapat dikontrol secara tepat dalam proses doping. Toleransi dalam 0.05% bisa dicapai walaupun toleransi yang paling biasa adalah 5% dan 10%. Efek ini ditemukan oleh seorang fisikawan Amerika, Clarence Melvin Zener. Mekanisme lainnya yang menghasilkan efek yang sama adalah yaitu efek avalanche, seperti di dalam dioda avalanche. Kedua tipe dioda ini

sebenarnya dibentuk melalui proses yang sama dan kedua efek sebenarnya terjadi pada kedua tipe dioda ini.

Pada dioda silikon, sampai dengan 5.6 Volt, efek Zener adalah efek utama dan efek ini menunjukkan koefisien temperatur yang negatif. Di atas 5.6 Volt, efek *avalanche* menjadi efek utama dan juga menunjukkan sifat koefisien temperatur positif. Kedua efek tersebut muncul bersamaan dan kedua koefisien temperatur membatalkan satu sama lainnya. Sehingga, dioda 5.6 Volt menjadi pilihan utama di aplikasi temperatur yang sensitif. Teknik-teknik manufaktur yang modern telah memungkinkan untuk membuat dioda-dioda yang memiliki tegangan jauh lebih rendah dari 5.6 Volt dengan koefisien temperatur yang sangat kecil. Namun dengan munculnya pemakai tegangan tinggi, koefisien temperatur muncul dengan singkat pula. Sebuah dioda untuk 75 Volt memiliki koefisien panas 10 kali lipat dengan koefisien sebuah dioda 12 Volt. Semua dioda di pasaran dijual dengan tanda tulisan atau kode voltase operasinya ditulis dipermukaan kristal dioda, biasanya dijual dinamakan dioda Zener.

Dioda Zener digunakan secara luas pada rangkaian elektronika. Fungsi utamanya adalah untuk menstabilkan tegangan. Pada saat disambungkan secara paralel dengan sebuah sumber tegangan yang berubah-ubah yang dipasang sehingga mencatu-balik, Dioda Zener merupakan komponen elektronika yang berperilaku korsleting atau hubungan singkat pada saat mencapai tegangan tembus dioda tersebut. Hasilnya, tegangan akan dibatasi sampai ke sebuah angka yang telah ditetapkan sebelumnya.

Sebuah dioda Zener juga digunakan seperti ini sebagai regulator tegangan *shunt* (*shunt* berarti sambungan paralel, dan regulator tegangan sebagai sebuah kelas sirkuit yang memberikan sumber tegangan tetap).

6) Varactor Diode

Dioda ini memiliki mode reverse biasa dengan lapisan penghalang yang dapat berubah-ubah sesuai tegangan diberikan. Hal

ini membuat dioda ini seolah-olah merupakan suatu kapasitor. Berikut ini ditunjukkan simbol Dioda Varactor pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Simbol Dioda Varactor.

Dioda Varactor adalah suatu komponen yang mempunyai sifat kapasitas berubah-ubah sesuai dengan tegangan yang diberikannya. Dioda Varactor juga disebut dengan dioda kapasitas Variabel atau *Varicap Diode (Variable Capacitance Diode)*. Dioda Varactor pada umumnya digunakan pada rangkaian yang berkaitan dengan Frekuensi seperti pada rangkaian VCO (*Voltage Controlled Oscillator*), VFO (*Variable Frequency Oscillator*), RF Filter (*Tapis Frekuensi Radio*), PLL Oscilator (*Phase-Locked Loop Oscillator*), Tuner Radio dan Tuner Televisi. Rangkaian-rangkaian Elektronika ini dapat ditemukan pada perangkat-perangkat Elektronika seperti Ponsel, Radio Penerima, Radio Pemancar dan Televisi.

Dioda Varactor pertama kali dikembangkan oleh Pacific Semiconductor yaitu sebuah anak perusahaan dari Ramo Wooldridge Corporation yang memperoleh hak paten Dioda Varactor pada tahun 1961.

Prinsip Kerja Dioda Varactor

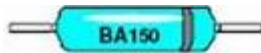
Dioda Varactor pada umumnya terbuat dari bahan Semikonduktor Silikon dengan Sambungan PN yang dirancang khusus untuk memiliki sifat kapasitansi pada rangkaian bias balik (reverse bias) seperti Dioda Zener.

Dalam penggunaannya, pada terminal Katoda Dioda Varactor akan dihubungkan ke tegangan positif (+) sedangkan terminal Anoda-nya dihubungkan ke tegangan negatif (-). Jika terjadi perubahan beda potensial diantara terminal Katoda dan Anoda yang melebihi breakdown atau tegangan tembus Dioda Varactor, maka

daerah deplesi pada sambungan semikonduktor tipe P dan tipe N dalam dioda Varaktor tersebut akan terjadi perubahan lebar. Semakin tinggi tegangan terbalik (*reverse bias*) yang diberikan pada dioda Varaktor, semakin lebar pula daerah deplesi pada sambungan semikonduktor tersebut yang mengakibatkan semakin rendahnya nilai kapasitansi. Sebaliknya, jika dioda Varaktor menerima tegangan terbalik yang rendah, maka deplesi akan menyempit sehingga nilai kapasitansi menjadi lebih tinggi.

Bentuk, Simbol dan Grafik Karakteristik Dioda Varactor

Seperti fungsi dan karakteristiknya, simbol dioda Varactor atau dioda Varicap ini dilambangkan dengan sebuah Dioda yang ujungnya ditambahkan simbol kapasitor.



Gambar 4.21 Dioda Varactor

Spesifikasi Dioda Varactor. Dalam menentukan Dioda Varactor, beberapa spesifikasi Dioda Varactor yang harus diperhatikan, yaitu:

Minimum Voltage Breakdown (contoh: 12V, 14V, 25V, 30V)

Power Dissipation (contoh: 225mW, 300mW, 330mW)

Nominal Kapasitansi Dioda Varactor (contoh: 2,8pF, 22pF, 33pF,

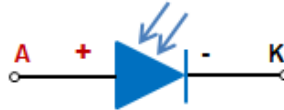
47pF, 100pF) *Maximum Peak Current* (contoh: 4mA, 300mA,

500mA, 1A).

7) *Photo diode*

Photo diode atau dioda Foto yaitu suatu komponen elektronika yang dapat mengubah cahaya menjadi arus listrik. Komponen ini terbuat dari material semikonduktor. Dioda ini memiliki dua buah terminal sama seperti dioda pada umumnya yaitu anoda dan katoda. Photodiode digunakan untuk mendeteksi cahaya. Dioda ini memiliki lensa dan filter optic yang terpasang pada permukaannya sebagai pendeteksi cahaya. Cahaya yang dapat dideteksi yaitu: cahaya matahari, cahaya tampak, sinar inframerah, sinar ultra-violet hingga sinar X. Dioda ini diaplikasikan dalam berbagai perangkat

elektronika dan listrik, diantaranya sensor cahaya kamera, peralatan untuk keamanan, penghitungan kendaraan, scanner barcode dan sebagainya. Material dasar untuk pembuatan dioda foto adalah silicon, germanium, indium gallium arsenide phosphide, dan indium gallium arsenide.



Gambar 4.22 Simbol Dioda Foto

Prinsip Kerja Photodiode, yaitu dioda ini terdiri dari satu lapisan tipis semikonduktor tipe-N yang memiliki kebanyakan elektron dan satu lapisan tebal semikonduktor tipe-P yang memiliki kebanyakan hole. Lapisan semikonduktor tipe-N adalah Katoda sedangkan lapisan semikonduktor tipe-P adalah Anoda. Jika *photo diode* terkena cahaya, foton yang merupakan partikel terkecil cahaya akan menembus lapisan semikonduktor tipe-N dan memasuki lapisan semikonduktor tipe-P. Foton-foton tersebut kemudian akan bertabrakan dengan elektron-elektron yang terikat sehingga elektron tersebut terpisah dari intinya dan menyebabkan terjadinya *hole*. Elektron terpisah akibat terjadi tabrakan dan berada dekat persimpangan PN (*PN junction*) akan menyeberangi persimpangan tersebut ke wilayah semikonduktor tipe-N. Hasilnya, Elektron akan bertambah di sisi semikonduktor N sedangkan sisi semikonduktor P akan kelebihan *hole*. Pemisahan muatan positif dan negatif ini menyebabkan perbedaan potensial pada persimpangan PN. Ketika kita hubungkan sebuah beban ataupun kabel ke katoda (sisi semikonduktor N) dan anoda (sisi semikonduktor P), Elektron akan mengalir melalui beban atau kabel tersebut dari Katoda ke anoda atau biasanya kita sebut sebagai aliran arus listrik.

Dalam pengoperasional dioda ini, terdapat dua model Photodiode, yaitu dengan model *Photovoltaic* dan model *Photoconductive*.

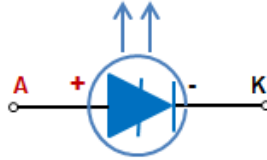
- Model Photovoltaic. Seperti sel surya, *photodiode* juga dapat menghasilkan tegangan yang dapat diukur. Tetapi tegangan dan arus listrik yang dihasilkannya sangat kecil dan tidak cukup untuk menyalakan sebuah lampu maupun perangkat elektronika.
- Model *Photoconductive*. Sehubungan tidak dapat menghasilkan arus listrik yang cukup untuk kebutuhan rangkaian elektronika, maka Photodiode digabungkan dengan sumber tegangan yang dipasang secara bias terbalik. Model Photoconductive ini menggunakan sumber listrik lain sebagai penggerak beban, sedangkan *photodiode* sendiri berfungsi sebagai saklar yang mengalirkan arus listrik ketika dikenakan cahaya.



Gambar 4.23 Dioda Foto

8) Laser Diode

Dioda jenis laser juga menghasilkan cahaya, namun cahaya yang dihasilkan adalah cahaya koheren. Aplikasi diode laser adalah perangkat pembaca CD dan DVD dan laser pointer. Apabila dioda ini dialiri arus listrik akan menghasilkan radiasi koheren dalam bentuk inframerah yang dapat dilihat oleh mata. Radiasi koheren adalah radiasi semua gelombang yang berasal dari satu sumber yang sama dan berada pada frekuensi dan fasa yang sama. Istilah Laser singkatan dari (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) artinya mekanisme dari suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik melalui proses pancaran terstimulasi. Radiasi ini ada yang dapat dilihat oleh mata normal dan ada juga yang tidak bisa dilihat. Simbol dioda Laser dalam teknik elektronika diperlihatkan pada Gambar 4.24



Gambar 4.24 Simbol Dioda Laser

Sedangkan model Dioda Laser yang beredar di pasaran ditunjukkan seperti pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Dioda Laser

Beberapa kelebihan dioda laser dibandingkan dengan teknologi konvensional penghasil laser, yaitu:

- Dioda ini lebih kecil dan ringan, jenis dioda ini ada yang berukuran kurang dari 1 mm dengan beratnya kurang dari 1 gram, sehingga dioda laser cocok untuk digunakan pada perangkat elektronika yang berukuran portabel dan kecil.
- Dioda Laser hanya membutuhkan tegangan sekitar 3 volt sampai dengan 12 volt dan daya yang rendah yaitu sekitar beberapa mili-Watt. Sehingga dapat beroperasi dengan menggunakan sumber listrik dari baterai.
- Membutuhkan intensitas rendah dibandingkan dengan perangkat laser lainnya. Tetapi dioda ini memiliki output koheren yang tinggi dan kemudahan modulasi untuk komunikasi dan aplikasi pengendalian. Penggunaan dioda Laser suatu perangkat relatif aman untuk digunakan pada rumah tangga karena tidak dapat memotong kertas atau memotong baja. Meskipun relatif aman

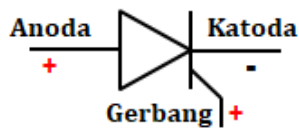
tetapi disarankan tidak melihat langsung sinar laser yang dipancarkan oleh perangkat ini karena beresiko dan dapat merusak bagian-bagian mata tertentu seperti selaput retina.

- Dioda ini memiliki berkas sinar yang lebih lebar dan berbentuk kerucut sehingga dapat dengan mudah dimodifikasi dengan menggunakan lensa cembung. Dioda Laser berbeda dengan laser konvensional yang hanya berbentuk kerucut dan sulit untuk dimodifikasi kelebarannya.

Cara kerja Dioda Laser mirip dengan LED. Ke dua perangkat ini dirancang berdasarkan proses teknologi yang hampir sama. Perbedaan mendasar Dioda Laser yaitu kanal panjang yang sempit dengan ujung yang reflektif yang berfungsi sebagai penuntun gelombang cahaya. Kanal ini disebut *waveguide*. Pengoperasian Dioda Laser yaitu arus yang mengalir melalui persimpangan P-N *Junction* sehingga menghasilkan cahaya seperti pada LED. Pancaran foton terjadi karena bergabung kembali elektron dan lubang (*holes*) di area persimpangan PN. Tetapi cahaya ini dibatasi di dalam *waveguide* yang berfungsi sebagai penuntun cahaya pada Dioda Laser. *Waveguide*, merupakan cahaya laser yang direfleksi dan kemudian diperkuat sehingga menghasilkan emisi yang terstimulasi sebelum terpancar keluar.

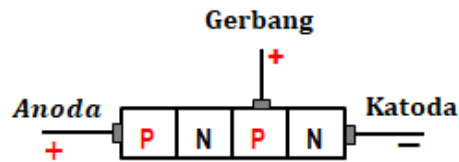
b. SCR

SCR singkatan dari *Silicon Controlled Rectifier*. Komponen ini tergolong komponen dioda. Perbedaannya dapat dilihat dari bentuknya yaitu memiliki tiga terminal, yaitu Anoda terminal positif (+), katoda terminal negatif (-), dan gerbang (*Gate*). Simbol komponen SCR diperlihatkan pada Gambar 4.26



Gambar 4.26 Simbol SCR

Struktur komponen SCR dideskripsikan pada Gambar 4.27



Gambar 4.27 Struktur SCR



Gambar 4.28 Komponen Bentuk SCR

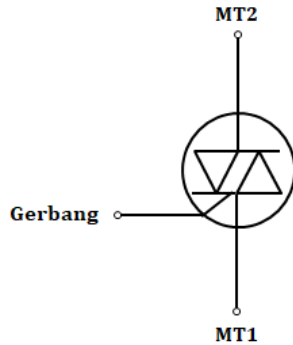
Pada Gambar 4.26 dan 4.27 menunjukkan bahwa komponen SCR memiliki perbedaan dengan dioda pada umumnya. SCR termasuk pada komponen thyristor yang diperkenalkan pada tahun 1956. Komponen ini memiliki kemampuan dapat mengendalikan daya tegangan relatif tinggi sehingga digunakan sebagai *switch* tegangan atau arus listrik menengah ke atas. Dalam hal ini dapat memutuskan dan menyambung arus listrik kelas menengah ke atas pada suatu rangkaian elektronika.

Prinsip kerja komponen ini mirip dengan pada umumnya. Karena memiliki 3 buah terminal sehingga perlakuannya berbeda. Pada saat SCR dalam keadaan bekerja, maka komponen ini akan terus bekerja meskipun tegangan pemicu lepas. Untuk mengembalikannya ke dalam keadaan Off, arus maju pada anoda dan katoda harus diturunkan sampai pada posisi Holding Current.

c. **TRIAC**

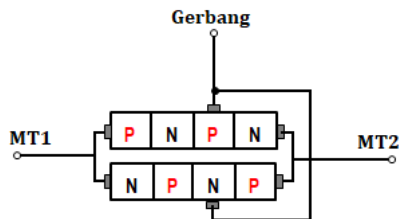
TRIAC sama dengan SCR yang termasuk komponen Thyristor. Istilah komponen TRIAC singkatan dari *Triode for Alternating Current* atau

dalam Bahasa Indonesia diartikan sebagai trioda untuk arus bolak-balik sama seperti SCR yang berfungsi sebagai pengendali atau Swiching pada rangkaian elektronika.



Gambar 4.29 Simbol TRIAC

Terminal gerbang (*Gate*) pada TRIAC hanya membutuhkan arus listrik yang relatif rendah dan dapat mengendalikan aliran arus listrik bolak-balik yang tinggi dari dua arah terminalnya. TRIAC sering disebut *Bidirectional Triode Thyristor* pada prinsipnya sebuah komponen sama dengan dua buah SCR yang disusun atau dihubungkan bersama menjadi satu secara antiparalel atau 113arallel yang berlawanan arah dengan terminal gerbang. Ditinjau dari struktur TRIAC merupakan suatu komponen elektronika yang terdiri dari 4 lapisan semikonduktor dengan 3 buah terminal. Terminal ini terdiri dari MT1, MT2, dan gerbang. MT singkatan dari *Main Terminal*. Struktur TRIAC diGambarkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Struktur Komponen TRIAC

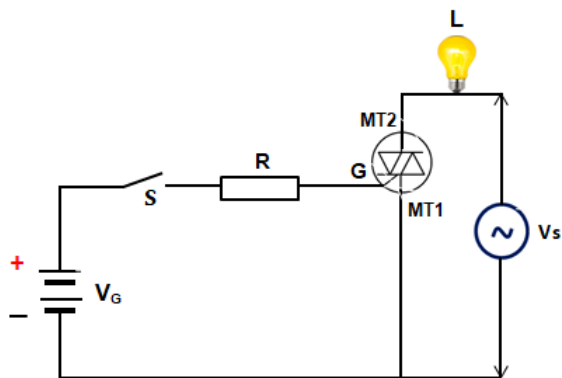
TRIAC digunakan pada peralatan elektronika yang berguna untuk:

- Pengatur lampu dimmer,
- Pengatur motor skala kecil,
- Pengatur kecepatan pada kipas angin,
- Pengatur peralatan rumah tangga yang bertegangan dan arus bolak-balik,
- Dan sebagainya.



Gambar 4.31 Bentuk dan Jenis Komponen TRIAC

Aplikasi komponen TRIAC dalam suatu rangkaian elektronika ditunjukkan pada Gambar ...



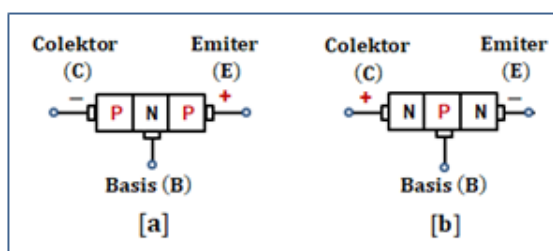
Gambar 4.32 Rangkaian Aplikasi Komponen TRIAC

Gambar 4.32 merupakan rangkaian elektronika untuk mengaplikasi komponen TRIAC dalam rangkaian switching (S). Dalam rangkaian switching TRIAC yaitu pada saat S terbuka atau dalam keadaan off, tidak ada arus listrik yang mengalir ke terminal gerbang (G) TRIAC dan lampu dalam keadaan tidak menyala. Apabila S dalam keadaan tertutup atau dihubungkan (On), maka akan diberikan tegangan dari sumber daya listrik arus searah (DC) sehingga pada gerbang TRIAC akan mengalir arus listrik melalui resistor (R) yang mengakibatkan TRIAC dapat bekerja atau berfungsi sebagai penghantar untuk menghubungkan lampu dengan sumber arus listrik bolak-balik (AC) sehingga lampu (L) akan menyala.

d. Transistor

Transistor merupakan suatu istilah yang berasal dari transfer resistor. Pengertian transistor adalah suatu komponen atau perangkat elektronika yang digunakan untuk penguat, stabilitasi tegangan, penyambung, modulasi sinyal, dan sebagainya. Transistor dirancang sebagai penyalur aliran listrik berdasarkan tegangan input dari sumber listrik dan dapat mengalihkan listrik dalam suatu rangkaian dengan akurat. Dalam hal ini, cara kerja transistor adalah arus listrik yang mengalir pada rangkaian output ditentukan oleh arus yang mengalir pada rangkaian input.

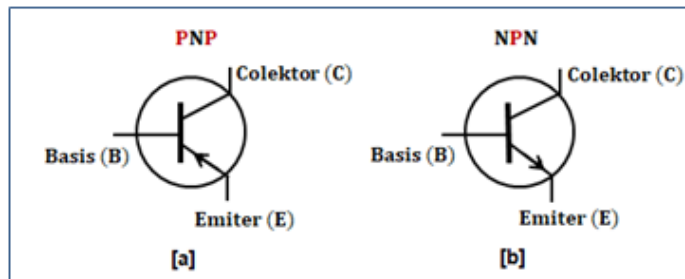
Terdapat dua tipe transistor, yaitu tipe PNP dan NPN. Tipe transistor tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.33



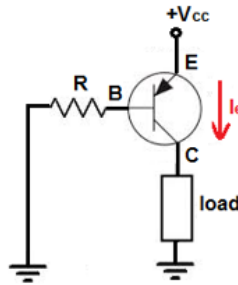
Gambar 4.33 Transistor [a] tipe PNP dan [b] tipe NPN

Perbedaan transistor jenis PNP dan NPN, yaitu:

- ❖ Pada jenis PNP, yaitu saat arus mengalir melalui kaki basis maka transistor berlogika “0” sehingga rangkaian dalam keadaan “off”. Arus listrik akan dapat mengalir jika pada kaki basis dihubungkan ke ground negatif (-) sehingga akan menginduksi arus pada kaki emitor ke kolektor. Perbedaan dengan transistor jenis NPN adalah arus mengalir dari kolektor (C) ke emitor (E). Penggunaan tipe ini mulai jarang digunakan. Dibandingkan dengan NPN, transistor jenis PNP mulai jarang ditemukan dipasaran. Simbol dari ke dua transistor tersebut dikemukakan pada Gambar 4.34.



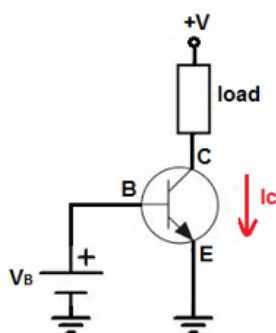
Gambar 4.34 Simbol Transistor [a] tipe PNP dan [b] tipe NPN



Gambar 4.35 Rangkaian penggunaan transistor jenis PNP

- ❖ Pada transistor jenis NPN terdapat arah aliran arus yang berbeda dengan transistor tipe PNP. Tipe NPN akan mengalir arus listrik dari kolektor (C) ke emitor (E). Pada NPN, agar dapat mengalir arus

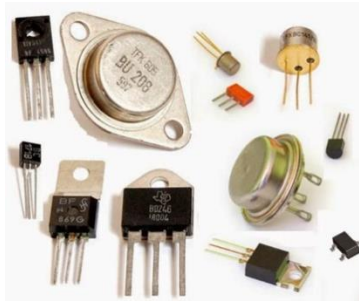
tersebut dibutuhkan sambungan ke sumber positif (+) pada kaki basis (B). Cara kerja NPN yaitu pada saat tegangan memasuki kaki basis hingga titik saturasi maka akan terinduksi arus dari kaki kolektor ke emitter, sehingga transistor akan berlogika “1” (aktif). Jika arus listrik melalui basis berkurang maka arus yang mengalir pada kolektor ke emitor akan berkurang hingga titik “*cutoff*”. Penurunan ini terjadi sangat cepat diakibatkan perbandingan penguatan yang terjadi antara basis dan kolektor melebihi sekitar 200 kali.



Gambar 4.36 Rangkaian sederhana transistor jenis PNP

Beberapa fungsi transistor, adalah sebagai:

- Saklar rangkaian elektronika, yaitu untuk mengatur bias dalam komponen transistor hingga jenuh sehingga terjadi hubung singkat dengan kaki konektor dan emitor,
- Penguat arus, yaitu berfungsi menjadi *power supply* dengan mengatur besaran tegangan untuk penguat arus sehingga transistor harus dibiaskan dengan tegangan konstan pada basisnya untuk membuat emitor mengeluarkan tegangan konstan,
- Penguat sinyal AC dalam rangkaian elektronika.



Gambar 4.37 Jenis-jenis Transistor

Transistor terbagi dua kategori utama, yaitu Bipolar Junction Transistor (BJT) dan Field Effect Transistor (FET). Kedua komponen ini memiliki cara kerja yang berbeda satu dengan yang lain.

- *Transistor BJT.*

Transistor jenis ini juga dinamakan bipolar karena memiliki kanal induksi dengan 2 polaritas untuk membawa elektron dan memiliki *hole* (lubang) yang berguna untuk membawa arus listrik. Di dalam komponen ini, arus listrik utama harus dapat melewati satu area atau lapisan yang menjadi pembatas dengan nama depletion yang memiliki ketebalan lapisan yang dapat diatur dengan kecepatan tinggi untuk mengatur arus utamanya. Aplikasi transistor BJT digunakan untuk penguatan sinyal listrik dan pada saklar digital. Komponen ini terbuat dari material semikonduktor yang dirancang tiga terminal semikonduktor yang meliputi basis, kolektor, dan emitor. Pada kaki basis dan emitor memiliki tegangan penghalang antara 0,5 – 0,7 volt. Dalam hal ini yaitu dibutuhkan tegangan listrik minimal sebesar antara 0,5 – 0,7 Volt agar dapat membuat arus listrik mengalir melalui kaki emitor ke basis dan/atau kolektor ke basis. Komponen BJT sering digunakan pada saklar elektronika digital atau penguat elektronika analog.

- *Field-Effect Transistor (FET).*

Komponen ini juga dinamakan transistor Unipolar, karena dengan memakai satu komponen saja dapat membawa elektron.

Komponen ini tergolong elektronika aktif yang menggunakan medan listrik untuk mengendalikan konduktivitasnya, sehingga sering disebut transistor efek medan, karena pengoperasian transistor jenis ini tergantung pada tegangan atau medan magnet yang terdapat pada gerbang input. Pada komponen FET memiliki arus listrik utama yang masuk dalam satu kanal konduksi yang sempit dengan *depletion zone* di sisinya. Ketebalan yang berada di area perbatasannya dan dapat di ubah dengan merubah tegangan yang disupply dengan maksud mengubah ketebalan dari kanal induksi. Dalam rangkaian elektronika, FET disebut gerbang (*gate*), karena transistor ini menggunakan tegangan pada terminal input. Gerbang ini berfungsi untuk mengontrol arus yang mengalir melalui kaki terminal komponen transistor sehingga menghasilkan arus keluaran yang sebanding dengan input. Dengan demikian FET disebut transistor sebagai pengatur tegangan.

Komponen transistor BJT dan FET memiliki cara kerja yang sama tetapi karakteristiknya berbeda untuk hal-hal tertentu, yaitu;

- 1) *Konversi*, komponen BJT mengkonversi arus listrik menjadi arus listrik, sedangkan FET mengkonversi tegangan listrik menjadi arus listrik,
- 2) *Arus input*, transistor BJT membutuhkan arus input, sedangkan FET tidak membutuhkan arus input,
- 3) *Input dan output*, BJT memiliki hubungan yang linier antara input dan output, hal ini dapat dilihat pada osiloskop bahwa bentuk grafiknya adalah garis lurus, tetapi tidak linier untuk signal yang besar atau bertegangan tinggi. Hal ini dapat mengakibatkan distorsi pada sinyal besar yang diteruskan ke sebuah transistor FET,
- 4) *Kecepatan*, komponen FET dapat melaksanakan proses pensaklaran atau *switching* secara lebih cepat dibandingkan dengan BJT, tetapi ke dua komponen ini cukup untuk memenuhi kebutuhan sebagian besar aplikasi dalam piranti rangkaian elektronika,

- 5) *Resistor input*, komponen FET tidak membutuhkan sebuah resistor pada kaki terminal gatena, sehingga menjadikan rangkaiannya semakin sederhana, dan
- 6) *Tahanan/hambatan output*, pada umumnya transistor FET memiliki tahanan yang sangat rendah pada saat dalam keadaan aktif pada tahanan kurang dari 1 ohm, sehingga transistor ini sangat cocok untuk digunakan sebagai saklar transistor pada suatu rangkaian.

Transistor dibuat dengan menggunakan material semikonduktor berbahan baku silikon dan geranium. Bidang aplikasi transistor yaitu untuk switching, frekuensi tinggi, dan sebagainya. Sehubungan dengan hal ini maka transistor dapat diklasifikasi sebagai berikut:

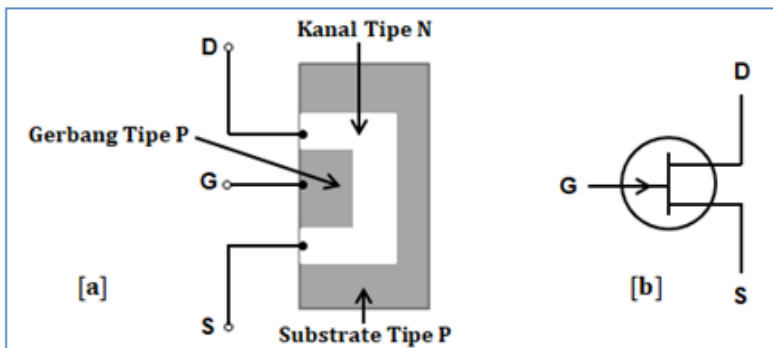
- 1) Transistor frekuensi rendah. Cara kerja transistor jenis ini dirancang khusus untuk diaplikasikan pada perangkat audio dan frekuensi rendah yaitu besarnya frekuensinya di bawah 100 kHz,
- 2) Transistor frekuensi tinggi. Transistor jenis ini dirancang khusus untuk diaplikasi pada radio dan frekuensi *wideband* di atas 100 kHz,
- 3) Transistor *low noise*. Jenis transistor ini memiliki karakteristik *low-noise* digunakan untuk sinyal amplitude rendah,
- 4) Transistor *power* atau daya. Transistor ini bekerja pada tingkatan daya yang signifikan. Perangkat elektronika ini sering dibagi menjadi jenis audio dan frekuensi radio,
- 5) Transistor saklar (*switching*). Perangkat transistor ini dirancang khusus untuk aplikasi *switching*, yaitu *switching* daya atau power,
- 6) Transistor *driver*. Suatu transistor yang beroperasi pada daya dan tegangan tingkat menengah, dan
- 7) Transistor *high voltage* (transistor tegangan tinggi). Komponen transistor ini dirancang khusus untuk rangkaian elektronika tegangan tinggi.

Terdapat dua jenis klasifikasi utama pada FET, yaitu *Junction Field Effect Transistor* (JFET) dan *Metal Oxide Semiconduction Field Effect Transistor* (MOSFET).

1) Transistor Junction FET (JFET)

Prinsip dan cara kerja transistor JFET yaitu elektron akan mengalir dari terminal Source (S) ke terminal drain (D). Arus Drain adalah arus output (I_o) akan sama dengan arus Source yang merupakan arus input (I_s). Tinggi rendahnya tegangan yang diberikan pada gerbang terminal sangat menentukan besar arus listrik pada komponen ini. Fluktuasi tegangan pada *gate* (V_G) dapat menyebabkan variasi yang relatif besar pada aliran arus pembawa muatan melalui transistor ini, sehingga akan terjadi penguatan tegangan pada piranti elektronika.

JFET memiliki dua tipe berdasarkan pada tipe material semikonduktor yang digunakan pada saluran kanalnya JFET tipe N-Channel atau Kanal-N yang terbuat dari material semikonduktor tipe N dan P-*Channe* (Kanal P) terbuat dari semikonduktor tipe P. Transistor JFET Kanal-N.



Gambar 4.38 Transistor JFET Kanal Tipe-N Struktur [a] dan Simbol [b]

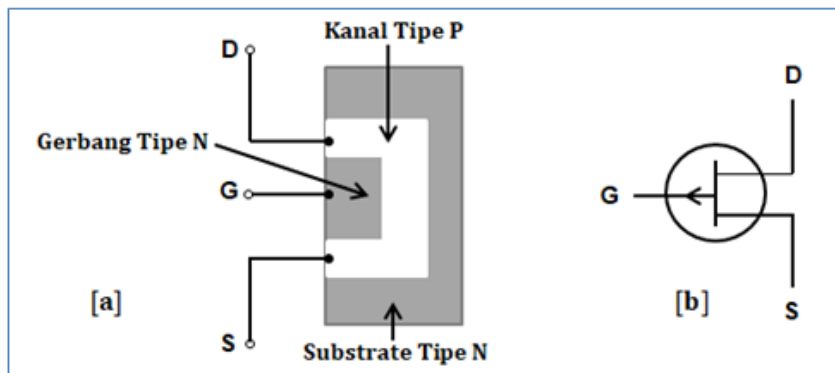
Dalam Gambar 4.38 diperlihatkan [a] struktur dan [b] simbol JFET kanal-N menunjukkan saluran (kanal) dirancang dari material semikonduktor tipe-N dengan satu ujungnya *source* (S) dan drain (D). komponen jenis ini, elektron adalah pembawa muatan karena kanal ini adalah negatif sebagaimana diketahui elektron merupakan muatan negatif yang berada pada lintasan suatu atom.

Gerbang pada JFET jenis kanal-N tersebut terdiri dari material semikonduktor tipe P. sedangkan bagian lain terbuat dari semikonduktor tipe P pada jenis kanal-N yaitu bagian yang disebut *substrate* merupakan bagian yang membentuk batas di sisi saluran berlawanan gerbang. Tegangan pada terminal gerbang menghasilkan medan listrik yang mempengaruhi aliran pada pembawa muatan yang melalui saluran ini. Semakin negatif tegangan gerbang (V_G) akan semakin sempit salurannya yang mengakibatkan semakin kecil arus outpunya (I_o).

Transistor tipe JFET Kanal-P

Pada Gambar 4.39 diperlihatkan struktur dan simbol dari JFET Kanal-P. Berdasarkan Gambar sehingga perbedaan struktur antara JFET Kanal-N dan kanal-P yaitu pada gerbang (G) dan *substrate* menggunakan material semikonduktor Tipe-N dan arah panah pada simbol menghadap keluar, yang merupakan terbalikan dengan JFET Kanal-P.

Jenis JFET Tipe-P mayoritas pembawa muatan adalah Hole dan semakin positifnya tegangan Gerbang (V_G) semakin sempit salurannya yang mengakibatkan semakin keci arus pada saluran Output (I_o). Gambar 4.39 [a] diilustrasikan transistor jenis JFET dan [b] simbol.



Gambar 4.39 Transistor JFET Kanal Tipe-P Struktur [a] dan Simbol [b]

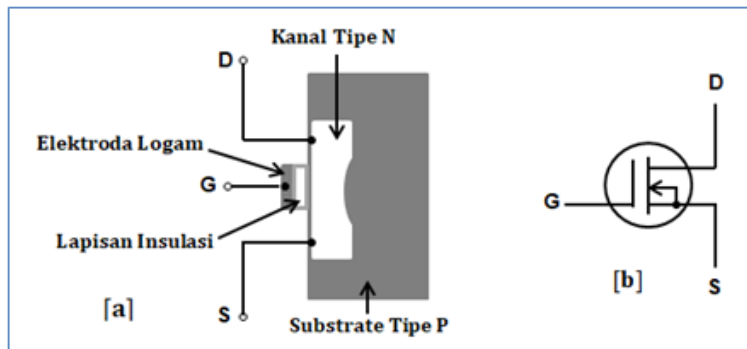
2) Transistor MOSFET

Transistor jenis MOSFET memiliki tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu.



Gambar 4.40 Transistor MOSFET

Saluran pada MOSFET sama dengan JFET terbuat dari material semikonduktor Tipe-N maupun Tipe-P. Elektroda atau terminal Gerbang pada transistor MOSFET terbuat dari material potongan logam yang permukaannya diberi lapisan oksidasi yang berfungsi untuk menghambat hubungan listrik antara terminal gerbang dengan salurannya. Sehubungan dengan hal tersebut maka MOSFET sering disebut dengan nama *Insulater-Gate* FET (IGFET). Lapisan Oksidasi tersebut yang berfungsi sebagai dielektrik sehingga tidak akan terjadi aliran arus antara Gerbang dan saluran, untuk itu impedansi input MOSFET menjadi sangat tinggi dan melebihi impedansi input pada JFET. Beberapa jenis MOSFET, impedansinya dapat mencapai triliunan (10^{12}) ohm. MOSFET juga sering disebut transistor efek medan semikonduktor logam oksida.



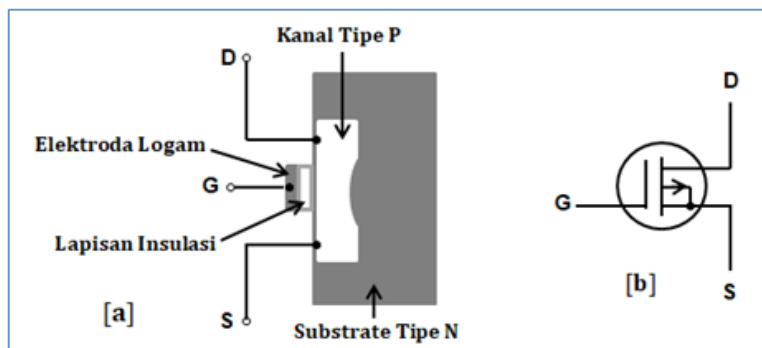
Gambar 4.41 Transistor MOSFET Tipe-N [a], dan Simbol [b] Transistor MOSFET Tipe-P

Karena tipis lapisan oksida sehingga transistor jenis MOSFET sangat rentan rusak bila adanya pembuangan elektrostatik (*Electrostatic Discharge*). Sebagaimana JFET, MOSFET terdiri dari dua tipe yaitu MOSFET Tipe-N dan MOSFET Tipe-P.

Transistor MOSFET Tipe-N

Transistor tipe ini sering disebut NMOSFET atau nMOS. Bentuk struktur dan simbol ditunjukkan pada Gambar 4.14

Jenis transistor positif diberi nama PMOSFET atau pMOS. Struktur dan simbol transistor ini diilustrasikan seperti Gambar 4.42.



Gambar 4.42 Transistor MOSFET Tipe-P [a], dan Simbol [b]

Perbedaan MOSFET Tipe-N dan MOSFET Tipe-P, yaitu:

- Pada struktur MOSFET Tipe-N untuk kanal menggunakan Tipe-N dan Substrate menggunakan Tipe-P. Hal ini berbeda dengan MOSFET Tipe-P dimana pada Kanal menggunakan Tipe-P dan pada substrate menggunakan Tipe-N, dan
- Pada simbol MOSFET Tipe-N arah panah keluar dari Gerbang (G) sedangkan pada simbol MOSFET Tipe-P arah panah masuk pada Gerbang (G).

Kelebihan dan kelemahan transistor jenis FET

- ❖ Kelebihan FET yaitu dapat bekerja dengan baik pada rangkaian elektronika yang bersinyal rendah, misalnya pada piranti komunikasi dan perangkat penerima (*receiver*). Komponen ini sering digunakan pada rangkaian-rangkaian yang menggunakan atau memerlukan impedansi tinggi.
- ❖ Kelebihan FET yaitu dapat digunakan pada piranti rangkaian elektronika yang bekerja untuk penguatan daya tinggi seperti pada perangkat komunikasi berdaya tinggi dan peralatan pemancar (*transmitter*).

e. **Integrated Circuit (IC)**

Integrated circuit atau disingkat IC. Dalam Bahasa Indonesia diartikan sirkuit terintegrasi (terpadu). Komponen ini pertama kali diperkenalkan oleh Jack Kilby pada tahun 1958 yang bekerja pada korporasi Texas Instrument. Sekitar 6 bulan kemudian Robert Noyce melakukan fabrikasi dengan menggunakan sistem interkoneksi pada sebuah Chip Silikon. IC adalah suatu komponen yang mengakibatkan perkembangan teknologi sangat signifikan pada abad ke 20 khususnya yang berkaitan dengan rekayasa elektronika.

Sebelum ditemukan komponen IC, piranti atau peralatan elektronika saat itu pada umumnya memakai tabung Vakum sebagai komponen utama kemudian digantikan oleh transistor yang memiliki ukuran lebih kecil. Era tersebut, untuk merangkai sebuah rangkaian elektronika sangat rumit dan kompleks, karena memerlukan komponen transistor dalam jumlah yang

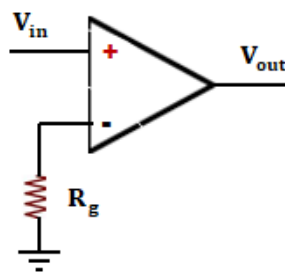
banyak sehingga ukuran piranti atau perangkat elektronika yang diproduksi berukuran besar dan kurang *portable* untuk dibawa bepergian. Setelah muncul teknologi IC, rekayasa perangkat elektronika semakin lebih kecil dan ringan serta harganya lebih terjangkau dan IC memerlukan daya yang lebih kecil dibandingkan dengan transistor. Hal ini mengakibatkan teknologi elektronika semakin berkembang karena IC telah dijadikan komponen utama yang digunakan untuk semua peralatan elektronika yang digunakan saat ini. Semakin berkembang teknologi IC sehingga saat ini siapa saja dapat menikmati peralatan elektronika portable, seperti laptop, handphon, MP3 Player, game portable, tablet PC, dan sebagainya.

IC termasuk salah satu komponen aktif, komponen ini merupakan gabungan dari ratusan hingga ribuan komponen elektronika, yaitu gabungan dari resistor, kapasitor, transistor, dan dioda yang terintegrasi menjadi suatu rangkaian. Pada umumnya komponen ini dirancang menggunakan material semikonduktor berbahan silikon.

IC dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis, yaitu IC Analog atau Linier dan IC Digital.

f. IC Analog

IC Analog atau Linier adalah komponen yang tersusun dari beberapa rangkaian dan bekerja dengan menggunakan sinyal sinusoidal. Rangkaian IC Analog dikemukakan pada Gambar 4.43.



Gambar 4.43 Rangkaian IC Analog

Komponen IC Analog memiliki fungsi sebagai:

- Penguat daya (Amplifier),
- Penguat operasionan (Op Ampere),
- Penguat signal Amplifier,
- Penguat RF dan IF
- *Voltage comparator*,
- *Multiplier*,
- Regulator tegangan, dan
- Penerima frekuensi radio

IC analog terdiri dari beberapa macam yaitu IC Op-Amp, IC Timer 555, dan IC Power,

1) IC Op-Amp

IC Op-Amp sering dikatakan amplifier operasional adalah salah satu IC yang berfungsi sebagai rangkaian penguat. IC ini terdiri dari 2 jenis, yaitu Op-Am Inverting dan Op-Amp Non-Inverting.

Op-Am Inverting adalah suatu rangkaian penguat di mana tegangan *output* (keluar) berbanding lurus dengan tegangan input (masuk). Sinyal masuk ke Op-Amp Inverting melalui *input inverting* dan menghasilkan keluaran dengan sudut fase yang terbalik dengan sudut fase tegangan masuk. Besaran penguatan tergantung pada faktor penguatan (*gain*) yang diformulasi sebagai berikut:

$$V_{out} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_{in} \dots \dots (4.10)$$

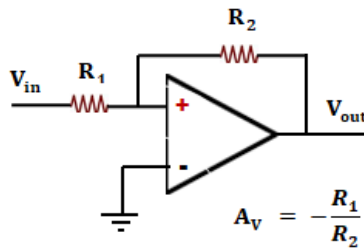
Dimana:

V_{out} = tegangan keluar (output) penguatan operasional,

V_{in} = tegangan masukan (input),

R_1 = hambatan ke-1 (ohm)

R_2 = hambatan ke-2 (ohm)



Gambar 4.44 Rangkaian Op-Amp Inverting

Op-Amp Non-Inverting termasuk dalam sistem analog linier, yaitu suatu sistem yang menghasilkan tegangan keluaran sebanding dengan tegangan masuk yang diberikan pada input non-inverting dan menghasilkan output dengan sudut fasa sama dengan sudut fasa tegangan input. Besaran penguatan pada faktor penguatan (Gain) dihitung dengan persamaan:

$$V_{out} = \left[\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right] V_{in} \dots (4.10)$$

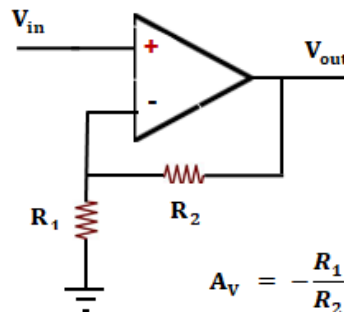
Dimana:

V_{out} = tegangan keluar (output) penguatan operasional,

V_{in} = tegangan masukan (input),

R_1 = hambatan ke-1 (Ohm)

R_2 = hambatan ke-2 (Ohm)

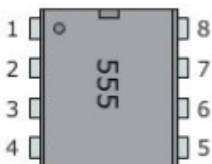


Gambar 4.45 Rangkaian Op-Amp Non-Inverting

2) IC Timer 555

IC Timer 555 atau IC Pewaktu adalah sirkuit terpadu yang digunakan untuk berbagai pewaktu dan multivibrator. IC jenis ini diciptakan dan dirancang oleh Hans R. Camenzind pada tahun 1970 dan diperkenalkan pada tahun 1971 oleh Signetics. Nama asli komponen ini adalah SE555/NE555 dan dijuluki “*The IC Time Machine*”. Diberi nama 555 karena tiga buah resistor yang memiliki besaran hambatan 5 kΩ yang digunakan pada rangkaian awal. Komponen ini masih digunakan secara luas dalam perangkat elektronika karena kemudahannya, kemudahannya, dan stabilitas yang baik.

Berikut ini dijelaskan salah satu komponen IC-555 yang terdiri dari 8 kaki seperti dikemukakan pada Gambar ...



Gambar 4.46 Jenis IC 555

Kegunaan nomor PIN IC-555 dijelaskan pada tabel ...

Tabel 4.7 Kegunaan nomor PIN IC-555

PIN	KEGUNAAN
1	<i>Ground</i> (0V), adalah pin atau kaki input dari sumber tegangan DC paling negatif
2	<i>Trigger</i> , input negatif dari <i>lower</i> komparator (komparator B) yang menjaga osilasi tegangan terendah kapasitor pada $1/3 V_{cc}$ dan mengatur <i>RS flip-flop</i>
3	Output, pin keluaran dari IC 555.
4	<i>Reset</i> , adalah pin yang berfungsi untuk mereset <i>latch</i> di dalam IC yang akan berpengaruh untuk me-reset kerja IC. Pin ini tersambung ke gerbang (gate) transistor bertipe PNP, sehingga transistor akan aktif apabila diberi logika <i>low</i> . Pin ini langsung dihubungkan ke V_{cc} agar tidak terjadi reset
5	<i>Control voltage</i> , pin ini berfungsi untuk mengatur kestabilan tegangan referensi input negatif (komparator A). Pin ini dapat dibiarkan

PIN	KEGUNAAN
	tergantung (diabaikan), tetapi untuk menjamin kestabilan referensi komparator A, maka dihubungkan dengan kapasitor berorde sekitar 10 nF ke pin <i>ground</i>
6	<i>Threshold</i> , pin ini terhubung ke <i>input</i> positif (komparator A) yang akan me-reset RS flip-flop ketika tegangan pada pin ini mulai melebihi 2/3 <i>V_{cc}</i>
7	<i>Discharge</i> , pin ini terhubung ke open collector transistor internal (<i>Tr</i>) dimana emitter terhubung ke <i>ground</i> . Switching transistor ini berfungsi untuk meng-clamp node yang sesuai ke <i>ground</i> pada waktu tertentu
8	<i>V_{cc}</i> , pin ini untuk menerima <i>supply</i> DC <i>voltage</i> , dan dapat bekerja optimal apabila diberi 5V s/d 15V. Supply arusnya dapat dilihat di <i>datasheet</i> , yaitu sekitar 10mA s/d 15mA.

IC Timer 555 termasuk IC linier yang berfungsi sebagai rangkaian pewaktu monostable dan osilator. IC 555 suatu komponen jenis IC yang dikenal dalam dunia elektronika analog linier. Penggunaan IC ini dikategorikan dalam beberapa fungsi rangkaian, antara lain:

- Rangkaian Monostable. Dalam rangkaian monostabel, IC 555 berfungsi untuk menghasilkan pulsa diskrit. Pulsa ini dihasilkan pada saat IC 555 menerima sinyal pemicu. Lebar pulsa yang dihasilkan dipengaruhi oleh hubungan Resistor (R) dan Kapasitor (C). Pulsa akan berhenti setelah menerima 2/3 tegangan catu daya. Lebar pulsa dapat dimodifikasi dengan mengubah nilai Resistor dan Kapasitor berdasarkan persamaan:

$$t = 1,1 (R \times C) \dots (4.11)$$

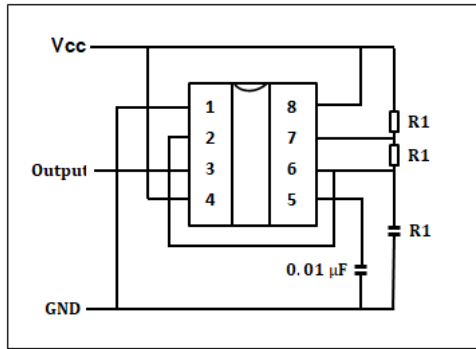
Dimana:

t = tegangan pulsa, dalam detik

R = nilai resistor, dalam ohm

C = nilai kapasitor, dalam Farad.

- Rangkaian Astable. Dalam rangkaian Astable, IC-555 berfungsi sebagai penghasil sinyal (pulsa) kotak dengan frekuensi tertentu secara terus-menerus.



Gambar 4.47 Rangkaian Astable IC-555

Pada Gambar 4.47 rangkaian Astable, IC-555 berfungsi sebagai penghasil sinyal (pulsa) kotak dengan frekuensi tertentu secara terus-menerus, R1 menghubungkan Vcc dan Pin (kaki) 7 yaitu discharge, R2 menghubungkan Pin 7 (*discharge*), Pin 6 (*Threshold*), dan Pin 2 (*Trigger*). Kapasitor melakukan pengisian pada R1 dan R2 kemudian melakukan pengosongan pada R2.

Pada rangkaian *Astable*, frekuensi pulsa hanya dipengaruhi oleh nilai R1, R2, dan C (Kapasitor). Frekuensi pada rangkaian Estable diperoleh dengan persamaan:

$$f = \frac{1}{[\ln(2)(C(R_1 + R_2))]} \dots \dots (4.12)$$

Lebar pulsa High dihitung dengan formula:

$$High = \ln(2) \times (R_1 + R_2) C \dots \dots (4.13)$$

Lebar pulsa Low diperoleh melalui persamaan:

$$Low = \ln(2) \times C \times R_1 \dots \dots (4.14)$$

Dimana:

R = nilai hambatan resistor (ohm)

C = nilai kapasitor (C).

3) IC Power

Komponen IC Power adalah suatu jenis IC yang bekerja (beroperasi) pada catu daya. Umumnya, IC Power digunakan pada rangkaian regular, adaptor dan power supply.



Gambar 4.48 Model IC Power

4) IC Silinder

Komponen IC Silinder bentuknya seperti silinder dan digunakan para perangkat penguat pesawat Citizen Band (CB) atau *Held Tranceived* (HT). Komponen IC ini memiliki tingkat keawetan lebih lama dan ketahanan dari pada IC penguat lainnya.

g. IC Digital

IC Digital dirancang dengan susunan beberapa rangkaian logika, yaitu AND, OR, NOT, NAND, NOR, dan XOR. Komponen IC ini pada umumnya digunakan untuk aplikasi saklar cepat. Dalam perkembangannya, IC Digital adalah jenis yang banyak digunakan dalam bidang elektronika karena ukurannya relatif kecil dan memiliki fungsi yang sangat lengkap.

h. IC Digital

Fungsi IC Digital, meliputi:

- Gerbang logika,
- Flip-flop,
- Timer,
- Counter,
- Clock,

- Multiplexer,
- Memory,
- Calculator,
- Mikrokontrol, dan
- Mikroprosesor.

IC Digital beroperasi menggunakan sinyal kotak atau *aquare* dengan dua kondisi, yaitu “0” (rendah) atau “1” (tinggi). Pada komponen ini suatu titik elektronis mewakili satu “*binery digit*” atau disingkat dengan istilah “bit”. Binary berarti sistem bilangan “dua-an” merupakan suatu bilangan yang hanya mengenal dua angka dua angka yakni “0” dan “1”.

Terdapat beberapa jenis IC Digital yang digunakan dalam piranti elektronika, yaitu:

1) *Transistor Transistor Logic (TTL)*

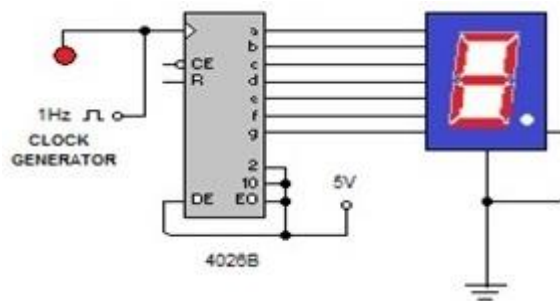
IC Digital ini merupakan suatu komponen paling banyak digunakan secara luas dalam perkembangan teknologi untuk piranti peralatan komputer, sistem control elektronik, dan kalkulator. IC Digital TTL memiliki beberapa jenis diantaranya Microprocessor, yaitu suatu perangkat pemroses data yang dikembangkan dari teknologi pembuatan IC. Terdapat beberapa istilah yang digunakan untuk menunjukkan tingkat kepadatan (*density*) dari suatu komponen chip IC, diantaranya Small Scale Integration (SSI) yang mengemas sampai ratusan transistor. Teknologi IC Digital telah dikembangkan jenis IC yang diberi istilah *Very Largescale Integration (VLS)* yang mengemas hingga jutaan transistor. Saat ini mulai dikembangkan generasi IC Digital yang diberi istilah *Ultra Largescale Integration (ULSI)* yang meningkatkan jumlah menjadi jutaan kemampuan untuk memasang sedemikian banyak komponen dalam suatu *keeping* yang berukuran relatif kecil sehingga mengakibatkan ukuran dan harga komputer menurun.

2) *Complementary with MOSFET (C-MOS)*

IC Digital jenis C-MOS rangkaiannya terdiri dari beberapa gabungan komponen MOSFET untuk membentuk gerbang-gerbang yang berfungsi *logic* seperti IC TTL. Setiap komponen IC C-MOS

terdiri dari beberapa macam gerbang yang dapat melakukan berbagai macam fungsi *logic* yaitu AND, NAND, OR, NOR, XOR dan beberapa fungsi *logic* diantaranya *Decoders*, *Multiflexer*, *Encoders*, dan *Memory*.

Tipe IC ini memiliki salah satu ciri dengan tegangan input lebih fleksibel antara 3,5 sampai 15 volt, tetapi tegangan input yang melebihi 12 Volt akan memboroskan daya.



Gambar 4.49 Rangkaian IC Digital Jenis C-MOS

Kelebihan dan kelemahan IC

Kelebihan

Kelebihan IC diantaranya adalah memiliki ukuran yang kecil dan relatif ringan sehingga perkembangan peralatan elektronika semakin kecil dan *portable*, hal ini memudahkan peralatan tersebut dibawa kemana-mana. Komponen ini juga memberikan keuntungan lain yaitu bila dibandingkan dengan piranti-piranti konvensional yang banyak menggunakan komponen, sedangkan IC komponen yang relatif kecil hanya mengkonsumsi sedikit sumber energi/tenaga dan tidak mudah menimbulkan panas yang berlebihan dan tidak dibutuhkan pendingin.

Kelemahan

Kelemahan IC antara lain adalah keterbatasannya di dalam menghadapi kelebihan arus listrik yang besar, dimana arus listrik berlebihan dapat menimbulkan panas di dalam komponen, sehingga

komponen IC yang kecil bila terjadi panas yang berlebihan akan mudah rusak. Faktor lain penyebab IC rusak yaitu bila diberi tegangan yang besar karena lapisan isolator mudah panas, sedangkan fungsi isolator adalah pemisah antar komponen di dalam piranti tersebut misalnya kerusakan karena terjadi hubung singkat antara komponen satu dengan lainnya di dalam IC mengakibatkan komponen ini tidak berguna.

Rangkuman

Dalam rangkaian elektronika, terdapat komponen pasif dan aktif. Ke dua komponen tersebut merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan, misalnya dalam suatu piranti elektronika memerlukan ke dua jenis komponen ini agar piranti tersebut dapat beroperasi sesuai dengan keinginan dari para engineer (perekayasa) dibidang teknik elektro dan elektronika (*electrical engineering*).

Komponen pasif adalah komponen yang dapat bekerja tanpa sumber tegangan. Komponen pasif terdiri dari resistor, induktor, dan kapasitor atau kondensator.

Berbagai jenis dan simbol resistor yang dirancang sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Berdasarkan pada nilai hambatan (tingkat resistivitas), yaitu komponen ini terdiri dari resistor tetap dan resistor variabel. Resistor tetap yaitu suatu komponen yang terpasang dalam rangkaian listrik maupun rangkaian elektronika yang memiliki nilai konstan atau tetap. Sedangkan resistor variabel (*variable resistor*) adalah suatu komponen yang dapat diubah-ubah sebagaimana yang dibutuhkan dalam rangkaian listrik atau elektronika. Resistor ini berfungsi untuk mengatur besaran arus listrik pada suatu rangkaian sesuai yang diinginkan. Dalam rangkaian listrik atau rangkaian elektronika, resistor memiliki beberapa kegunaannya yaitu sebagai berikut

- Penghambat arus listrik;
- Pembagi tegangan;
- Pembagi arus;
- Pengaman arus;
- Dan sebagainya.

Induktor atau sering disebut reaktor yaitu suatu komponen elektronika yang dapat menyimpan energi dalam medan magnet, tegangan dan arus induksi setelah dihubungkan dengan sumber listrik tegangan dan arus searah (DC) atau bolak-balik (AC). Induktor sering digunakan sebagai komponen komponen yang bekerja secara otomatis apabila suatu kondisi telah terpenuhi sehingga pengoperasiannya bekerja secara otomatis untuk mempermudah bekerjanya peralatan listrik dan elektronika.

Fungsi utama dari induktor adalah untuk melawan fluktuasi arus yang melewatinya. Selain fungsi utama tersebut terdapat beberapa fungsi induktor, diantaranya:

- Dapat menyimpan arus listrik dalam bentuk medan magnet,
- Meneruskan arus searah (DC) dalam rangkaian listrik,
- Menahan arus bolak-balik (AC),
- Sebagai alat yang dapat menimbulkan gaya magnet,
- Sebagai filter maupun penalaan atau *tuning*,
- Dua atau lebih induktor yang dihubungkan atau dikopel secara magnetik akan menjadi sebuah transformator (*transformer*),
- Dapat membangkitkan getaran,
- Dapat melipat gandakan tegangan atau arus, dan
- Bersama kapasitor, induktor dapat berfungsi sebagai rangkaian resonator yang berfungsi untuk bersonansi pada frekuensi tinggi.

Kapasitor atau disebut kondensator adalah suatu komponen yang dapat menyimpan energi di dalam “*medan listrik*”, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan dalam komponen tersebut dari muatan listrik. Kondensator memiliki satuan yang disebut Farad. Pada prinsipnya kapasitor terdiri dari dua keping pelat paralel tersebut dipisahkan oleh daerah non-konduktif. Daerah non-konduktor ini biasanya menggunakan bahan yang pada umumnya disebut dengan bahan dielektrik yaitu sejenis material isolator listrik yang dapat dipolarisasikan atau dikutubkan (*polarized*) dalam medan listrik. Jika material dielektrik ditempatkan di dalam medan listrik, maka muatan listrik tidak mengalir melalui bahan tersebut tetapi akan bergeser sedikit dari rata-rata posisi setimbangnya

(*equilibrium positions*) sehingga menyebabkan polarisasi yang disebut dengan “polarisasi dielektrik”.

Komponen aktif termasuk komponen semikonduktor yaitu suatu komponen yang dapat bekerja bila adanya sumber tegangan. Komponen ini terdiri dari dioda, transistor, dan IC (*Integrated Circuit*).

Dioda komponen elektronika yang terdiri dari 2 buah keping yang berbentuk pelat sebagai kutub yang berfungsi untuk menyearahkan arus listrik. Komponen kapasitor terdiri dari penggabungan dua buah material semikonduktor yang masing-masing diberi penambahan bahan (*doping*) yang berbeda. Tambahan material tersebut untuk mengalirkan arus listrik.

Pengertian transistor adalah suatu komponen atau perangkat elektronika yang digunakan untuk penguat, stabilisasi tegangan, penyambung, modulasi sinyal, dan sebagainya. Transistor dirancang sebagai penyalur aliran listrik berdasarkan tegangan input dari sumber listrik dan dapat mengalihkan listrik dalam suatu rangkaian dengan akurat. Dalam hal ini, cara kerja transistor adalah arus listrik yang mengalir pada rangkaian output ditentukan oleh arus yang mengalir pada rangkaian input. Terdapat dua tipe transistor, yaitu tipe PNP dan NPN.

Integrated circuit atau disingkat IC. Dalam Bahasa Indonesia diartikan Sirkuit Terintegrasi (Terpadu). Sebelum ditemukan komponen IC, piranti atau peralatan elektronika saat itu pada umumnya memakai tabung Vakum sebagai komponen utama kemudian dikantikan oleh transistor yang memiliki ukuran lebih kecil. Era tersebut, untuk merangkai sebuah rangkaian elektronika sangat rumit dan kompleks, karena memerlukan komponen transistor dalam jumlah yang banyak sehingga ukuran piranti atau perangkat elektronika yang diproduksi berukuran besar dan kurang *portable* untuk dibawa bepergian. Setelah muncul teknologi IC, rekayasa perangkat elektronika semakin lebih kecil dan ringan serta harganya lebih terjangkau dan IC memerlukan daya yang lebih kecil dibandingkan dengan transistor. IC terdiri dari 2 jenis yaitu IC analog dan IC digital.

Soal-soal Latihan

1. Jelaskan perbedaan komponen pasif dan aktif. Kemukakan komponen apa saja yang termasuk ke dalam dua komponen tersebut dan jelaskan fungsi masing-masing komponen tersebut?
2. Jelaskan peran masing-masing komponen tersebut sehingga mempengaruhi kemajuan perkembangan teknologi saat ini.
3. Hitunglah nilai hambatan resistor jika diberi kode 302
4. Suatu resistor tertulis 0R50. Berapa nilai hambatannya?
5. Badan dari resistor tertulis 50W 10RJ. Berapa besar nilai hambatan resistor tersebut
6. Kemukakan pengertian dan fungsi dioda, transistor dan IC disertai Gambar dan simbol masing-masing komponen tersebut
7. IC terdiri dari berapa jenis dan jelaskan kelebihan dan kelemahannya
8. Jika suatu induktor berkapasitas $2 \mu\text{H}$ dan diameter 0,4 digunakan pada rangkaian frekuensi radio. Kumparan yang terpasang pada induktor sebanyak 40 lilitan. Ditanya berapa panjang lilitan tersebut?

BAB 5

ALAT UKUR DAN PENGUJIAN KOMPONEN

5.1. Pendahuluan

Listrik adalah suatu fenomena fisis yang terjadi, karena listrik dapat terjadi disebabkan oleh proses alam seperti kilat atau dimiliki oleh hewan untuk melindungi dirinya dari serangan predator (hewan buas). Listrik tidak dapat diamati secara langsung oleh manusia, akan tetapi dapat diketahui melalui proses yang terjadi karena dihubungkan dengan sumber tegangan sehingga mengalir arus listrik pada peralatan listrik, misalnya suatu komponen atau peralatan listrik dapat beroperasi diantaranya lampu dapat menyala maupun peralatan listrik lainnya seperti komputer, sterika listrik, kompor listrik, mesin cuci, pendingin ruangan dan sebagainya dapat beroperasi.

Dikatakan suatu fenomena fisis karena listrik memiliki besaran-besaran fisis yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka (kuantitatif). Sebagaimana telah dikemukakan bahwa “kuat arus listrik” termasuk salah satu dari 7 besaran pokok. Sedangkan yang dikategori besaran turunan diantaranya tegangan (V), hambatan atau tahanan (Ω), daya listrik (W), muatan listrik (C), induktansi (H), kapasitansi (F), frekuensi (Hz), dan sebagainya. Besaran-besaran ini dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur dan dapat diperoleh dengan mudah dipasaran dengan berbagai tipe dan merek.

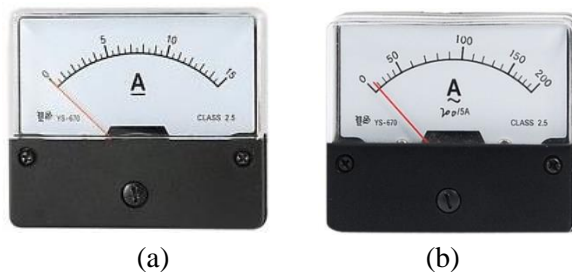
Jenis-jenis alat ukur yang digunakan untuk mengukur dan menguji komponen-komponen listrik, diantaranya:

- Voltmeter
- Amperemeter
- Ohmmeter
- Multimeter
- Osiloskop
- Megger

- Dan sebagainya

5.2. Alat Ukur Amperemeter

Alat ukur jenis ini khusus terpasang dalam suatu peralatan elektronika seperti radio, *tape recorder*, amplifier (penguat), dan sebagainya. Amperemeter yaitu suatu alat untuk mengukur kuat arus listrik DC dan AC yang mengalir pada peralatan elektronika tersebut. Khususnya untuk mengukur kuat arus AC pada suatu pembangkit tenaga listrik. Untuk mengukur kuat arus pada rangkaian, alat ukur Amperemeter dipasang dengan seri (deret) dengan elemen/komponen listrik. Apabila akan melakukan pengukuran kuat arus yang melalui penghantar dengan menggunakan Amperemeter, alat ukur ini dipasang seri dengan cara memotong penghantar sehingga arus listrik melewati Amperemeter. Jarum Amperemeter akan menunjuk besaran kuat arus pada layar monitor bila rangkaian dalam keadaan tertutup.



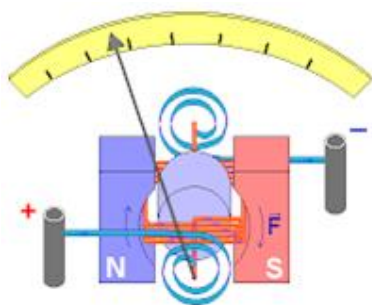
Gambar 5.1 Alat ukur Amperemeter, (a) Amperemeter DC, (b) Amperemeter AC

Amperemeter memiliki bagian galvanometer yang bekerja dengan prinsip memperoleh gaya Lorentz diantara medan magnet dan kumpuran berarus. Galvanometer ini secara langsung dapat mengukur arus searah yang kecil, jika semakin besar arus yang melalui kumpuran maka semakin besar simpangan yang terjadi pada galvanometer.

Galvanometer ini dipasang paralel dengan resistor yang memiliki hambatan rendah dengan tujuan untuk menaikkan batas ukur Amperemeter.

Hasil pengukuran langsung terlihat pada layar monitor atau display pada peralatan elektronik tersebut.

Alat ukur Amperemeter jenis ini pada umumnya terpasang dalam peralatan elektronik untuk memonitor langsung besaran arus listrik yang mengalir pada peralatan elektronik tersebut.



Gambar 5.2 Galvanometer

5.3. Alat Ukur Voltmeter

Voltmeter merupakan suatu alat untuk mengukur besar tegangan listrik pada rangkaian listrik. Bergeraknya jarum penunjuk pada Voltmeter karena adanya gaya magnetik yang disebabkan terjadi interaksi medan magnet dan kuat arus. Semakin besar arus mengalir pada kumparan yang diletakkan diantara medan magnet akan semakin besar pergerakan jarum sehingga akan menunjuk angka yang lebih besar.

Alat ukur Voltmeter ini dipasang secara paralel dengan komponen yang akan diukur dalam rangkaian. Bagian-bagian alat ukur ini terdiri dari tiga buah lempeng tembaga yang diletakkan pada sebuah bakelite yang dirangkai dalam tabung kaca atau plastik. Ukuran tabung sekitar 15 cm dengan diameter 10 cm. Lempeng luar sebagai anoda dan lempeng yang terletak ditengah berfungsi sebagai katoda. Hasil pengukuran akan terlihat/terbaca pada display atau layar monitor alat ukur Voltmeter.



Gambar 5.3 Voltmeter

Sebagaimana alat ukur Amperemeter, alat ukur voltmeter jenis ini terpasang dalam peralatan elektronik untuk memonitor langsung besaran tegangan pada peralatan elektronik tersebut.

5.4. Alat Ukur Ohmmeter

Alat ukur Ohmmeter ini khusus untuk mengukur tahanan/ hambatan listrik yang merupakan daya untuk menahan mengalir arus listrik dalam konduktor pada suatu rangkaian listrik. Satuan hasil pengukuran dinyatakan dalam Ohm yang diberi simbol Ω . Alat ukur ini menggunakan galvanometer untuk mengukur arus listrik yang melewati suatu tahanan listrik selanjutnya dikalibrasi dalam satuan Ohm. Hasil pengukuran akan terlihat atau terbaca pada display alat ukur tersebut.



Gambar 5.4 Alat ukur Ohmmeter

5.5. Alat Ukur Wattmeter

Wattmeter adalah suatu alat instrument pengukur daya listrik. Pada prinsipnya alat ukur ini gabungan dari alat ukur amperemeter dan voltmeter untuk mengukur secara langsung daya listrik yang digunakan oleh peralatan listrik.

Konstruksi wattmeter terdiri dari kumparan arus (kumparan tetap) dan kumparan tegangan (kumparan putar). Kumparan arus pemasangannya sama dengan alat ukur amperemeter yaitu dipasang secara seri, sedangkan kumparan tegangan dipasang secara paralel dengan sumber tegangan. Alat tersebut dapat mengukur tegangan atau arus searah (DC) dan tegangan atau arus bolak-balik (AC). Untuk mengukur tegangan/arus DC, daya yang terpakai pada beban tahanan/hambatan (R) dinyatakan $P = VI = V^2/R = I^2R$. dimana P = daya, V = tegangan, dan I = kuat arus. Alat ukur wattmeter pada prinsipnya bekerja karena adanya gaya Lorentz.

Jenis-jenis Wattmeter

a. Wattmeter Analog

Wattmeter analog sering disebut wattmeter elektrodinamik atau elektrodinamometer. Alat ukur ini menggunakan koil amperemeter dan voltmeter analog.



Gambar 5.5 Wattmeter Analog

Untuk melakukan pengukuran daya listrik, kedua koil tersebut dihubungkan dengan rangkaian yang berbeda. Koil tetap (amperemeter) dihubungkan seri dengan rangkaian, sedangkan koil bergerak (voltmeter)

dihubungkan paralel dengan tegangan dan membawa arus yang proporsional dengan tegangan. Tahanan non-induktif dihubungkan secara seri dengan koil bergerak agar dapat membatasi arus yang bernilai kecil. Akan terjadi tegangan pada koil wattmeter jika koil bergerak membawa arus proporsional dengan tegangan.

Cara menggunakan wattmeter analog yaitu terlebih dahulu pastikan kedudukan jarum penunjuk. Apabila kedudukannya telah tepat pada angka nol (0) maka alat ini dapat digunakan. Sebaliknya bila kedudukannya belum tepat pada angka nol, harus diatur terlebih dahulu dengan memutas pengatur jarum yang ada pada alat ukur. Hasil pengukuran diperoleh dengan mengalikan angka penunjuk jarum dengan faktor pengali sesuai dengan batas ukur dan jenis hubungannya seperti Tabel 5.1 menjelaskan diagram hubungan wattmeter.

Tabel 5.1 Diagram hubungan tegangan dan arus

Multiple					
Ampere		Volt	60 V	120 V	240 V
Seri	0,5 A		0,25	0,5	1
Paralel	1 A		0,5	1	2

Tabel 5.1 dijelaskan sebagai berikut:

- ❖ Untuk hubungan seri, batas ukur dengan arus listrik yaitu 0,5 Ampere. Apabila digunakan batas ukur tegangan sebesar seperti pada tabel dengan besaran nilai 60 V, 120 V, dan 240 V akan diperoleh hasil kali daya dikalikan dengan 0,25 A, 0,5 A, dan 1 Ampere, maka akan diperoleh hasilnya sebagai nilai daya.
- ❖ Untuk hubungan paralel, batas ukur dengan arus listrik 1 Ampere. Apabila digunakan batas ukur dengan besaran nilai 60 V, 120 V, dan 240 V akan diperoleh hasil kali daya dikalikan dengan 0,5 A, 1 A, dan 2 A.
- ❖ Untuk hubungan seri, batas ukur daya dengan besaran nilai $120 \times 1 \text{ Watt} = 120 \text{ Watt}$

- ❖ Untuk hubungan paralel, batas ukur daya dengan besaran nilai $120 \times 2 \text{ Watt} = 240 \text{ Watt}$.

b. Wattmeter Induksi

Wattmeter Induksi digunakan untuk mengukur daya listrik bolak-balik. Alat ukur ini dapat mengukur arus searah. Pada alat ukur wattmeter induksi terdapat dua jenis kumparan, yaitu kumparan arus dan kumparan tegangan. Kedua kopel kumparan tersebut berbanding lurus hasil perkalian arus dan tegangan.

Kelebihan alat ukur ini yaitu: mempunyai skala lebar, tidak terpengaruh medan liar, mempunyai peredam yang baik, dan bebas dari kesalahan frekuensi. Kekurangannya yaitu dapat terjadi *error* karena pengaruh suhu pada tahanan lintasan arus eddy.

c. Wattmeter Digital

Wattmeter digital adalah suatu alat ukur untuk mengukur daya listrik tanpa memutuskan aliran listrik. Cara menggunakan alat ukur ini lebih praktis dan akurat.

Berbagai jenis dan bentuk wattmeter digital yang beredar dipasaran saat ini sesuai dengan penggunaannya diantaranya seperti pada Gambar 5.6



Gambar 5.6 Wattmeter Digital

Cara menggunakan wattmeter digital, yaitu

- Masukan kabel power sumber pada terminal watt dan 10 A pada wattmeter digital yang tertulis "*Power Source*";

- Masukkan kabel beban (*output*) pada terminal com dan V yang bertuliskan “*Load*”;
- Pencet (geser) tombol pada posisi “*On*”;
- Tekan tombol dengan memilih sesuai dengan beban yang akan diukur, seperti watt 1 (2000 W) atau watt 2 (6000 W – X10 W)
- Atur (setting) agar tampilan pada layar monitor bahwa Watt pada posisi nol (0);
- Masukkan kabel input “*Power Source*” pada stop kontak gar beban (load) dapat bekerja;
- Jika menggunakan batas ukur Watt 2 (6000 W), hasil pengukuran yang terbaca pada layar monitor dikalikan 10 merupakan nilai pengukuran; dan
- Jika telah selesai pengukuran daya maka matikan Wattmeter dengan menggeser tombol pada posisi “*Off*”.

5.6. Alat Ukur Cos ϕ meter

Cos ϕ meter adalah alat ukur untuk mengukur besar faktor daya yang terjadi pada rangkaian listrik tentang beda fasa antara tegangan dan arus. Faktor daya yaitu perbandingan tahanan murni dengan tahanan total atau impedansi. Cara penyambungan cos ϕ meter sama dengan wattmeter. Alat ini digunakan untuk dipasang pada:

- Panel pengukur mesin pembangkit,
- Panel gardu induk,
- Alat penguji, dan sebagainya.



Gambar 5.7 Alat ukur Cos ϕ meter

5.7. Alat Ukur Multimeter

Berbagai jenis alat ukur besaran listrik yang dikenal dalam teknik listrik diantaranya adalah multimeter atau multimeter sering disebut AVO meter. AVO disingkat dari *Ampere*, *Volt* dan *Ohm* merupakan salah satu alat ukur listrik yang berfungsi untuk:

- Mengukur tegangan (*voltage*) AC
- Mengukur tegangan DC
- Mengukur kuat arus (*current*) AC
- Mengukur kuat arus IDC
- Tahanan/hambatan resistor dengan satuan ukur Ohm (Ω)
- Menguji komponen induktor
- Menguji komponen kapasitor
- Menguji dioda
- Menguji transistor
- Menguji hubung-singkat atau koneksi

Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengukuran, yaitu kondisi alat ukur dalam keadaan baik, normal dan tidak cacat/rusak agar dapat berfungsi dengan baik sehingga benar-benar dapat mengukur sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Apabila hasil pengukuran tidak valid maka data yang diperoleh dapat mempengaruhi terhadap hasil analisis sehingga akan beresiko dan berpotensi berakibat fatal. Alat ukur multi-meter dapat diperoleh dipasaran dengan berbagai tipe dan merek. Terdapat dua jenis alat ukur ini, yaitu alat ukur analog dan digital.

a. Multimeter Analog

Alat ukur listrik analog adalah suatu alat ukur yang menggunakan jarum petunjuk yang diarahkan pada skala yang tertera pada alat ukur tersebut. Prinsip kerja yaitu pada alat ukur listrik analog menggunakan kumpuran yang terpasang jarum penunjuk. Kumpuran ini diletakkan di antara kutub magnet. Kelebihan alat ukur multimeter analog adalah untuk mengukur tegangan yang bergerak naik-turun atau kurang stabil.

Alat ukur listrik analog menggunakan kumparan yang diletakkan di antara dua kutub magnet, yaitu kutub utara dan selatan. Prinsip kerja alat ukur ini yaitu pada kumparan tersebut terdapat jarum yang dapat bergerak dan menunjuk yang terarah pada skala alat ukur tersebut. Apabila ke dua ujung kumparan dihubungkan dengan komponen-komponen yang memiliki besaran-besaran tegangan, arus, dan hambatan listrik maka jarum akan bergerak dan mengarah pada skala yang sudah dirancang sedemikian rupa. Multi-meter menggunakan jarum penunjuk skala seperti dikemukakan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Multi-meter analog menggunakan jarum penunjuk skala

Yang perlu diperhatikan untuk menggunakan multimeter analog, yaitu pada saat akan dilakukan pengukuran, jarum penunjuk angka dalam keadaan nol (0) pada layar monitor atau sering disebut *display* apabila kedua *probe* dihubungkan, atur saklar selektor apabila jarum menunjukkan angka nol.

Multimeter analog terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

- Skala maksimum yang merupakan batas nilai tertinggi. Skala maksimum untuk mengukur arus, tegangan AC/DC nilainya dari kiri ke kanan. Sedangkan untuk mengukur hambatan (resistensi), nilainya dari kanan ke kiri

- Cermin atau *mirror* berfungsi sebagai acuan untuk melakukan pengukuran yang ditunjukkan jarum penunjuk. Untuk pembacaan, jangan sampai terjadi kesalahan posisi mata. Dalam hal ini posisi mata harus tegak lurus pada multimeter khususnya layar monitor agar pada saat melakukan pengamatan posisi jarum penunjuk tidak ada bayangan pada cermin
- Pengenalan jarum penunjuk (*zero correction*), yaitu jarum penunjuk harus menunjuk nol pada posisi kiri arus dan tegangan
- *Ohm adjustment*, yaitu berfungsi sebagai pengenalan jarum pada posisi kanan pada saat mengukur hambatan
- Batas ukur, merupakan nilai maksimum yang dapat diukur oleh multimeter, yaitu (a) disamping kanan atas adalah blok selektor DC volt, (b) samping kiri adalah blok selektor AC Volt, (c) bawah kanan tertulis satuan untuk mengukur hambatan, dan (d) di samping kiri tertulis CD mA (mili Ampere) digunakan untuk mengukur kuat arus listrik.
- Range selektor, berfungsi untuk memilih jarak batas ukur arus, tegangan, dan tahanan
- Probe positif (+) dan negatif (-), yaitu berfungsi sebagai konektor untuk menghubungkan terminal positif dan negatif multimeter dengan yang akan diukur. Probe positif berwarna merah sedangkan probe negatif berwarna hitam.

b. Multimeter digital

Multimeter digital akan menghasilkan pembacaan berupa angka. Multimeter digital merupakan alat ukur besaran listrik seperti tegangan, kuat arus, hambatan atau tahanan, dan sebagainya. Alat ukur ini memiliki akurasi yang tinggi dan banyak digunakan para teknisi maupun pelajar dan mahasiswa. Multimeter ini pada saat melakukan pengukuran akan langsung terbaca besaran nilai dalam bentuk angka hingga beberapa decimal. Kekurangan multimeter digital yaitu untuk mengukur tegangan yang tidak stabil. Cara menggunakan multimeter digital sama dengan multimeter analog, tetapi multimeter digital lebih praktis.

Gambar 5.9 salah satu multimeter digital yang banyak beredar dipasaran.



Gambar 5.9 Multi-meter Digital

Bagian-bagian dan fungsi Multimeter

- 1) Pada multimeter analog terdapat saklar pengatur posisi jarum penunjuk (*zero adjust screw*) yang berfungsi untuk mengatur posisi jarum penunjuk dengan cara memutar saklar ke arah kiri atau kanan dengan menggunakan obeng pelat (pipih) yang relatif kecil;
- 2) Pada multimeter analog, memiliki tombol pengatur jarum penunjuk untuk posisi nol;
- 3) Display yang berfungsi sebagai monitor untuk pengamatan hasil pengukuran;
- 4) Probe berfungsi sebagai tungkai untuk menghubungkan terminal multimeter dengan sasaran yang diukur;
- 5) Saklar pemilih atau disebut *range selektor switch* berfungsi untuk memilih posisi pengukuran dan batas ukuran. Pada multimeter terdiri dari empat posisi pengukuran;
- 6) Ohm berarti multimeter berfungsi sebagai W (4) posisi ohmmeter yang terdiri dari tiga batas ukur, yaitu: $\times 1$; $\times 10$; W dan K;
- 7) Posisi ACV (VoltAC) yang berarti alat ukur ini berfungsi sebagai voltmeter untuk tegangan bolak-balik yang terdiri dari batas ukur, yaitu 10, 50, 250, dan 1.000;

- 8) Posisi DCV (Volt DC) yang berarti alat ukur ini berfungsi sebagai voltmeter tegangan bolak-balik yang terdiri dari batas ukur, yaitu 10, 50, 250, dan 1.000;
- 9) Posisi DCmA (miliampere DC) yang berarti multimeter berfungsi untuk ukuran miliampere arus searah yang terdiri tiga batas ukur, yaitu 0,25, 25, dan 500;
- 10) Terminal dalam bentuk lubang kutub positif (+) (V A) tempat masuknya test lead kutub positif berwarna merah;
- 11) Terminal dalam bentuk lubang kutub negatif (-) yang berfungsi untuk tempat masuknya test lead kutub negatif yang berwarna hitam;
- 12) Saklar pemilih polaritas (*polarity selector switch*) yang berfungsi untuk memilih polaritas DC atau AC;
- 13) Kotak meter (*meter cover*) yang berfungsi untuk tempat komponen-komponen multimeter; dan
- 14) Skala, berfungsi untuk skala pembacaan pengukuran.

a. *Mengukur kuat arus listrik*

- 1) Putar dan atur saklar selektor dan letakkan ke posisi DCA;
- 2) Putar dan atur saklar selektor sesuai dugaan besaran arus yang akan diukur, misalnya yang akan diukur sekitar 100 mA (0,1 A) letakkan selektor pada 300 mA. Apabila yang diukur lebih besar dari skala yang ditentukan akan beresiko sehingga sekering multimeter akan rusak/putus;
- 3) *Open circuit* (putuskan) jalur catu daya (*power supply*) yang terhubung dengan beban;
- 4) Selanjutnya hubungkan *probe* multimeter ke terminal pada jalur yang diputuskan sebelumnya. *Probe* warna merah masukkan (hubungkan) ke tegangan positif dan *probe* warna hitam masukkan atau hubungkan pada tegangan *input* negatif beban sebagai rangkaian yang akan diukur; dan
- 5) Amati dan baca hasil pengukuran yang tertera pada *display* multimeter.

b. *Mengukur tegangan bolak-balik (AC)*

Beberapa hal yang harus dilakukan untuk mengukur tegangan AC, yaitu:

- 1) Putar/atur saklar selektor dan letakkan pada ACV;
- 2) Khusus multimeter analog, pilih skala sesuai dengan menduga besaran tegangan yang akan diukur, misalnya akan melakukan pengukuran tegangan yang disalurkan PLN dengan besaran sekitar 220 Volt, maka putar dan letakkan selektor ke 300 Volt;
- 3) Hubungkan probe (tungkai) ke terminal tegangan yang akan diukur. Untuk tegangan AC tidak ada polaritas positif (+) dan negatif (-); dan
- 4) Baca dengan cara mengamati hasil pengukuran yang tertera pada display multimeter.

c. *Mengukur tegangan searah (DC)*

Untuk mengukur tegangan DC, lakukan petunjuk berikut ini

- 1) Putar dan atur saklar selektor dan letakkan pada posisi DCV;
- 2) Khusus multimeter analog, pilih skala yang sesuai dengan dugaan tegangan DC yang akan diukur, apabila yang akan diukur sekitar 6 Volt, atur saklar selektor ke 12 Volt. Apabila belum mengetahui besar tegangan yang akan diukur, harus memilih skala tegangan lebih besar agar terhindar dari resiko terjadi kerusakan pada multimeter;
- 3) Hubungkan *probe* ke terminal tegangan yang akan diukur. *Probe* yang berwarna merah letakkan pada terminal positif dan *probe* hitam pada terminal negatif. Hal ini jangan sampai terbalik; dan
- 4) Baca dengan melakukan pengamatan hasil pengukuran pada display multimeter.

d. *Mengukur nilai hambatan resistor*

- 1) Putar pengatur saklar selektor dan letakkan pada posisi Ω (Ohm);
- 2) Khusus untuk multimeter analog, tentukan skala sesuai dengan dugaan besaran tahanan yang akan diukur ke kode "X" yang berarti perkalian;
- 3) Hubungkan *probe* positif dan negatif ke dua terminal elemen resistor (tahanan), tanpa perlu dikuatirkan bila salah penempatan

- terminal *probe* karena tidak ada polaritas seperti mengukur tegangan;
- 4) Amati atau baca hasil pengukuran pada *display* multimeter, jika multimeter digital langsung tertera nilai resistor kecuali multimeter analog perlu perkalian seperti dikemukakan pada langkah ke-2; dan
 - 5) Hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai pada gelang warna resistor.
- e. *Mengukur nilai hambatan resistor variabel*
- 1) Putar pengatur saklar selektor dan letakkan pada posisi Ω (Ohm);
 - 2) Khusus untuk multimeter analog, tentukan skala sesuai dengan dugaan besaran hambatan yang akan diukur ke kode “X” yang berarti perkalian;
 - 3) Hubungkan probe positif dan negatif ke dua terminal elemen resistor (hambatan), tidak perlu khawatir apabila *probe* terbalik; dan
 - 4) Amati atau baca hasil pengukuran pada *display* multimeter, jika multimeter digital langsung tertera nilai resistor kecuali multimeter analog perlu perkalian seperti dikemukakan pada langkah ke-2, selanjutnya putar atau geser posisi variabel dari resistor dan perhatikan jarum penunjuk apakah berubah sesuai dengan putaran variabel tersebut.
- f. *Menguji hubung singkat*
- 1) Putar pengatur saklar selektor dan letakkan pada posisi Ω (Ohm);
 - 2) Khusus untuk multimeter analog, pilih skala batas ukur X1 (kali satu);
 - 3) Hubungkan kedua *probe* multimeter pada kedua terminal (ujung kabel) yang akan dicek sistem koneksinya; dan
 - 4) Amati dengan membaca hasil ukur pada *display* multimeter, apabila semakin kecil nilai hambatan berarti semakin baik sistem konektivitasnya, jika jarum penunjuk pada multimeter tidak bergerak atau diam kemungkinan kawat penghantar (kabel) atau terminal putus.

g. *Cara menguji dioda*

- 1) Putar pengatur saklar selektor dan letakkan pada posisi kode simbol dioda;
- 2) Hubungkan *probe* warna hitam (negatif) multimeter pada ujung kaki dioda yang ada gelang berwarna sebagai terminal katoda;
- 3) Hubungkan *probe* warna merah (positif) pada ujung kaki dioda yang lain sebagai terminal anoda;
- 4) Amati atau baca display multimeter kemudian tukar posisi probe multimeter; dan
- 5) Apabila display multimeter tidak menunjukkan nilai, berarti dioda dalam kondisi baik dan layak digunakan.

h. *Menguji transistor*

Mengukur transistor menggunakan multimeter analog atau digital sama saja yakni untuk menentukan kaki basis, kolektor dan emitor serta untuk mengetahui apakah transistor tersebut masih bias digunakan atau telah rusak. Sebagaimana telah diketahui bahwa transistor terdiri dari jenis NPN dan PNP, sehingga adanya perbedaan cara untuk mengetahui apakah kedua jenis transistor ini masih berfungsi atau sudah rusak.

Cara mengukur transistor jenis NPN dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Putar dan atur selektor pada posisi Ω (Ohm);
- 2) Pilih skala batas ukur X1K (kali satu kilo = X 1000);
- 3) Hubungkan probe multimeter negatif (-) pada basis dan *probe* positif (+) pada kolektor. Apabila multimeter menunjuk ke angka tertentu (pada umumnya sekitar 4-20K) berarti bahwa transistor baik dan layak digunakan, apabila tidak menunjuk atau angka nol;
- 4) Lepaskan kedua *probe*, kemudian hubungkan probe multimeter positif pada basis berarti transistor rusak atau putus basis (B) dan kolektor (C) dan *probe* negatif pada kolektor. Apabila jarum multimeter tidak bergerak, berarti transistor masih berfungsi baik, sebaliknya jika jarum penunjuk bergerak berarti transistor telah rusak atau bocor menembus B-C;

- 5) Hubungkan *probe* multimeter negatif pada basis dan *probe* positif pada multimeter. Apabila multimeter menunjukkan ke angka tertentu yaitu sekitar 5-20K berarti transistor berfungsi baik, jika tidak bergerak berarti transistor telah rusak atau putus B-E;
- 6) Lepaskan kedua *probe* tersebut kemudian hubungkan *probe* multimeter positif pada basis dan *probe* negatif pada emitor. Jika jarum multimeter tidak bergerak berarti transistor dapat digunakan atau berfungsi baik, jika sebaliknya bergerak berarti transistor telah rusak dan bocor menembus B-E; dan
- 7) Hubungkan *probe* multimeter positif pada emitor dan *probe* positif pada kolektor. Apabila jarum multimeter tidak bergerak berarti transistor berfungsi dengan baik. Sebaliknya bila bergerak berarti transistor telah rusak atau bocor tembus C-E.

Cara mengukur transistor jenis PNP dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Putar atau atur selektor pada posisi Ω (Ohm);
- 2) Pilih skala batas ukur X 1K (kali satu kilo = X 1000);
- 3) Hubungkan *probe* multimeter positif pada basis dan *probe* negatif pada kolektor. Apabila multimeter menunjuk angka sekitar 5-20K berarti transistor dapat berfungsi dengan baik, bila sebaliknya tidak bergerak berarti transistor telah rusak atau putus B-C;
- 4) Lepaskan kedua *probe* kemudian hubungkan *probe* negatif pada basis dan *probe* positif pada kolektor. Apabila jarum multimeter tidak bergerak berarti multimeter masih dapat berfungsi dengan baik. Sebaliknya, bila bergerak berarti transistor telah rusak atau bocor tembus B-C;
- 5) Hubungkan *probe* multimeter positif pada basis dan *probe* negatif pada emitor. Apabila multimeter menunjukkan angka sekitar 5-20K, berarti transistor masih berfungsi dengan baik. Sebaliknya, bila tidak menunjuk berarti transistor telah rusak atau putus B-E;

- 6) Lepaskan kedua probe lalu hubungkan probe multimeter negatif pada basis dan *probe* positif pada emitor. Apabila jarum multimeter tidak bergerak berarti transistor masih bisa berfungsi dengan baik. Sebaliknya, apabila bergerak berarti transistor telah rusak atau bocor tembus B-E; dan
- 7) Hubungkan *probe* multimeter negatif pada emitor dan *probe* positif pada kolektor. Apabila jarum multimeter tidak bergerak, berarti transistor masih dapat berfungsi dengan baik. Sebaliknya, apabila jarum multimeter tidak bergerak berarti transistor telah rusak atau bocor tembus C-E.

Catatan: pengecekan untuk probe multimeter positif pada emitor dan probe negatif pada kolektor tidak diperlukan.

i. *Menguji kapasitor elektrolit (Elko)*

- 1) Putar dan atur selektor pada posisi Ω (Ohm);
- 2) Pilih skala batas ukur:
 - X 1 (kali satu) untuk nilai Elko diatas 1000 Mf
 - X 10 (kali sepuluh) untuk nilai Elko diatas 100 μ F – 1000 μ F,
 - X 100 (kali seratus) untuk nilai Elko 10 μ F – 100 μ F, dan
 - X 1K (kali satu kilo) untuk nilai Elko dibawah 10 μ F;
- 3) Hubungkan *probe* multimeter negatif pada kaki positif Elko dan *probe* positif pada kaki negatif Elko;
- 4) Apabila jarum multimeter bergerak ke kanan menunjukkan nilai yang tertera pada Elko lalu kembali ke posisi awal;
- 5) Apabila jarum bergerak dan tidak kembali pada keadaan semula berarti Elko telah bocor; dan
- 6) Apabila tidak bergerak maka Elko telah kering atau cairan elektrolit habis sehingga komponen ini tidak dapat menghantar arus listrik. Dengan demikian komponen tersebut tidak dapat digunakan.

5.8. Alat Ukur Osiloskop

Osiloskop merupakan suatu alat ukur elektronika untuk memproyeksikan bentuk sinyal listrik. Alat ukur osiloskop memiliki komponen utama tabung katoda yang terpasang dalam rangkaian alat ukur

ini terdapat piranti pemancar elektron untuk memproyeksi sorotan elektron ke layar tabung sinar katoda. Rangkaian osiloskop akan menyorot sehingga terjadi gerakan yang berulang-ulang pada layar monitor dari kiri ke kanan. Hal ini yang menyebabkan bentuk sinyal terjadi secara kontinyu sehingga terlihat seperti gelombang.

Fungsi alat ukur osiloskop, yaitu untuk:

- Menyelidiki peristiwa atau gejala yang bersifat periodik;
- Mengamati bentuk gelombang kotak dari tegangan listrik;
- Menganalisis gelombang dalam rangkaian elektronika;
- Mengamati amplitude tegangan, frekuensi, periode dari sinyal yang tidak diketahui;
- Mengetahui amplitudo modulasi yang dihasilkan pemancar radio maupun generator pembangkit sinyal;
- Menganalisis karakteristik besaran yang berubah-ubah terhadap waktu yang terlihat pada layar monitor;
- Mengetahui beda fasa antara sinyal input dan sinyal *output*; dan
- Mengukur tegangan AC/DC dan menghitung frekuensi.

Cara kerja osiloskop, yaitu telah dijelaskan bahwa komponen utama osiloskop yaitu tabung sinar katoda yang memiliki prinsip kerja sebagai elektron yang dipancarkan dari katoda yang menumbuk bidang Gambar yang dilapisi zat bersifat flourecent. Bidang Gambar ini berfungsi sebagai anoda. Arah pergerakan elektron tersebut dipengaruhi oleh medan listrik dan medan magnetik. Sinar katoda osiloskop mengandung medan gaya listrik untuk menggerakkan elektron ke arah anoda. Medan listrik ini dihasilkan oleh lempeng kapasitor yang terpasang vertikal, sehingga menumbuk garis lurus vertikal dinding Gambar. Kemudian apabila lempeng horizontal dipasang tegangan periodik, maka elektron yang awalnya bergerak secara vertikal akan bergerak secara horizontal dengan kecepatan tetap sehingga pada layar monitor akan membentuk grafik sinusoidal.

Untuk menggunakan osiloskop, dilakukan tahapan sebagai berikut:

- Pertama-tama yang perlu dilakukan adalah mengkalibrasi dengan cara menghubungkan osiloskop pada jaringan PLN dan

menghidupkannya, kemudian mengamati tampilan pada layar monitor adalah garis lurus mendatar (apabila tidak ada sinyal yang masuk);

- Seting atau atur fokus, intensitas, kemiringan, X posisi, Y posisi, dengan mengatur posisi tersebut kemudian mengamati hasil pengukuran;
- Gunakan tegangan referensi pada osiloskop sehingga dapat melakukan kalibrasi. Terdapat dua tegangan referensi yang dapat dijadikan acuan yaitu tegangan persegi 2 vpp dan 0,2 vpp dengan frekuensi 1 KHz;
- Masukkan *probe* pada terminal acuan sehingga pada layar monitor akan muncul tegangan persegi; dan
- Jika yang dijadikan acuan tegangan 2 vpp, maka pada posisi 1 volt/div (satu kotak vertikal mewakili tegangan 1 volt) akan terdapat nilai tegangan dari puncak ke puncak sebanyak 2 kotak dan untuk time/div 1 ms/div (satu kotak horizontal mewakili waktu 1 ms) harus terdapat satu gelombang untuk satu kotak.

Rangkuman

Listrik adalah suatu fenomena fisis karena listrik memiliki besaran-besaran fisis yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka (kuantitatif). Untuk mengetahui besaran fisis, diperlukan alat ukur. Alat ini dapat juga untuk menguji komponen-komponen listrik.

Jenis-jenis alat ukur yang digunakan untuk mengukur dan menguji komponen-komponen listrik, diantaranya:

- Voltmeter
- Amperemeter
- Ohmmeter
- Multimeter
- Osiloskop

Soal-soal Latihan

1. Mengapa perlu dilakukan pengukuran terhadap besaran-besaran fisis komponen-komponen listrik?
2. Mengapa alat ukur dapat melakukan pengujian terhadap komponen listrik?
3. Jelaskan pengertian dan fungsi alat-alat ukur berikut ini
 - Voltmeter
 - Amperemeter
 - Ohmmeter
 - Multimeter
 - Osiloskop
4. Apa perbedaan alat ukur analog dan digital?
5. Bagaimana cara mengukur tegangan, arus dan hambatan dengan menggunakan multimeter?
6. Jelaskan cara menguji komponen-komponen listrik.

BAB 6

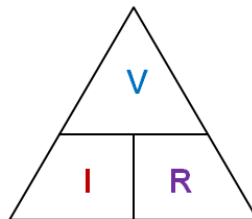
HUKUM-HUKUM RANGKAIAN

6.1. Hukum Ohm

Georg Simon Ohm pertama kali dikenal pada saat menulis karya ilmiah yang dipublikasi dengan judul *“The galvanic circuit investigated mathematically”* pada tahun 1827.

Pada saat sel elektrokimia ditemukan oleh ilmuwan Alessandro Volta, Ohm menggunakan hasil temuan tersebut untuk melakukan eksperimen dengan merancang peralatan yang dibuat dan menghasilkan hukum Ohm yang terkenal hingga sekarang ini dalam Bahasa Inggris disebut *“Ohm’s Laws”*. Hasil eksperimen dijadikan teori yang merupakan hukum Ohm yang berbunyi *“Besarnya arus listrik (I) yang mengalir melalui penghantar (konduktor) berbanding lurus dengan tegangan atau beda potensial (V) yang diterapkan kepadanya dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R)”*

Berdasarkan hukum ohm tersebut sehingga dapat dilustrasikan Gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1 Parameter Hukum Ohm

Dengan demikian secara matematis, formula persamaan 6.1 yang merupakan parameter Hukum Ohm adalah

$$V = I \times R \dots \dots (6.1)$$

Berdasarkan persamaan 6.1 maka kuat arus yang mengalir dalam rangkaian dapat dihitung dengan persamaan 6.2 yaitu

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots (6.2)$$

Kemudian tahanan listrik dihitung dengan persamaan

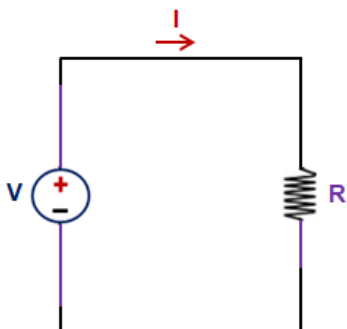
$$R = \frac{V}{I} \dots \dots (6.3)$$

Dimana:

V = tegangan (beda potensial) listrik, dengan satuan Volt (V)

I = arus listrik, dengan satuan Ampere (A)

R = hambatan listrik, dengan satuan Ohm (Ω).



Gambar 6.2 Rangkaian Parameter Hukum Ohm

Contoh soal 6.1:

Suatu rangkaian listrik terpasang hambatan sebesar 4Ω dan besar arus yang mengalir 3 Ampere. Berapa tegangan (beda potensial) dalam rangkaian tersebut?

Diketahui:

$R = 4 \text{ Ohm}$

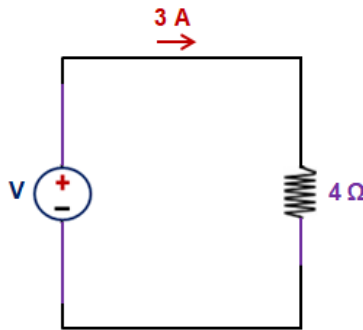
$I = 3 \text{ Ampere}$

Ditanya:

Berapa besar tegangan dalam rangkaian?

Pembahasan:

Besaran-besaran dalam rangkaian seperti Gambar 6.3



Gambar 6.3 Tegangan tidak diketahui

Untuk menghitung besar tegangan pada rangkaian seperti yang tertera dalam rangkaian Gambar 6.3 digunakan persamaan 6.1 maka diperoleh tegangan adalah

$$\begin{aligned} V &= 3 \times 4 \\ &= 12 \text{ volt} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa besar tegangan dalam rangkaian adalah 12 volt.

Contoh soal 6.2:

Jika suatu rangkaian diberikan tegangan oleh generator DC yang berfungsi sebagai power supply sebesar 24 Volt dan pada rangkaian tersebut terpasang tahanan sebesar 6 Ω . Ditanya Berapa besar arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut?

Diketahui:

$$V = 24 \text{ Volt}$$

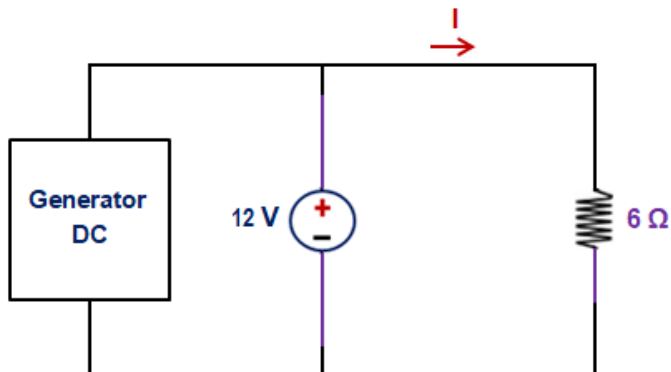
$$R = 6 \text{ Ohm}$$

Ditanya:

Berapa besar arus (I) yang mengalir dalam rangkaian?

Pembahasan:

Berdasarkan soal tersebut sehingga rangkaian dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 6.4 Besaran arus listrik tidak diketahui

Dengan menggunakan persamaan 6.2 maka diperoleh kuat arus yang mengalir dalam rangkaian adalah

$$I = \frac{12}{6}$$

$$= 2 \text{ Ampere}$$

Contoh soal 6.3:

Suatu rangkaian listrik memiliki sumber tegangan sebesar 6 Volt dan mengalir arus sebesar 3 Ampere. Ditanya berapa besar tahanan dalam rangkaian tersebut?

Diketahui:

$$V = 6 \text{ Volt}$$

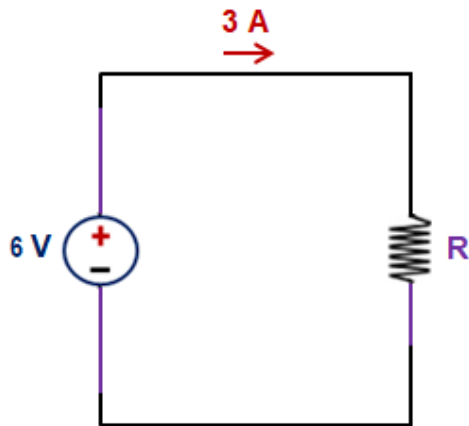
$$I = 3 \text{ Ampere}$$

Ditanya:

Berapa besar hambatan dalam rangkaian tersebut?

Pembahasan:

Berdasarkan soal tersebut maka rangkaian diGambarkan sebagai berikut



Gambar 6.5 Besaran tahanan listrik tidak diketahui

Dengan menggunakan persamaan 6.3 maka diperoleh tahanan (R) yaitu

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{V}{I} \\
 &= \frac{6}{3} \\
 &= 2 \Omega
 \end{aligned}$$

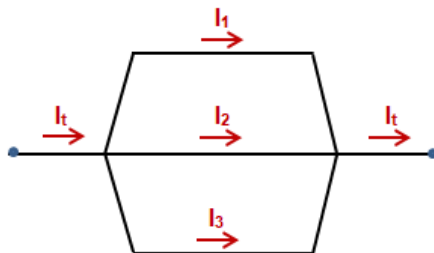
6.2. Hukum Kirchhoff I

Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887) lahir di Jerman dan pertama kali memperkenalkan tentang Hukum Kirchhoff pada tahun 1845. Hukum ini terdiri dari dua bagian, yaitu Hukum Kirchhoff I dan Kirchhoff II. Hukum Kirchhoff I sering disebut hukum arus Kirchhoff atau *Kirchhoffs Current Law* (KCL). Hukum ini dikenal dengan hukum percabangan (*junction rule*) karena memenuhi kekekalan muatan. Hukum Kirchhoff sangat diperlukan untuk menganalisis rangkaian multi kompleks yang mengandung titik-titik percabangan pada saat arus terbagi.

Peralatan-peralatan listrik terdapat banyak percabangan. Setiap percabangan terdapat arus listrik yang mengalir dan besaran arus ini tergantung dari besar nilai hambatan yang ada pada percabangan tersebut. Bunyi Hukum Kirchhoff I adalah

“Arus total yang masuk melalui suatu titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan tersebut”

Gambar 6.6 untuk mengilustrasikan dan memperjelas definisi hukum Kirchhoff I tentang titik percabangan tersebut. Arus (I) yang mengalir melalui titik percabangan adalah sama dengan arus yang keluar pada percabangan tersebut



Gambar 6.6 Rangkaian Arus Pada Suatu Percabangan

Berdasarkan Gambar 6.6 dalam rentang waktu tertentu, muatan yang mengalir masuk melalui titik percabangan kemudian bergerak keluar atau meninggalkan percabangan tersebut, sehingga secara umum Hukum Kirchhoff diformulasikan $\sum I_{masuk} = \sum I_{keluar}$. Dengan demikian arus total yang mengalir pada suatu percabangan diperoleh dengan persamaan:

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots + I_n \dots \dots (6.4)$$

Dari persamaan 6.4 dapat dihitung arus yang mengalir pada setiap percabangan, yaitu:

Untuk cabang pertama (I_1):

$$I_1 = I_t - I_2 \dots \dots (6.5)$$

Untuk cabang ke dua (I_2):

$$I_2 = I_t - I_1 \dots \dots (6.6)$$

Dimana:

I_t = arus total, dalam satuan Ampere (A)

I_1 = arus pada percabangan pertama, dalam satuan Ampere (A)

I_2 = arus pada percabangan ke dua, dalam satuan Ampere (A).

Contoh soal 6.4

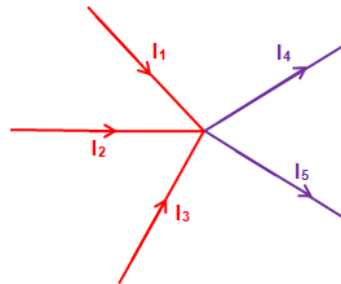
Suatu rangkaian diketahui arus yang mengalir pada percabangan pertama (I_1) = 3 Ampere dan percabangan ke dua (I_2) = 5 Ampere. Ditanya berapa besar arus total (I_t) yang mengalir dalam rangkaian tersebut. Dengan menggunakan persamaan 6.5 maka diperoleh

$$\begin{aligned} I_t &= 3 + 5 \\ &= 8 \text{ Ampere (A)} \end{aligned}$$

Jika hasil pengukuran hanya diketahui arus total (I_t) dan arus pada percabangan pertama (I_1), maka dengan menggunakan persamaan 6.6 dapat dihitung arus yang mengalir pada percabangan ke dua, yaitu:

$$\begin{aligned} I_2 &= 5 - 3 \\ &= 2 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk lebih memperjelas konsep dari hukum Kirchhoff I diilustrasikan seperti pada Gambar 6.7.



Gambar 6.7 Arus menuju titik percabangan sama dengan arus yang keluar dari percabangan tersebut

Berdasarkan pada Gambar 6.7 maka diperoleh formula persamaan adalah

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \dots \dots (6.7)$$

Contoh soal 6.5:

Perhatikan Gambar 6.7

diketahui:

$$I_1 = 3 \text{ A}$$

$$I_2 = 4 \text{ A}$$

$$I_3 = 7 \text{ A}$$

$$I_4 = 9 \text{ A}$$

Ditanya:

Hitunglah arus yang mengalir pada percabangan I_5 ?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 6.7 maka diperoleh

$$3 + 4 + 7 = I_4 + 9$$

$$14 = I_4 + 9$$

$$I_4 = 14 - 9$$

$$= 5 \text{ Ampere}$$

Dengan demikian besar arus yang mengalir pada percabangan I_4 adalah 5 Ampere.

6.3. Hukum Kirchhoff II

Hukum Kirchhoff II menjelaskan tentang jumlah tegangan dalam suatu rangkaian tertutup. Hukum Kirchhoff II sering disebut *Loop Rule* (hukum simpal). Hukum ini merupakan bukti dari adanya hukum konservasi energi. Karena kenyataannya beda potensial diantara dua titik percabangan pada suatu rangkaian dalam keadaan tunak adalah konstan. Jika suatu percabangan terdapat muatan pada sembarang titik dengan potensial (V), maka energi yang dimiliki oleh muatan tersebut adalah QV. Dimana Q adalah muatan dan V adalah beda potensial atau tegangan. Apabila muatan mulai bergerak melalui simpal tersebut, maka muatan yang dimiliki akan memperoleh tambahan energi atau kehilangan sebagian energinya saat melalui suatu hambatan baterai atau komponen (elemen) lainnya, tapi pada saat kembali ke titik awalnya, energi akan kembali menjadi QV.

Hukum Kirchhoff II digunakan untuk menganalisis beda potensial suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari komponen-komponen elektronika. Hukum ini menyatakan "*Jumlah tegangan (beda potensial) dalam suatu rangkaian tertutup adalah sama dengan nol*" atau "Dalam

suatu rangkaian tertutup (loop), jumlah aljabar dalam rangkaian dari gaya gerak listrik (GGL) dan besarnya penurunan tegangan sama dengan nol". Pengertian tersebut bila dijelaskan secara matematis, akan terbentuk formula:

$$\sum \varepsilon + \sum IR = 0 \dots \dots (6.8)$$

Dimana:

$\varepsilon = E$ = gaya gerak listrik (GGL), dalam satuan Volt

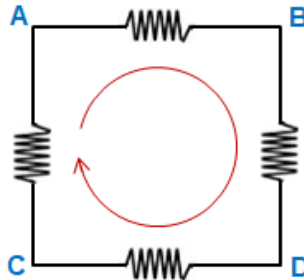
I = kuat arus, dalam satuan Ampere

R = besaran hambatan (tahanan), dalam satuan Ohm

Yang perlu diperhatikan dalam menganalisis suatu rangkaian menggunakan Hukum Kirchhoff II yaitu:

- ❖ Arah arus loop yang berfungsi untuk menentukan arah loop. Arah loop ini adalah dari GGL tinggi ke GGL rendah
- ❖ Apabila arus bertemu kutub positif dari sumber tegangan, maka GGL bernilai positif, dan sebaliknya apabila arus bertemu kutub negatif sumber tegangan, maka GGL bernilai negatif.

Contoh sederhana untuk menjelaskan tentang hukum Kirchhoff, misalnya suatu rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 6.7.



Gambar 6.8 Rangkaian sederhana

Berdasarkan rangkaian pada Gambar 6.8 maka dapat diformula persamaan sebagai berikut:

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA} = 0 \dots \dots (6.9)$$

Rangkuman

Hukum Ohm yang berbunyi “Besarnya arus listrik yang mengalir melalui penghantar atau konduktor berbanding lurus dengan tegangan atau beda potensial yang diterapkan kepadanya dan berbanding terbalik dengan tahanan/hambatannya” Secara matematis, formula persamaan yang merupakan parameter Hukum Ohm adalah

$$V = I \times R \dots \dots (6.10)$$

Bunyi Hukum Kirchhoff I adalah “Arus total yang masuk melalui suatu titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan tersebut” berdasarkan hukum Ohm sehingga dapat diformulasikan $\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}}$. Dengan demikian arus total yang mengalir pada suatu percabangan diperoleh dengan persamaan:

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots + I_n \dots \dots (6.11)$$

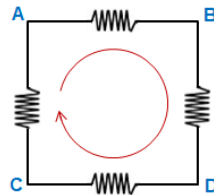
Hukum Kirchhoff II digunakan untuk menganalisis beda potensial suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari komponen-komponen elektronika. Hukum ini menyatakan “Besarnya beda potensial dalam suatu rangkaian tertutup adalah sama dengan “nol” dalam suatu rangkaian tertutup (*loop*), jumlah aljabar dalam rangkaian dari gaya gerak listrik (GGL) dan besarnya penurunan tegangan sama dengan nol”. Pengertian tersebut bila dijelaskan secara matematis, akan terbentuk formula:

$$\sum \varepsilon + \sum IR = 0 \dots \dots (6.12)$$

Soal-soal latihan

1. Kemukakan konsep tentang:
 - a. Hukum Ohm
 - b. Hukum Kirchhoff I
 - c. Hukum Kirchhoff II
2. Suatu rangkaian terpasang sebuah lampu memiliki hambatan 4 Ohm dihubungkan dengan sumber tegangan baterai sebesar 6 Volt. Gambarkan bentuk rangkaian tersebut dan berapa arus yang mengalir dalam rangkaian?

3. Hasil pengukuran pada sebuah rangkaian diperoleh 20 Ampere dan beda potensial antara kutub positif dan negatif adalah 220 Volt. Tentukan hambatan yang ada dalam rangkaian tersebut.
4. Pada suatu rangkaian terpasang sebuah alat ukur Amperemeter menunjukkan 6 Ampere, dan beban yang terpasang tertulis 2 Ohm. Hitunglah beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif.
5. Rangkaian terdiri dari 4 arah percabangan dimana arus percabangan 1 dan 2 menuju titik simpul dan mengalir arus sebesar 6 Ampere dan 10 Ampere. Sedangkan percabangan 3 dan 4 menuju keluar percabangan dan besar arus yang mengalir dalam percabangan ke 3 sebesar 5 Ampere. Tentukan besar arus yang mengalir pada percabangan 4.
6. Suatu rangkaian terdiri dari 6 buah percabangan. Percabangan 1, 2, 3, dan 4 arah arus menuju memasuki titik simpul rangkaian tersebut. Sedangkan percabangan 5 dan 6 meninggalkan titik simpul. Gambarlah arah arus pada percabangan-percabangan tersebut
7. Perhatikan Gambar berikut ini



Diketahui:

$$V_{AB} = 2 \text{ Volt}$$

$$V_{BC} = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{CA} = 1 \text{ Volt}$$

Tegangan total rangkaian $V_t = 12 \text{ Volt}$

Tentukan tegangan V_{DC}

BAB 7

RANGKAIAN TEGANGAN/ARUS SEARAH

7.1. Pendahuluan

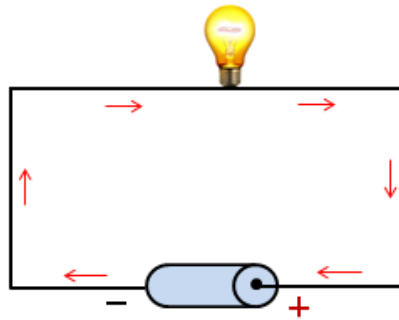
Rangkaian listrik dalam Bahasa Inggris disebut *electrical circuit*. Rangkaian Listrik merupakan suatu kumpulan komponen elektronika yang saling di hubungkan atau dirangkai dengan sumber tegangan sehingga menjadi satu kesatuan yang memiliki fungsi dan kegunaan tertentu. Rangkaian Listrik hanya terdapat arus listrik yang dapat mengalir jika rangkaian tersebut dalam keadaan tertutup (terhubung). Rangkaian listrik hanya memiliki dua terminal atau kutub pada kedua ujungnya.

Untuk memperjelas tentang rangkaian listrik tersebut, maka perlu dijelaskan secara detail. Rangkaian listrik yaitu cara (metode) atau jenis pemasangan untuk penyaluran arus listrik terhadap komponen-komponen atau peralatan listrik yang terhubung secara tertutup pada suatu rangkaian.

Pembahasan komponen yang terpasang dalam suatu rangkaian sebagai komponen aktif yaitu elemen yang dapat menghasilkan energi, contoh dari komponen ini adalah sumber tegangan arus searah.

Arus searah telah dijelaskan secara singkat pada bab sebelumnya. Arus searah dalam Bahasa Inggris disebut Direct Current (DC). Definisi arus searah adalah arus yang mengalir dengan arah yang tetap (konstan) atau polaritas tetap untuk masing-masing terminal, yaitu kutub positif menghasilkan polaritas positif sedangkan kutub negatif menghasilkan polaritas negatif.

Gambar 7.1 ilustrasi suatu rangkaian tentang mengalir arus searah secara konstan dan polaritas pada kutub positif dan negatif. Dalam rangkaian ini elemen baterey merupakan sumber arus dan lampu adalah beban yang memiliki hambatan.



Gambar 7.1 Arah arus DC

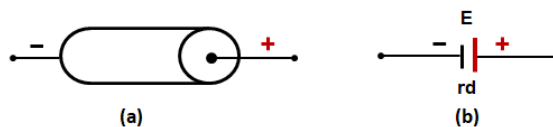
Suatu rangkaian tertutup seperti Gambar 7.1 arus mengalir dari potensial tinggi atau disebut kutub positif akan mengalir ke potensial rendah sering disebut kutub negatif. Sedangkan dalam sumber arusnya sendiri, arus akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif. Kemampuan mengalirkan arus yang merupakan muatan listrik disebut potensial listrik yang dikenal dengan istilah tegangan listrik (voltase).

Agar diperoleh tegangan dan arus listrik sesuai dengan kebutuhan pemberian daya terhadap peralatan listrik maka dirancang berbagai jenis hubungan sumber arus, yaitu rangkaian hubungan seri, paralel, dan campuran (gabungan seri dan paralel)

7.2. Rangkaian Sumber Tegangan Elemen Arus Searah

a. Rangkaian sumber tegangan elemen tunggal

Bab sebelumnya telah dijelaskan tentang elemen-elemen sumber arus searah. Misalnya elemen tersebut adalah baterai maka besar tegangan baterai disebut gaya gerak listrik (GGL). Selanjutnya akan diilustrasikan sumber tegangan dari elemen baterai seperti ditunjukkan pada Gambar 7.2.



Gambar 7.2 Elemen Bateray

Gambar 7.2(a) menunjukkan rangkaian tunggal sumber tegangan arus searah (baterey) dan 7.2(b) simbol dari sumber tegangan elemen arus searah sebuah baterey disertai dengan tahanan dalam.

Contoh soal 7.1

Perhatikan Gambar 7.2 misalnya sumber tegangan arus searah elemen baterey memiliki tegangan sebesar 1,5 Volt. Berapa besar beda potensial ke dua ujung baterey tersebut?

Diketahui

$$E = 1,5 \text{ Volt}$$

Ditanya:

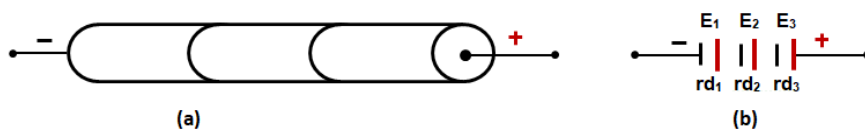
Berapa besar beda potensial baterey (V)?

Pembahasan:

Beda potensial baterey adalah 1,5 Volt.

b. Sumber tegangan elemen hubungan Seri

Apabila kutub negatif baterey dirangkai dengan menghubungkan kutub positif baterey satu dengan lainnya dan seterusnya maka *divais* ini disebut hubungan seri (deret). Tujuan sumber tegangan disusun atau dihubungkan seri yaitu untuk memperbesar sumber tegangan sesuai dengan kebutuhan untuk disupply pada komponen listrik yang terpasang pada suatu rangkaian. Gambar 7.3(a) menunjukkan sumber tegangan arus searah yang terdiri dari 3 buah elemen baterey tersusun atau dihubungkan seri. Gambar 7.3(b) sebagai simbol dari 3 buah elemen yang tersusun seri yaitu E_1 , E_2 , dan E_3 .



Gambar 7.3 Elemen baterey hubungan seri

Jika sejumlah elemen terhubung seri (deret) seperti pada Gambar 7.3 maka jumlah beda potensial (tegangan) dihitung menggunakan persamaan:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 \dots + E_n \dots \dots (7.1)$$

Keterangan:

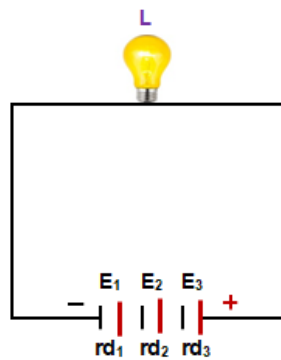
$E = \varepsilon = \text{GGL (baterey), satuan Volt}$

$E_t = \varepsilon_t = \text{GGL (tegangan) total, satuan Volt}$

$n = d = \text{banyaknya sumber tegangan baterey disusun seri}$

Berdasarkan persamaan 7.1 maka elemen yang terhubung seri akan memiliki besar tegangan yaitu jumlah tegangan keseluruhan elemen tersebut, misalnya masing-masing tiga buah elemen baterey memiliki besaran tegangan 1,5 volt. Maka jumlah total tegangan (E_t) pada rangkaian tersebut adalah $E_t = 1,5 + 1,5 + 1,5 = 4,5$ volt.

Jika ujung-ujung kutub positif dan negatif baterey yang tersusun seri dihubungkan dengan sebuah komponen listrik, misalnya lampu dan menjadi suatu rangkaian tertutup seperti Gambar 7.4 maka akan mengalir arus dalam rangkaian. Arus ini disebut arus yang berasal dari baterey.



Gambar 7.4 Lampu terhubung dengan 3 buah baterey

Apabila beberapa unsur atau sel baterey disusun seri (d), GGL setiap sel baterey diberi simbol ε (Volt), hambatan dalam baterey rd (Ohm) dihubungkan dengan sebuah lampu sebagai beban yang memiliki besaran tahanan (R_L) maka kuat arus baterey yang mengalir dalam rangkaian dihitung dengan persamaan:

$$I = \frac{d \times \varepsilon}{(d \times rd) + R_L} \dots \dots (7.2)$$

Dimana:

I = kuat arus dalam satuan Ampere

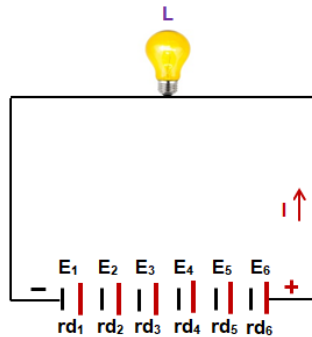
ε = GGL (gaya gerak listrik) dalam satuan Volt

d = banyak baterai terhubung seri

r_d = hambatan dalam baterai dalam satuan Ohm

Contoh soal 7.2:

Sebuah lampu memiliki tahanan sebesar 3 Ohm dihubungkan dengan enam buah sel baterai yang tersusun seri, masing-masing menghasilkan GGL 2 Volt dan tiap sel terdapat hambatan dalam 0,5 Ohm. Hitunglah besar GGL, hambatan dalam baterai dan kuat arus baterai yang mengalir dalam rangkaian tersebut.



Gambar 7.5 Enam buah baterai tersusun seri

Diketahui:

$\varepsilon = 2$ Volt

$r_d = 0,5$ Ohm

$d = 6$ buah baterai

$R_L = 3$ Ohm

Ditanya:

- Besar GGL pada rangkaian
- Hambatan total rangkaian
- Kuat arus yang mengalir pada rangkaian.

Pembahasan:

- a. Besar nilai GGL (E) pada rangkaian, adalah

$$\begin{aligned} E &= d \times \varepsilon \\ &= 6 \times 2 \\ &= 12 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- b. Hambatan total rangkaian

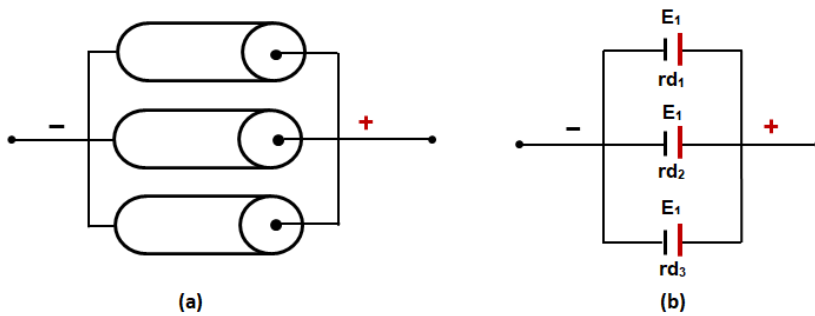
$$\begin{aligned} R_d &= d \times r_d \\ &= 6 \times 0,5 \\ &= 3 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- c. Kuat arus yang mengalir

$$\begin{aligned} I &= \frac{E}{r_d + R_L} \\ &= \frac{12}{3 + 3} \\ &= 2 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

c. Sumber tegangan baterey hubungan paralel

Hubungan paralel sumber arus sejajar yaitu beberapa sel sumber arus yang dihubungkan paralel kutub negatif dengan kutub negatif dan kutub positif dengan kutub positif. Tujuan dari sumber tegangan baterey disusun atau dihubungkan paralel yaitu agar sumber tegana lebih lama memberikan daya listriknya terhadap beban yang terpasang pada suatu rangkaian. Gambar 76(a) dideskripsikan tiga buah baterey sumber tegangan arus searah yang tersusun paralel (jajar). Sedangkan Gambar 7.6(b) simbol tiga buah baterey sumber tegangan arus searah. yang tersusun paralel.



Gambar 7.6 Elemen terhubung paralel

Bila elemen (baterey) terhubung paralel yang memiliki tegangan yang sama tiap elemen maka besaran tegangan pengganti (E_p) seperti pada Gambar 7.6 dihitung dengan persamaan:

$$E_t = E_1 = E_1 = E_1 = E_n \dots \dots (7.3)$$

Keterangan:

E_t = GGL (tegangan) total, satuan Volt

$E = \epsilon$ = GGL (baterey), satuan Volt

rd = hambatan dalam baterey, satuan Ohm

n = jumlah sumber tegangan/arus.

Hambatan dalam baterey dihitung dengan persamaan:

$$R_d = \frac{r_d}{j} \dots \dots (7.4)$$

Dimana:

R_d = hambatan baterey yang ada dakan rangkaian (Ohm)

r_d = hambatan dalam sel baterey (Ohm)

j = sel baterey tersusun paralel

Arus baterey dihitung dengan persamaan:

$$I = \frac{\epsilon}{(r_d/j) + R_L} \dots \dots (7.5)$$

Dimana:

I = kuat arus baterey dalam rangkaian (Volt)

ϵ = GGL sel baterey (Ohm)

r_d = hambatan dalam sel baterai (Ohm)

j = sel baterai tersusun paralel

R_L = hambatan lampu (Ohm)

Contoh soal 7.3:

Apabila 3 buah sel baterai terhubung paralel dan masing-masing sel memiliki tegangan 1,5 volt.

Diketahui:

Tegangan masing-masing sel baterai 1,5 Volt

Ditanya:

Berapa tegangan hubungan paralel sel baterai?

Pembahasan:

Untuk menghitung tegangan sel baterai terhubung paralel maka digunakan persamaan 7.6 sehingga diperoleh beda potensial atau tegangan sebesar 1,5 Volt.

Contoh soal 7.4:

Perhatikan Gambar 7.7 yaitu sebuah rangkaian terdiri dari empat buah elemen baterai terhubung seri dimana masing-masing memiliki GGL sebesar 1,5 Volt dan tahanan tiap sel 0,2 Ohm. Hitunglah kuat arus yang mengalir dalam rangkaian.

Diketahui:

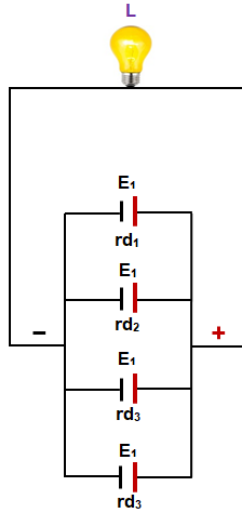
$\varepsilon = 1,5$ Volt

$R_d = 0,2$ Ohm

$R_t = 2,95$ Ohm

Ditanya:

Berapa kuat arus yang mengalir dalam rangkaian?



Gambar 7.7 Hubungan paralel empat buah sel baterey

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 7.5 sehingga diperoleh kuat arus yang mengalir dalam rangkaian adalah

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1,5}{(0,2/4) + 2,95} \\
 &= \frac{1,5}{0,05 + 2,95} \\
 &= 0,5 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

d. Sumber tegangan baterey hubungan campuran

Hubungan campuran adalah gabungan antara hubungan seri dan paralel, Seperti terlihat pada Gambar 5.8 dimana dua buah sel baterey masing-masing E_1 dan E_2 tersusun seri dan diparalel dengan dua buah sel baterey yang terdiri dari E_3 dan E_4 . Apabila besar tegangan masing-masing baterey adalah sama maka berdasarkan divais tersebut sehingga besar beda potensial ke dua ujung kutub positif dan negatif hubungan baterey tersebut dihitung dengan persamaan:

$$E = E_1 + E_2 = E_3 + E_4 \dots \dots (7.6)$$

Dimana:

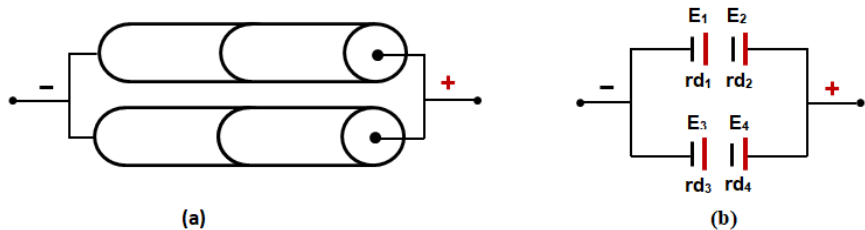
E = tegangan total antara kutub positif dan negatif (Volt)

E_1 = sel baterai pertama (Volt)

E_2 = sel baterai ke dua (Volt)

E_3 = sel baterai ke tiga (Volt)

E_4 = sel baterai ke empat (Volt).



Gambar 7.8 Rangkaian paralel sumber tegangan baterai

Contoh soal 7.5:

Berdasarkan Gambar 7.8 Jika masing-masing sel baterai memiliki besaran GGL 1,5 Volt. Berapa besar sumber tegangan antara kutub positif dan kutub negatif pada rangkaian tersebut?

Diketahui:

Masing-masing sel baterai sebesar 1,5 Volt.

Ditanya:

Berapa besar tegangan antara kutub positif dan kutub negatif?

Pembahasan:

Berdasarkan persamaan 7.6 maka diperoleh tegangan antara kutub positif dan kutub negatif pada rangkaian adalah

$$E = 1,5 + 1,5 \\ = 3 \text{ Volt}$$

Untuk memperoleh tegangan dan arus pada rangkaian campuran maka:

- ❖ Jumlah sel baterai seluruhnya adalah: $d \times j$
- ❖ GGL baterai adalah $E = d \times e$

❖ Hambatan dalam baterey adalah $R_d = d/j \times r_d$

Sehingga arus pada rangkaian campuran sel baterey dihitung dengan persamaan:

$$I = \frac{d \times \varepsilon}{\left(\frac{d}{j} \times r_d\right) + R_L} \dots \dots (7.7)$$

Dimana:

I = kuat arus yang mengalir dalam rangkaian (Ampere)

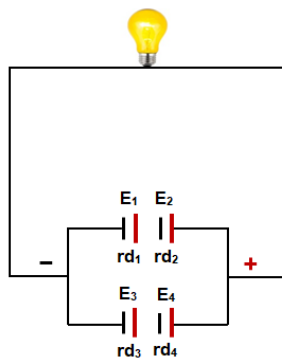
$d \times j$ = jumlah sel baterey seluruhnya

$\frac{d}{j} \times r_d = R_d$ = hambatan dalam baterey (Ohm)

R_L = hambatan beban lampu (Ohm)

Contoh soal 7.6:

Perhatikan Gambar 7.9 sebuah rangkaian yang terdiri dari empat buah sel baterey masing-masing memiliki GGL 1,5 Volt sebagai sumber tegangan terhadap satu buah komponen lampu. Ke empat sel baterey tersebut terbagi menjadi dua percabangan, dimana sel baterey E_1 dihubungkan seri dengan E_2 dirangkai menjadi satu percabangan dan sel baterey E_3 dihubungkan seri dengan E_4 dirangkai percabangan tersendiri lainnya. Tahanan dalam masing-masing baterey adalah 05 Ohm sedangkan tahanan beban lampu 2,5 Ohm. Tentukan berapa kuat arus?



Gambar 7.9 Rangkaian hubungan campuran baterey dengan beban lampu

Diketahui:

$$\varepsilon = 1,5 \text{ Volt}$$

$$R_d = 0,3 \text{ Ohm}$$

$$R_L = 2,8 \text{ Ohm}$$

$$d = 2$$

$$j = 3$$

Ditanya:

Kuat arus yang mengalir

Pembahasan:

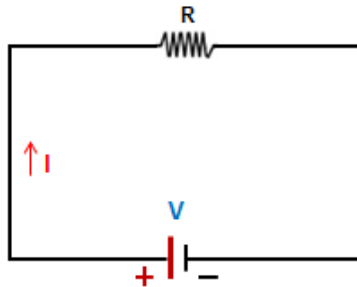
Dengan menggunakan persamaan 7.7 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} I &= \frac{2 \times 1,5}{\left(\frac{2}{3} \times 0,3 + 2,8\right)} \\ &= \frac{3}{3} \\ &= 1 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

7.3. Rangkaian Hambatan Resistor

a. Rangkaian hambatan resistor tunggal

Rangkaian listrik adalah semua komponen yang ada dalam rangkaian akan memperoleh tegangan/arus dari sumber listrik. Untuk sumber listrik arus searah pada umumnya diperoleh dari baterai atau aki (accu). Sebuah hambatan yang dihubungkan dengan sumber tegangan arus searah akan membentuk sebuah rangkaian. Apabila rangkaian tersebut dalam keadaan tertutup maka akan mengalir arus listrik seperti pada Gambar 5.10. Suatu rangkaian hanya terdapat satu buah beban atau resistor maka rangkaian ini disebut rangkaian tunggal.



Gambar 7.10 Rangkaian resistor tunggal dan sumber tegangan

Pada sumber listrik tersebut terdapat beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif sehingga akan mengalir arus. Nilai tegangan jepit pada rangkaian tergantung besaran nilai bebannya.

Contoh soal 7.7:

Suatu rangkaian terpasang hambatan 0,5 Ohm dan hasil pengukuran diperoleh kuat arus yang mengalir dalam rangkaian sebesar 3 Ampere. Hitung tegangan antara ujung kutub positif dan negatif.

Diketahui:

$$R = 0,5 \text{ Ohm}$$

$$I = 3 \text{ Ohm}$$

Ditanya:

Berapa besar tegangan antara kutub positif dan negatif pada rangkaian?

Pembahasan:

Berdasarkan Hukum Ohm maka diperoleh tegangan:

$$V = 0,5 \times 3$$

$$= 1,5 \text{ Volt}$$

b. Rangkaian hambatan resistor hubungan seri

Dua hambatan atau lebih yang disusun secara berurutan disebut hambatan seri seperti Gambar berikut ini.



Gambar 7.11 Hambatan hubungan seri

Rangkaian hambatan seri dapat diganti dengan sebuah hambatan yang disebut tahanan/hambatan pengganti (R_p). Tahanan pengganti ini dihitung dengan persamaan:

$$R_p = R_1 + R_2 + \dots + R_n \dots \dots (7.8)$$

Dimana:

R_p = tahanan/hambatan pengganti (Ω)

R_1 = tahanan/hambatan (Ω)

R_2 = tahanan/hambatan (Ω)

R_n = tahanan/hambatan ke n (Ω)

Contoh soal 7.8:

Jika suatu rangkaian terdapat 2 buah hambatan yang dihubungkan seri dengan nilai masing-masing hambatan yaitu $R_1 = 2 \Omega$ dan $R_2 = 3 \Omega$.

Diketahui:

$$R_1 = 2 \Omega$$

$$R_2 = 3 \Omega$$

Ditanya:

Berapa besar hambatan pengganti (R_p)?

Pembahasan:

Dengan menggunakan rumus 7.8 maka diperoleh tahanan pengganti (R_p) adalah

$$\begin{aligned} R_p &= 2 + 3 \\ &= 5 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Hambatan yang disusun seri bentuknya tidak bercabang seperti Gambar 7.11. Kuat arus yang mengalir di setiap titik besarnya sama. Tujuan rangkaian hambatan seri yaitu untuk memperbesar nilai hambatan listrik dan membagi beda potensial dari sumber tegangan. Rangkaian hambatan seri dapat diganti dengan sebuah hambatan yang disebut

hambatan pengganti seri (R_s). Kelebihan menggunakan rangkaian seri diantaranya adalah menghemat biaya karena hanya menggunakan sedikit kabel. Kelemahannya yaitu apabila salah satu lampu tidak berfungsi atau rusak maka komponen yang lain tidak berfungsi.

Berdasarkan hukum Ohm: $V = IR$, maka pada hambatan R_1 terdapat tegangan sebesar:

$$V_1 = I R_1 \dots \dots (7.9)$$

dan pada hambatan R_2 terdapat tegangan sebesar:

$$V_2 = I R_2 \dots \dots (7.10)$$

Dimana:

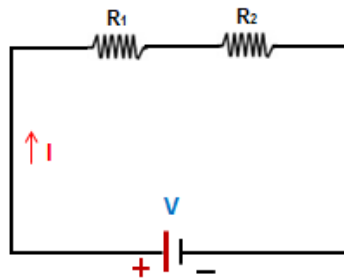
R_1 = hambatan ke-1

R_2 = hambatan ke-2

V_1 = tegangan pada hambatan R_1

V_2 = tegangan pada hambatan R_2

I = kuat arus yang mengalir pada rangkaian



Gambar 7.12 Resistor hubungan seri dengan sumber tegangan

Contoh soal 7.9:

Arus yang mengalir pada suatu rangkaian sebesar 6 Ampere melewati 2 buah resistor yang memiliki tahanan $R_1 = 2$ Ohm dan $R_2 = 3$ Ohm. Berapa besar tegangan pada kedua hambatan tersebut?

Diketahui:

$I = 6$ Amp

$R_1 = 2$ Ohm

$$R_2 = 3 \text{ Ohm}$$

Ditanya:

Berapa besar tegangan rangkaian?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 7.9 maka tegangan pada R_1 adalah:

$$\begin{aligned} V_1 &= 6 \times 2 \\ &= 12 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 7.10 maka diperoleh tegangan pada R_2 adalah

$$\begin{aligned} V_2 &= 6 \times 3 \\ &= 18 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Karena arus listrik mengalir melalui hambatan R_1 dan R_2 , maka tegangan total dihitung menggunakan persamaan:

$$V_{AC} = IR_1 + IR_2 \dots \dots (7.11)$$

Sehingga diperoleh tegangan total pada rangkaian adalah

$$\begin{aligned} V_{AC} &= 12 + 18 \\ &= 30 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Karena V_{AC} merupakan tegangan total dan kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian seperti pada Gambar (rangkaiian tak bercabang) di setiap titik sama maka hambatan total R_t dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_t = R_1 + R_2 \dots \dots (7.12)$$

Dimana R_t = hambatan total

Dengan menggunakan persamaan 7.12 maka diperoleh hambatan total adalah

$$\begin{aligned} R_t &= 2 + 3 \\ &= 5 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

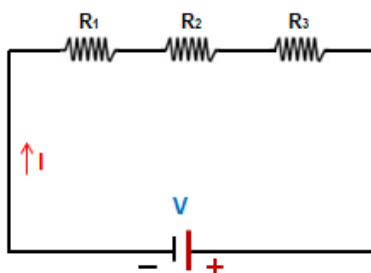
Rangkaian seperti di atas disebut rangkaian seri. Selanjutnya, R_t dapat ditulis R_s (tahanan seri) sehingga diperoleh persamaan

$$R_t = R_1 + R_1 + \dots + R_n \dots \dots (7.13)$$

Dimana n = jumlah hambatan.

Berdasarkan penjelasan tersebut sehingga disimpulkan bahwa bila beberapa buah hambatan dirangkai secara seri, maka nilai hambatannya bertambah besar, sehingga kuat arus yang mengalir pada rangkaian makin kecil. Hal inilah yang menyebabkan nyala lampu menjadi redup atau kurang terang jika dirangkai secara seri. Dengan demikian semakin banyak lampu yang dirangkai secara seri, lampunya kurang terang. Kemudian bila salah satu lampu mati atau putus, maka lampu yang lain padam karena tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian tersebut.

Untuk menghitung besaran nilai tegangan dan arus listrik perlu menggunakan hukum Ohm secara bersama-sama dengan Hukum Kirchhoff. Pada Gambar 7.13.



Gambar 7.13 Rangkaian hambatan terhubung seri

Berdasarkan hukum Ohm, bahwa tegangan masing-masing tahanan, adalah:

Pada R₁, yaitu $V_{R1} = I_{R1}$

Pada R₂, yaitu $V_{R2} = I_{R2}$

Pada R₃, yaitu $V_{R3} = I_{R3}$

Menurut Hukum Kirchhoff II tentang tegangan yaitu jumlah tegangan dalam rangkaian tertutup sama dengan nol. Berdasarkan Gambar 7.13 maka formula tegangan adalah

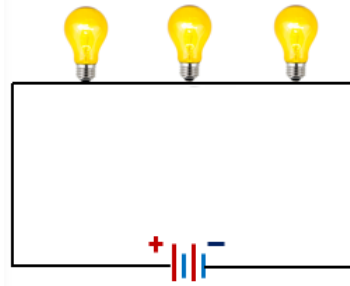
$$-V + IR_1 + IR_2 + IR_3 = 0$$

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 = V$$

$$I(R_1 + R_2 + R_3) = V$$

Sehingga untuk menghitung arus yang mengalir pada rangkaian terhubung seri diperoleh persamaan:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} \dots \dots (7.14)$$



Gambar 7.14 Tiga buah lampu tersusun seri dihubungkan dengan baterey sumber listrik arus searah

Contoh Soal 7.10:

Suatu rangkaian terdiri dari 2 buah tahanan terhubung seri, masing-masing memiliki besaran tahanan $R_1 = 4$ Ohm dan $R_2 = 6$ Ohn terhubung dengan baterey memiliki tegangan sebesar 24 volt. Ditanya berapa besar arus yang mengalir pada percabangan R_1 , R_2 , tahanan pengganti (R_p), dan berapa besar total arus yang mengalir pada rangkaian tersebut?

Diketahui:

$$R_1 = 4 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ohm}$$

Ditanya:

- Tahanan pengganti
- kuat arus

Pembahasan:

- Tahanan pengganti adalah

$$R_p = 4 + 6$$

$$= 10 \text{ Ohm}$$

- Kuat arus yang mengalir dalam rangkaian adalah

$$I = \frac{24}{10}$$

$$= 2,4 \text{ Ampere}$$

Contoh Soal 7.11:

Empat buah tahanan terhubung seri pada suatu rangkaian besaran masing-masing tahanan adalah $R_1 = 2 \text{ Ohm}$, $R_2 = 3 \text{ Ohm}$ dan $R_3 = 0,6$, $R_4 = 1 \text{ Ohm}$ sedangkan arus yang mengalir sebesar 12 Ampere. Berapa besar tahanan pengganti dan tegangan sumber?

Diketahui:

$$R_1 = 2 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 3 \text{ Ohm}$$

$$R_3 = 0,6 \text{ Ohm}$$

$$R_4 = 4 \text{ Ohm}$$

$$I = 12 \text{ Ampere}$$

Ditanya:

- a. Tahanan pengganti
- b. Tegangan sumber

Pembahasan:

- a. Tahanan pengganti adalah

$$R_p = 0,2 + 0,4 + 0,6 + 0,4$$

$$= 1,6 \text{ Ohm}$$

- b. Tegangan sumber adalah

$$V = 1,6 \times 12$$

$$= 19,2 \text{ Volt}$$

Contoh Soal 7.12:

Arus yang mengalir pada suatu rangkaian seri yang terdiri dari 2 buah tahanan, dimana $R_1 = 4 \text{ Ohm}$ dan tahanan pengganti (R_p) = 10 Ohm. Sedangkan tegangan sumber $V = 6 \text{ volt}$. Ditanya berapa besar tahanan R_2 dan arus yang mengalir pada rangkaian tersebut?

Diketahui:

$$R_1 = 4 \text{ Ohm}$$

$$R_p = 10 \text{ Ohm}$$

Ditanya:

a. $R_2 = ?$

b. Kuat arus yang mengalir

Pembahasan:

hambatan R_2 adalah

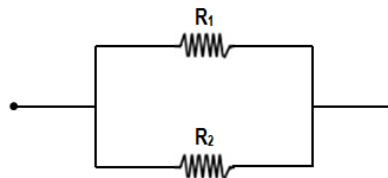
$$\begin{aligned} R_2 &= R_p - R_1 \\ &= 10 - 4 \\ &= 6 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Maka arus yang mengalir adalah

$$\begin{aligned} I &= \frac{6}{6} \\ &= 1 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

c. Rangkaian hubungan paralel

Dua buah hambatan atau lebih yang disusun secara berdampingan disebut hambatan paralel. Hambatan yang disusun paralel akan membentuk rangkaian bercabang dan memiliki lebih dari satu jalur arus listrik. Susunan hambatan paralel dapat diganti dengan sebuah hambatan yang disebut hambatan pengganti paralel (R_p).



Gambar 7.15 Hambatan hubungan paralel

Untuk menghitung hambatan pengganti yang terdiri dari dua tahanan yang terhubung paralel digunakan persamaan:

$$R_p = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \dots \dots (7.15)$$

Secara umum, hambatan pengganti yang terdiri dari dua atau lebih tahanan yang tersusun paralel dapat dihitung dengan persamaan:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots + \frac{1}{R_n} \dots \dots (7.16)$$

Dimana:

R_p = hambatan pengganti (Ω)

R_1 = hambatan ke 1 (Ω)

R_2 = hambatan ke 2 (Ω)

R_3 = hambatan ke 2 (Ω)

R_n = hambatan ke n (Ω)

Contoh soal 7.13:

Dua buah hambatan rangkai secara paralel dengan masing-masing mempunyai nilai sebagai berikut, yaitu $R_1 = 2 \Omega$ dan $R_2 = 6 \Omega$. Tentukan hambatan pengngnatinya.

Diketahui:

$R_1 = 2 \Omega$

$R_2 = 6 \Omega$

Ditanya:

R_p ?

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 7.15 diperoleh

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{2 \times 6}{2 + 6} \\ &= \frac{12}{8} \\ &= 1,5 \Omega \end{aligned}$$

Jika menggunakan persamaan 7.16 diperoleh

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}$$

Samakan penyebut

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \\ &= \frac{2}{6} + \frac{1}{6} \end{aligned}$$

$$= \frac{2 + 6}{6}$$

$$R_p = \frac{8}{6} = 1,5 \Omega$$

Perhitungan menggunakan ke dua metode tersebut hasilnya sama.

Contoh soal 7.14:

Tiga buah hambatan tersusun seri seperti Gambar 7.16 dimana masing-masing hambatan adalah $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 60 \Omega$, dan $R_3 = 30 \Omega$. Tentukan hambatan pengganti.

Diketahui:

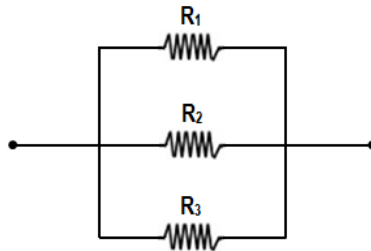
$$R_1 = 20 \Omega$$

$$R_2 = 60 \Omega$$

$$R_3 = 30 \Omega$$

Ditanya:

Tentukan nilai hambatan pengganti (R_p)?



Gambar 7.16 Tiga buah hambatan hubungan paralel

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 7.16 maka diperoleh:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{20} + \frac{1}{60} + \frac{1}{30}$$

Samakan penyebut dengan ketentuan masing-masing pembilang dapat dibagi dengan penyebut yang menghasilkan angka bulat, yaitu $60 : 20 = 3$ selanjutnya $60 : 60 = 1$ dan $60 : 30 = 2$ sehingga menjadi:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{3}{60} + \frac{1}{60} + \frac{2}{60}$$

$$= \frac{6}{60}$$

Maka diperoleh hambatan pengganti (R_p) adalah

$$R_p = \frac{60}{6}$$

$$= 10 \Omega$$

Contoh soal 7.14:

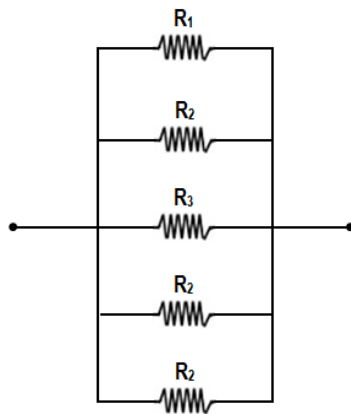
Suatu rangkaian terdiri 5 buah komponen resistor yang dihubungkan paralel seperti pada Gambar 7.17 dan masing-masing memiliki nilai hambatan 10Ω . Tentukan hambatan penggantinya.

Diketahui:

Lima buah komponen masing-masing memiliki nilai hambatan 10 Ohm .

Ditanya:

$R_p \dots ?$



Gambar 7.17 Lima buah hambatan dihubung paralel

Pembahasan:

Dengan menggunakan persamaan 7.16 sehingga diperoleh:

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

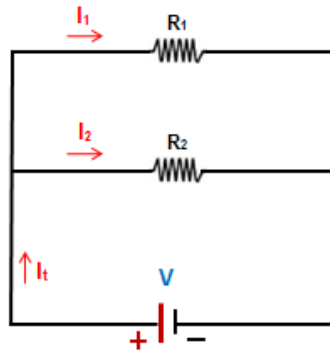
Karena semua penyebut sama dan jika dibagi dengan pembilang akan menghasilkan angka bulat sehingga menjadi

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_p} &= \frac{1 + 1 + 1 + 1 + 1}{10} \\ &= \frac{5}{10} \end{aligned}$$

Tahanan pengganti diperoleh:

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{10}{5} \\ &= 2 \Omega \end{aligned}$$

Jika suatu rangkaian yang terdiri dari dua buah hambatan yang terhubung paralel dan memperoleh tegangan dari sumber akan diperoleh Gambar berikut ini.



Gambar 7.18 Rangkaian terdiri dari 2 buah tahanan terhubung paralel

Berdasarkan hukum Ohm maka akan diperoleh persamaan berikut ini.

$$\frac{V}{R_t} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_1} \dots \dots (7.17)$$

Sedangkan untuk menghitung arus total (I_t) adalah

$$I_t = \frac{V_{AB}}{R_t} \dots \dots (7.18)$$

Dimana:

I_t = arus total yang mengalir (Ampere)

R_t = hambatan total (Ohm)

Arus yang mengalir pada percabangan R_1 dihitung menggunakan persamaan

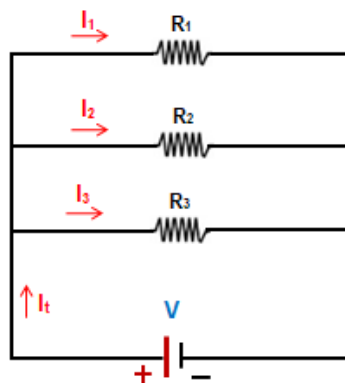
$$I_1 = \frac{V}{R_1} \dots \dots (7.19)$$

Besaran arus yang mengalir pada percabangan R_2 dihitung dengan persamaan

$$I_2 = \frac{V}{R_2} \dots \dots (7.20)$$

Rangkaian yang menghasilkan persamaan seperti di atas disebut rangkaian paralel. Oleh karena itu, selanjutnya R_t ditulis R_p (tahanan pengganti). Dengan demikian, diperoleh persamaan

Berdasarkan persamaan 7.17, dapat disimpulkan bahwa dalam rangkaian paralel, nilai hambatan pengganti (R_p) lebih kecil dari pada nilai masing-masing hambatan penyusunnya (R_1 dan R_2). Oleh karena itu, beberapa lampu yang disusun secara paralel sama terangnya dengan lampu pada intensitas normal (tidak mengalami penurunan). Jika salah satu lampu mati (putus), lampu yang lain tetap menyala.



Gambar 7.19 Tiga buah hambatan terhubung paralel dan memperoleh tegangan dari sumber baterai

Tiga buah lampu masing-masing hambatannya R_1 , R_2 , dan R_3 disusun seri dihubungkan dengan baterai yang memiliki tegangan V menyebabkan arus listrik (I) mengalir.

Rangkaian hambatan paralel berfungsi untuk membagi arus listrik. Tiga buah resistor masing masing hambatannya R_1 , R_2 , dan R_3 disusun paralel dihubungkan dengan sumber tegangan baterai (V) seperti Gambar 7.19 akan menyebabkan arus listrik mengalir. Besar kuat arus total (I_t) sama dengan arus yang mengalir pada masing-masing lampu yang hambatan R_1 , R_2 , dan R_3 sebagaimana yang dikemukakan hukum Kirchoff I. Kuat arus ini dapat dihitung berdasarkan Hukum Ohm dengan persamaan:

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots (7.21)$$

Arus yang mengalir pada percabangan dihitung dengan formula secara umum sebagai berikut:

$$I_i = \frac{V}{R_i} \dots \dots (7.22)$$

Dimana:

V = tegangan atau beda potensial (Volt)

I_i = arus yang mengalir pada percabangan (Ampere)

R_p = hambatan pengganti

Contoh Soal 7.15:

Sebuah rangkaian terdiri dari 2 buah tahanan dengan nilai $R_1 = 4$ Ohm dan $R_2 = 6$ Ohm terhubung dengan sumber tegangan baterai sebesar 12 Volt. Ditanya berapa besar arus total yang mengalir pada rangkaian tersebut?

Diketahui:

$R_1 = 2$ Ohm

$R_2 = 6$ Ohm

$V = 12$ Volt

Ditanya:

Berapa kuat arus yang mengalir pada percabangan I_2 ?

Pembahasan:

Langkah pertama yang harus diselesaikan adalah menghitung arus yang mengalir setiap percabangan, yaitu

Percabangan I_1 :

$$I_1 = \frac{12}{4}$$

$$= 3 \text{ Ampere}$$

Percabangan I_2 :

$$I_2 = \frac{12}{6}$$

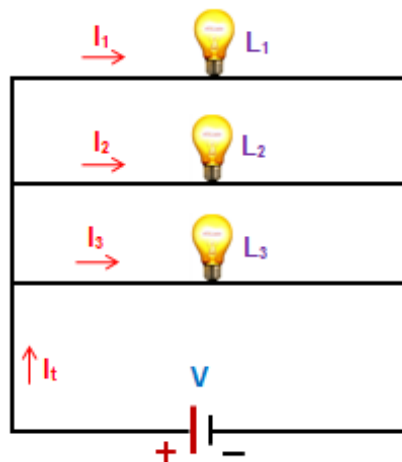
$$= 2 \text{ Ampere}$$

Dengan menggunakan hukum Kirchoff I maka diperoleh arus total, adalah:

$$I_t = 3 + 2 = 5 \text{ Ampere}$$

Apabila suatu rangkaian terdiri dari 3 buah tahanan maka arus pada percabangan ketiga dihitung dengan persamaan:

$$I_3 = \frac{V}{R_3} \dots \dots (7.23)$$



Gambar 7.20 Rangkaian paralel terdiri dari 3 buah lampu

Ujung-ujung hambatan lampu (L_1) R_1 , (L_2) R_2 , (L_3) R_3 dihubungkan dengan sumber baterai, dan arus yang mengalir masing-masing percabangan bertemu pada satu titik sebagaimana dijelaskan oleh hukum Kirchhoff I.

Berdasarkan hukum Ohm, tegangan atau beda potensial yaitu antara ujung kutub positif dan ujung kutub negatif. Beda potensial (tegangan) pada rangkaian paralel seperti Gambar 7.20 dihitung dengan persamaan:

$$V = I_t R_p \dots \dots (7.24)$$

Dimana:

V = tegangan atau beda potensial (volt)

I_t = arus total (Ampere)

R_t = tahanan pengganti (Ohm)

Contoh soal 7.16:

Suatu rangkaian terdiri dari 3 buah tahanan terhubung paralel, masing-masing memiliki besaran tahanan $R_1 = 3$ Ohm, $R_2 = 8$ Ohm dan $R_3 = 6$ Ohm terhubung dengan baterai bertegangan 12 volt. Ditanya berapa besar arus yang mengalir pada percabangan R_1 , R_2 , tahanan pengganti, dan berapa besar total arus yang mengalir pada rangkaian tersebut?

Diketahui:

$$R_1 = 3 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 8 \text{ Ohm}$$

$$R_3 = 6 \text{ Ohm}$$

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

Ditanya:

Berapa besar arus yang mengalir setiap percabangan dan arus total pada rangkaian?

Pembahasan:

Arus listrik yang mengalir pada percabangan pertama:

$$I_1 = \frac{12}{3}$$

$$= 4 \text{ Ampere}$$

Arus listrik yang mengalir pada percabangan ke dua:

$$I_2 = \frac{12}{8}$$

$$= 1,5 \text{ Ampere}$$

$$I_2 = \frac{12}{6}$$

$$= 2 \text{ Ampere}$$

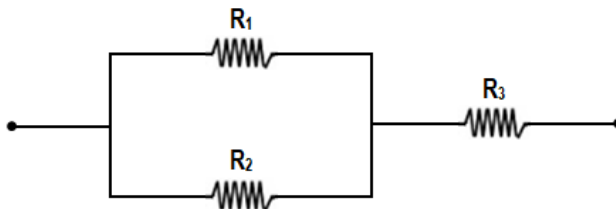
Berdasarkan hukum Kirchhoff I maka diperoleh arus total yang mengalir dalam rangkaian, adalah

$$I_t = 4 + 1,5 + 2$$

$$= 7,5 \text{ Ampere}$$

d. Rangkaian hubungan campuran (seri – paralel)

Rangkaian seri-paralel atau disebut campuran dan ada juga yang mengatakan gabungan. Rangkaian ini banyak ditemukan dalam piranti elektronika atau peralatan elektronika dan juga bentuknya relatif kompleks. Rangkaian campuran adalah suatu rangkaian yang terdiri dari tiga atau lebih komponen tahanan yang dirangkai secara seri, misalnya dua komponen disusun paralel dan dihubungkan dengan satu komponen. Gambar 7.21 merupakan suatu rangkaian campuran sederhana dimana komponen R_1 diparalelkan dengan R_2 kemudian kedua komponen tersebut dihubungkan seri dengan R_3 .



Gambar 7.21 Hubungan campuran sederhana

Untuk memperoleh nilai tahanan pengganti pada rangkaian tersebut, terlebih dahulu yang harus dihitung adalah tahanan pengganti dari R_1 dan R_2 yang tersusun paralel kemudian hasil perhitungan tersebut dihitung secara seri dengan R_3 .

Contoh 7.17:

Misalnya rangkaian seperti Gambar 7.21 komponen $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 15$, dan $R_3 = 14 \Omega$. Tentukan nilai hambatan pengganti?

Diketahui:

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 15$$

$$R_3 = 14 \Omega.$$

Ditanya:

Hambatan pengganti (R_p)?

Pembahasan:

Pertama-tama yang harus diselesaikan adalah tahanan pengganti hubungan paralel R_1 dan R_2 yang diberi simbol R_{1-2} yaitu:

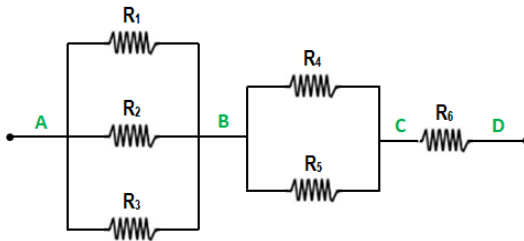
$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{12}} &= \frac{1}{10} + \frac{1}{15} \\ &= \frac{3}{30} + \frac{2}{30} \\ &= \frac{5}{30} \\ &= 6 \Omega \end{aligned}$$

Hambatan pengganti rangkaian adalah

$$\begin{aligned} R_p &= R_{1-2} + R_3 \\ &= 6 + 14 \\ &= 20 \Omega \end{aligned}$$

Contoh soal 7.18:

Perhatikan Gambar 7.22



Gambar 7.22 Hubungan campuran relatif 6 buah hambatan

Diketahui

Komponen-komponen sebagai berikut:

$$R_1 = 15 \Omega$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$R_3 = 10 \Omega$$

$$R_4 = 40 \Omega$$

$$R_5 = 60 \Omega$$

$$R_6 = 21 \Omega$$

Ditanya:

- Hambatan pengganti titik A-B (R_{AB})
- Hambatan pengganti titik B-C (R_{B-C})
- Hambatan pengganti titik A-C (R_{AC})
- Hambatan pengganti titik A-D (R_{AD})

Pembahasan:

- a) Hambatan pengganti titik A-B (R_{AB})

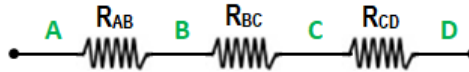
$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{AB}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ &= \frac{1}{15} + \frac{1}{30} + \frac{1}{10} \\ &= \frac{2}{30} + \frac{1}{30} + \frac{3}{30} \\ &= \frac{6}{30} \\ R_{AB} &= \frac{30}{6} \\ &= 5 \Omega\end{aligned}$$

- b) Hambatan pengganti titik B-C (R_{BC})

$$\begin{aligned}R_{BC} &= \frac{40 \times 60}{40 + 60} \\ &= \frac{2400}{100} \\ &= 24 \Omega\end{aligned}$$

- c) Hambatan pengganti titik A-D (R_{AD})

Setelah tahanan pengganti R_{AB} dan R_{BC} diketahui, maka bentuk rangkaian menjadi hubungan seri seperti Gambar ... Model Gambar ini terdiri dari tiga buah komponen yang terhubung seri, yaitu R_{AB} , R_{BC} dan R_{CD} .



Gambar 7.23 Rangkaian yang disederhanakan

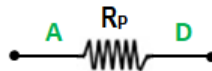
Sehingga tahanan pengganti titik A-D (R_{AD}) adalah

$$R_{AD} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD}$$

Sehingga diperoleh nilai tahanan pengganti rangkaian adalah

$$\begin{aligned} R_{AD} &= 5 + 24 + 21 \\ &= 50 \Omega \end{aligned}$$

Dengan demikian diperoleh rangkaian pengganti seperti diilustrasikan Gambar 7.24



Gambar 7.24 Rangkaian pengganti antara titik A-D

Contoh soal 7.19:

Suatu rangkaian terdapat komponen lampu yang memiliki hambatan sebesar 0,6 Ohm. Dalam rangkaian diberi sumber tegangan listrik oleh baterai yang tersusun seri sebanyak 4 buah, masing-masing bertegangan 1,5 volt. Berapa besar arus yang mengalir?

Diketahui:

R = Hambatan lampu sebesar 0,6 Ohm

Dua buah baterai tersusun seri, masing-masing 1,5 volt.

Ditanya:

Besar sumber tegangan pada rangkaian

Arus yang mengalir

Pembahasan:

- a. Sumber tegangan 2 buah baterey tersusun seri adalah

$$1,5 + 1,5 = 3 \text{ volt}$$

- b. Arus yang mengalir adalah

$$I = \frac{3}{0,6}$$

$$= 5 \text{ Ampere}$$

Contoh soal 7.20:

Suatu rangkaian hubungan campuran terdiri dari 4 tahanan pada dua percabangan. Pada percabangan AB terdapat tahanan $R_1 = 2 \text{ Ohm}$ terhubung seri dengan $R_2 = 3 \text{ Ohm}$. Pada percabangan CD terpasang $R_3 = 4 \text{ Ohm}$ terhubung seri dengan $R_4 = 6 \text{ ohm}$. Sumber tegangan terdiri dari 4 buah elemen baterey tersusun seri dengan besaran $R_1 = 1,5 \text{ Ohm}$, $R_2 = 3 \text{ Ohm}$, $R_3 = 1,5 \text{ Ohm}$, dan $R_4 = 3 \text{ Volt}$. Ditanya berapa besar tahanan pada rangkaian AB, CD, tahanan pengganti, sumber tegangan total, arus yang mengalir pada percabangan AB dan CD, dan arus total yang mengalir pada rangkaian.

Diketahui:

$$R_1 = 2 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 3 \text{ Ohm}$$

$$R_3 = 4 \text{ Ohm}$$

$$R_4 = 6 \text{ Ohm}$$

$$E_1 = 1,5 \text{ Volt}$$

$$E_2 = 3 \text{ Volt}$$

$$E_3 = 1,5 \text{ Volt}$$

$$E_4 = 3 \text{ Volt}$$

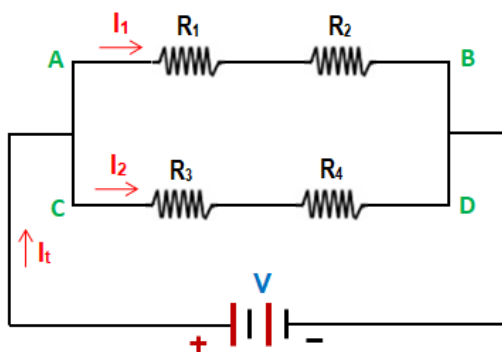
Ditanya:

- Buatlah bentuk rangkaian dan letakan alat ukur ampere-meter dan volt-meter pada rangkaian tersebut dan arah panah arus yang mengalir.
- Berapa besar tahanan pada percabangan AB?
- Berapa besar tahanan pada percabangan CD?
- Berapa besar tahanan pengganti pada rangkaian tersebut?
- Berapa besar sumber tegangan rangkaian (E_T)?

- f. Berapa besar arus yang mengalir pada percabangan AB (I_1)?
- g. Berapa besar arus yang mengalir pada percabangan CD (I_2)? Dan
- h. Berapa besar arus total (I_t) yang mengalir pada rangkaian?

Pembahasan:

- a. Bentuk rangkaian seperti Gambar 7.25



Gambar 7.25 Empat buah hambatan dihubung campuran

- b. Hambatan pada percabangan AB

$$\begin{aligned}
 R_{AB} &= R_{1,2} \\
 &= 2 + 3 \\
 &= 5 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

- c. Hambatan pada percabangan CD

$$\begin{aligned}
 R_{CD} &= R_{3,4} \\
 &= 4 + 6 \\
 &= 10 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

- d. Hambatan pengganti rangkaian

$$\begin{aligned}
 R_p &= \frac{R_{1,2} \times R_{3,4}}{R_{1,2} + R_{3,4}} \\
 &= \frac{5 \times 10}{5 + 10} \\
 &= \frac{50}{15} = 3,3 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

e. Besar sumber tegangan pada rangkaian (E_t)

$$\begin{aligned} E_t &= 1,5 + 3 + 1,5 + 3 \\ &= 9 \text{ Volt} \end{aligned}$$

f. Arus pada percabangan AB (I_1)

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{9}{5} \\ &= 1,8 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

g. Arus pada percabangan CD

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{9}{10} \\ &= 0,9 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

h. Arus total yang mengalir pada rangkaian, adalah

$$\begin{aligned} I_t &= 1,8 + 0,9 \\ &= 2,7 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

7.4. Praktikum

a. Tujuan

Kegiatan ini bertujuan untuk menguji fenomena atau peristiwa beberapa komponen listrik yang dirangkai seri dan paralel. Praktikum ini dalam rangka untuk menguji kebenaran teorema hukum Ohm dan Kirchhoff I & II sekaligus membanding rangkaian listrik yang terhubung seri dan paralel.

b. Landasan Teori

1) Rangkaian seri

Rangkaian seri adalah suatu rangkaian yang terdiri dari beberapa komponen hambatan listrik yang dihubungkan secara seri. Dikatakan hambatan karena komponen-komponen ini dapat menghambat aliran elektron yang mengalir dalam rangkaian. Pengertian beban misalnya beberapa lampu yang terhubung seri, misalnya lampu hias pada pohon natal.

Karakteristik rangkaian terhubung seri, yaitu

- Pada masing-masing beban mengalir arus yang sama besar

- Tegangan sumber rangkaian akan terbagi dengan banyaknya jumlah tahanan yang terpasang. Dalam hal ini total tegangan pada rangkaian yang terhubung seri sama dengan besar tegangan sumber, sehingga apabila terjadi penurunan tegangan pada sumber tegangan, misalnya elemen baterai sebagai sumber tegangan menurun (melemah) maka tegangan pada tahanan yang tersusun seri akan menurun. Dengan demikian berlaku teorema Kirchhoff II tentang tegangan, yaitu jumlah tegangan sumber sama dengan jumlah tegangan pada hambatan, maka berlaku persamaan:

$$\sum V = \sum I \cdot R$$

Berdasarkan persamaan ini maka diperoleh turunannya yaitu tegangan total sama dengan tegangan pada tahanan pertama ditambah dengan tahanan ke dua ditambah dengan tahanan selanjutnya atau ditulis dengan huruf n. Apabila penjelasan ini diformulasikan dalam bentuk persamaan pada rangkaian terhubung seri, maka akan dirumuskan:

Untuk tegangan pada rangkaian terhubung seri:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n.$$

Dimana:

V_{total} adalah tegangan total pada rangkaian terhubung seri

V_1 adalah tegangan pada percabangan pertama

V_2 adalah tegangan pada percabangan ke dua

V_n adalah tegangan pada percabangan ke n atau berikutnya.

Untuk arus pada rangkaian terhubung seri adalah

$$I_{total} = I_1 = I_2 + \dots + I_n.$$

Dimana:

I_{total} adalah arus total yang mengalir pada rangkaian terhubung seri

I_1 adalah arus yang mengalir pada percabangan pertama

I_2 adalah arus yang mengalir pada percabangan ke dua

I_n adalah arus yang mengalir pada percabangan ke n atau berikutnya.

Untuk hambatan pada rangkaian seri, yaitu:

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

Dimana:

R_{total} adalah tahanan total pada rangkaian terhubung seri

R_1 adalah tahanan pada rangkaian percabangan pertama

R_2 adalah tahanan pada percabangan ke dua

R_N adalah tahanan pada percabangan ke n atau berikutnya

- Beberapa peralatan listrik yang menerapkan rangkaian seri yaitu: *Switch* atau saklar dirangkai seri dengan beberapa lampu; Lampu hias pohon natal yang terhubung seri dengan beberapa lampu; Setrika listrik dirangkai seri dengan pengontrol suhu; Tube lamp (lampu neon); dan sebagainya.

2) Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel adalah suatu rangkaian yang terdiri dari beberapa komponen hambatan listrik dan dihubungkan secara paralel. Kegunaan dan manfaat dari rangkaian paralel yaitu memutuskan salah satu beban tanpa mempengaruhi atau beban lain tidak putus. Dalam hal ini suatu alat listrik yang terpasang secara langsung dengan alat pemutus jaringan.

Karakteristik rangkaian terhubung paralel, yaitu:

- Rangkaian paralel terdiri dari beberapa percabangan
- Besaran arus setiap percabangan berbeda bila bebannya tidak sama
- Besar tegangan pada masing-masing beban atau peralatan listrik adalah sama dengan sumber tegangan
- Apabila suatu percabangan terjadi korsleting (hubung singkat) atau putus, sedangkan pada percabangan lain tetap terhubung dengan sumber tegangan.

Secara teoritis, prinsip rangkaian terhubung paralel, yaitu

- Arus yang mengalir setiap percabangan tidak sama dan arus tiap-tiap percabangan berbanding terbalik dengan hambatan-hambatan pada tiap percabangan dan penjumlahan arus tiap-tiap percabangan sama dengan arus total yang mengalir pada rangkaian tersebut.
- Tegangan (beda potensial) tiap-tiap percabangan sama dengan tegangan total atau tegangan pada rangkaian
- Berdasarkan penjelasan diatas, sehingga berlaku persamaan sebagai berikut.

Besaran tegangan dihitung dengan formula:

$$V_t = V_1 = V_2 = V_n$$

Dimana:

V_t adalah tegangan total pada rangkaian terhubung paralel

V_1 adalah tegangan pada percabangan pertama

V_2 adalah tegangan pada percabangan ke dua

V_n adalah tegangan pada percabangan ke n atau berikutnya.

Besaran arus dihitung dengan formula:

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Dimana:

I_t adalah arus total yang mengalir pada rangkaian terhubung paralel

I_1 adalah arus yang mengalir pada percabangan pertama

I_2 adalah arus yang mengalir adalah tahanan pada percabangan ke n atau berikutnya.

r pada percabangan ke dua

I_n adalah arus yang mengalir pada percabangan ke n atau berikutnya.

Besaran hambatan dihitung dengan persamaan:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Dimana:

R_t =tahanan total rangkaian

R_1 =tahanan komponen ke-1

R_2 =tahanan komponen ke-2

R_n =tahanan komponen ke-n

Beberapa penerapan rangkaian terhubung paralel, yaitu:

- Stop kontak merupakan suatu alat untuk membagi tegangan atau arus listrik sehingga terjadi percabangan
- Hotel-hotel modern, yaitu apabila pada salah satu kamar/ruangan (*room*) terputus karena korsleting atau hubung singkat, tidak akan mempengaruhi ruangan lain
- Listrik dari sumber gardu-gardu milik PLN mendistribusikan secara paralel tegangan atau arus listrik ke rumah masyarakat, perkantoran milik negara/swasta, industry atau pabrik, dan sebagainya.

c. ***Bahan dan Alat***

Bahan yang dibutuhkan dalam kegiatan praktikum, yaitu:

- 6 buah lampu yang terdiri dari 3 pasangan yang berbeda kapasitas (watt) yang berbeda
- Kabel (penghantar)
- Saklar (*switch*)
- Ampere-meter (6 buah)
- Volt-meter (6 buah)
- Baterey 6 buah masing-masing 1,5 volt.
- *Board*

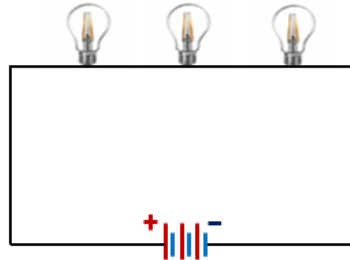
Peralatan yang digunakan, yaitu

- Tang pemotong
- Tang penyambung
- Gunting
- Solatip

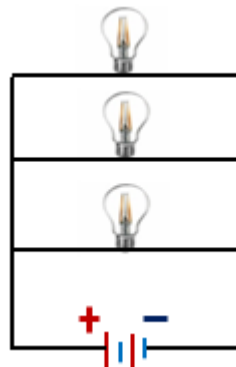
d. Pelaksanaan kegiatan praktikum

Langkah-langkah pelaksanaan kegiatan praktikum, yaitu:

- 1) Buatlah rangkaian seri dan paralel seperti Gambar dibawah ini yang terpasang komponen-komponen lampu dan baterey tersebut. Perlu diperhatikan bahwa gunakan lampu yang berbeda dayanya.



Rangkaian Hubungan Seri



Rangkaian Hubungan Paralel

Keterangan Gambar:



= lampu percobaan



= susunan baterey (sumber tegangan listrik arus searah)

- 2) Operasikan rangkaian melalui saklar agar menjadi rangkaian tertutup.

- 3) Amati nyala lampu pada rangkaian dan dicatat pada lembar observasi
- 4) Salah satu lampu pada rangkaian terhubung seri dan paralel diputuskan kemudian amati lampu yang lain dan dicatat peristiwa yang terjadi.

e. Hasil Praktikum dan Pengamatan

Setelah saklar menghubungkan kutub positif dan negatif pada rangkaian, maka berdasarkan hasil pengamatan diperoleh:

- semua lampu yang terpasang pada ke dua rangkaian langsung menyala
- adanya perbedaan menyala dari ketiga lampu, yaitu lampu pertama mengeluarkan cahaya sangat terang, lampu ke 2 cukup terang, dan lampu ke 3 kurang terang (redup).
- Lampu yang terpasang pada rangkaian terhubung paralel menyala lebih terang dibandingkan lampu yang terpasang pada rangkaian seri.
- Setelah salah satu lampu dikeluarkan, pada rangkaian paralel menunjukkan bahwa lampu yang lain tetap menyala, sedangkan pada rangkaian seri, lampu yang lain padam.

f. Pembahasan

Perbandingan nyala lampu pada rangkaian paralel dan seri

Hasil mengamatan menunjukkan bahwa lampu yang terpasang pada rangkaian paralel lebih terang dibandingkan dengan lampu yang terpasang pada rangkaian seri.

Berdasarkan teori, untuk menghitung tahanan pengganti (R_p) pada rangkaian terhubung seri dihitung dengan persamaan:

$$R_p = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Sedangkan untuk menghitung tahanan pengganti pada rangkaian paralel, yaitu:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Apabila pada rangkaian paralel hanya terdiri dari 2 komponen, maka tahanan pengganti dapat dihitung dengan:

$$R_p = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Misalnya diketahui:

$$R_1 = 2 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 3 \text{ Ohm}$$

maka tahanan pengganti rangkaian seri adalah:

$$R_p = 2 + 3$$

$$= 5 \text{ Ohm}$$

Tahanan pengganti pada rangkaian paralel, yaitu

$$R_p = \frac{2 \times 3}{2 + 3}$$

$$= \frac{6}{5}$$

$$= 1,2 \text{ Ohm}$$

Apabila sumber tegangan bolak balik pada rangkaian sebesar 3 volt maka berdasarkan hukum Ohm diperoleh arus yang mengalir pada rangkaian seri adalah

$$I = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ Ampere}$$

Sedangkan arus pada rangkaian paralel yaitu

$$I = \frac{3}{1,2} = 2,5 \text{ Ampere}$$

Hal perhitungan di atas membuktikan bahwa pada rangkaian paralel mengalir arus listrik sebesar 2,5 Ampere yang merupakan lebih besar dari arus yang mengalir pada rangkaian seri hanya 0,6 Ampere.

Pencabutan salah satu lampu pada rangkaian

Pada saat salah satu lampu pada rangkaian seri dicabut atau rusak maka lampu yang lain padam karena lampu yang lain tidak mengalir arus listrik. Sedangkan lampu pada rangkaian paralel, masing-masing berada

pada percabangannya. Sehingga apabila salah satu lampu dikeluarkan maka lampu yang lain tetap mengalir arus listrik dan menyala.

g. Kesimpulan

Berdasarkan hasil praktikum, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Cahaya lampu pada rangkaian paralel lebih terang dibandingkan lampu pada rangkaian seri.
- Apabila salah satu lampu tidak berfungsi atau dikeluarkan dari rangkaian seri maka lampu yang lain tidak menyala. Sedangkan pada rangkaian paralel bila salah satu lampu tidak berfungsi, dikeluarkan atau rusak, tidak akan mempengaruhi lampu lainnya.

Rangkuman

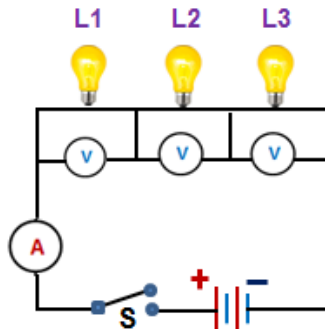
Rangkaian listrik yaitu cara (metode) atau jenis pemasangan untuk penyaluran arus listrik terhadap komponen-komponen atau peralatan listrik dalam rangkaian tersebut. Rangkaian seri dan paralel memiliki kelebihan dan kekurangan. Seringkali dalam rangkaian, terdapat hubungan campuran yaitu gabungan antara hubungan seri dan paralel misalnya suatu instalasi yang terpasang pada bangunan gedung.

Berbagai elemen dan komponen listrik dapat dirangkai dalam bentuk rangkaian sederhana maupun rangkaian yang rumit atau kompleks. Berdasarkan teori-teori tentang listrik yang sudah dikembangkan telah diterapkan dalam bidang teknologi dalam berbagai bentuk rangkaian yang telah dikemas sedemikian rupa. Hal ini dapat dilihat pada rangkaian suatu peralatan. Beberapa elemen sumber tegangan dan komponen lainnya telah dipabrikasi. Sehingga teori tentang berbagai bentuk atau model rangkaian listrik perlu dibahas. Berbagai model rangkaian listrik, yaitu rangkaian sederhana, seri, paralel, dan campuran (gabungan seri dan paralel). Dalam rangkaian listrik perlu dipelajari dan didalami tentang hukum Ohm, Kirchhoff I, Kirchhoff II, dan sebagainya. Rangkaian listrik arus searah adalah suatu rangkaian yang terdiri dari komponen-komponen elektronika atau peralat listrik yang hubungkan dengan sumber tegangan searah. Dalam materi rangkaian listrik membahas tentang tegangan, arus, hambatan (tahanan) listrik.

Soal-soal Latihan

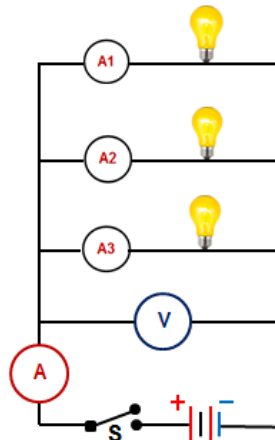
1. Jelaskan pengertian rangkaian listrik arus searah
2. Jelaskan tentang hukum-hukum sebagai berikut
 - a. Ohm,
 - b. Kirchhoff I, dan
 - c. Kirchhoff II.
3. Mengapa suatu rangkaian listrik terdiri dari beberapa percabangan? Berikan penjelasan mengapa disebut rangkaian hubungan campuran?
4. Hitunglah besaran tegangan listrik (E) pada suatu rangkaian yang terdiridari elemen baterai E_1 terhubung paralel dengan dua buah elemen baterai E_2 dan E_3 bila masing-masing elemen memiliki tegangan 1,5 Volt serta buatlah rangkaianannya. Berikan penjelasan mengapa diperoleh nilai tegangan tersebut?
5. Hitunglah nilai hambatan pada masing-masing percabangan dan tahanan pengganti (R_p) bila pada rangkaian terdiri dari $R_1 = 5 \Omega$ terhubung seri dengan $R_2 = 4 \Omega$ dan kedua tahanan ini diparalel dengan tiga buah hambatan yang terdiri dari $R_3 = 6 \Omega$, $R_4 = 2 \Omega$ dan $R_5 = 10 \Omega$ kemudian ke lima hambatan tersebut dihubungkan seri dengan $R_6 = 8 \Omega$. Buatlah bentuk rangkaian tersebut.
6. Berdasarkan soal nomor 6, ditanya berapa besar arus listrik yang mengalir masing-masing percabangan dan arus total (I_t) yang mengalir pada rangkaian bila diberi sumber tegangan searah sebesar 12 Volt?
7. Sebuah alat setrika memiliki arus 2,5 Ampere kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan 220 Volt. Berapa hambatan listrik setrika tersebut?
8. Laksanakan kegiatan praktikum tentang hukum Ohm dan Kirchhoff dengan bentuk rangkaian seperti pada Gambar berikut ini

a. Rangkaian seri



Rangkaian ini terdiri dari 2 buah elemen baterey tersusun seri, saklar, 1 Ampere-meter alat ukur besaran arus listrik, 3 buah volt-meter (V) untuk mengukur besaran tegangan pada masing-masing 3 buah lampu (L1, L2, dan L3) yang dirangkai seri.

b. Rangkaian Paralel



Pada rangkaian terhubung paralel, terdiri dari 2 buah elemen baterey tersusun seri, saklar, 4 buah alat ukur Ampere-meter, 1 buah volt-meter, dan 3 buah lampu.

Kegiatan praktikum ini jelaskan tentang:

- Tujuan
- Landasan teoritis

- Bahan dan alat yang akan digunakan
- Pelaksanaan praktikum yang menjelaskan tahapan-tahapan kegiatan
- Lembar pengamatan dan catatan hasil pengukuran
- Pembahasan yang disertai dengan pertanyaan-pertanyaan berkaitan dengan fenomena praktikum dan jawabannya, dan
- kesimpulan

BAB 8

ANALISIS RANGKAIAN

8.1. Pendahuluan

Beberapa hal yang perlu diketahui untuk menganalisis rangkaian menggunakan menggunakan teorema-teorema tertentu. Selain hukum Ohm dan Kirchhoff termasuk komponen linier, pembagi tegangan, dan pembagai arus.

Sebuah komponen linier adalah komponn yang penambahan arusnya proporsional dengan penambahan tegangan terhadapnya. Salah satu komponen linier yang dikenal adalah resistor, dan yang tidak termasuk komponen non linier diantaranya adalah dioda dan transistor.

Karena adanya komponen linier dan non linier sehingga adanya tahanan DC (*Direct Current*) dan AC (*Alternating Current*). Tahanan DC adalah suatu komponen yang memiliki nilai relatif tetap, sedangkan tahanan AC merupakan suatu komponen yang nilainya berubah setiap saat karena AC mengikuti gelombang sinusoidal dalam suatu periodik tertentu.

Teori pembagian tegangan adalah salah satu teori yang digunakan untuk menganalisis besaran-besaran tegangan pada suatu rangkaian yang terhubung seri.

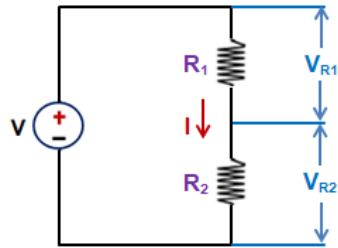
8.2. Pembagi Tegangan

Pembagi tegangan dan arus adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis pembagian tegangan maupun arus pada rangkaian tertutup. Fungsi dari rangkaian pembagi yaitu untuk membagi tegangan input (tegangan masuk) maupun membagi arus input (arus masuk) menjadi satu atau beberapa output yang dibutuhkan oleh komponen lain dalam rangkaian elektronika.

Pembagi Tegangan atau *Voltage Divider*, yaitu suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan relatif besar menjadi lebih kecil dengan satu atau beberapa tegangan output dalam rangkaian elektronika

yang rumit atau kompleks. Pembagi tegangan sering digunakan pada potensiometer yaitu suatu komponen elektronika yang digunakan untuk merancang sebuah pembagi tegangan yang dapat diatur tegangan outputnya.

Pembagi tegangan ini dapat digunakan untuk membuat tegangan referensi dari sumber tegangan yang relatif besar memberikan bias terhadap komponen elektronika aktif, rangkaian penguat, dan sebagainya. Pada prinsipnya rangkaian pembagi tegangan terdiri dari satu atau lebih komponen yang dirangkai secara seri dan dihubungkan dengan sumber tegangan sebagai sumber tegangan input.



Gambar 8.1 Rangkaian Pembagi Tegangan.

Gambar 8.1 skema rangkaian pembagi tegangan menjelaskan bahwa sumber tegangan (V) dihubungkan dengan dua komponen resistif (resistor) yang dirangkai secara seri. Rangkaian ini menunjukkan sumber membagi tegangan pada dua resistif, tegangan tersebut terbagi sesuai dengan nilai resistansi (tahanan) dari komponen R_1 dan R_2 , sehingga secara umum persamaan tegangan dalam rangkaian adalah

$$V = V_{R1} + V_{R2} \dots \dots (8.1)$$

$V = V_{In} =$ tegangan sumber = tegangan input

$V_{R1} = V_{R1-out} =$ tegangan pada resistor 1 = tegangan output pada R_1

$V_{R2} = V_{R2-out} =$ tegangan pada resistor 2 = tegangan output pada R_2

Tegangan sumber (V) sering disebut tegangan input atau tegangan masuk (V_{In}) sedangkan tegangan pada resistor yang terhubung seri disebut

tegangan output atau tegangan keluar (V_{out}). Sehingga tegangan dalam rangkaian adalah $V = V_{in} = V_{out}$. Besaran nilai resistansi dalam rangkaian adalah $R_1 + R_2$. Berdasarkan Hukum Ohm, maka berlaku:

$$V_{In} = V_{Out} = I \times (R_1 + R_2) \dots \dots (8.2)$$

karena $V = V_{in} = V_{out}$ maka kuat arus ditentukan oleh

$$I = \frac{V}{(R_1 + R_1)} \dots \dots (8.3)$$

Dimana:

V_{Out} = tegangan output

V_{In} = tegangan input

I = kuat arus dalam rangkaian

R_1 = resistor 1

R_1 = resistor 2

Berdasarkan uraian diatas maka untuk menghitung tegangan output pada R_1 (V_{R1}) ditentukan oleh persamaan

$$V_{R1} = I R_1 \dots \dots (8.4)$$

Dan tegangan output pada R_2 (V_{R2})

$$V_{R2} = I R_2 \dots \dots (8.5)$$

Setelah persamaan ... disubstitusi ke persamaan ... maka diperoleh

$$V_{R1} = V_{In} \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \dots \dots (8.6)$$

Sedangkan tegangan output pada R_2 adalah

$$V_{R2} = V_{In} \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \dots \dots (8.7)$$

Contoh soal 8.1:

Tegangan sumber pada rangkaian pembagi tegangan sebesar 12 volt yang dirangkai dengan dua buah komponen resistif masing-masing memiliki nilai $R_1 = 4$ ohm dan $R_2 = 6$ ohm. Ditanya berapa tegangan output pada ke dua komponen tersebut?

Diketahui:

$V = V_{in} = 12$ Volt

$R_1 = 4 \Omega$

$R_2 = 6 \Omega$

Ditanya:

a) V_{R1} ?

b) V_{R2} ?

Pembahasan

a) tegangan pada R_1

$$\begin{aligned}V_{R1} &= 12 \frac{2}{(2 + 6)} \\ &= 12 \frac{2}{8} \\ &= \frac{12 \times 2}{8} \\ &= \frac{24}{8} \\ &= 3 \text{ Volt}\end{aligned}$$

Tegangan output pada R_1 adalah 3 volt

b) tegangan pada R_2

$$\begin{aligned}V_{R2} &= 12 \frac{6}{(2 + 6)} \\ &= 12 \frac{6}{8} \\ &= \frac{12 \times 6}{8} \\ &= \frac{72}{8} \\ &= 9 \text{ Volt}\end{aligned}$$

Tegangan output pada R_2 adalah 9 volt

Jumlah tegangan out put pada ke dua resistor tersebut yaitu 12 Volt sama dengan tegangan sumber (input). Hal ini membuktikan bahwa $V = 3 + 9 = 12$ (sama dengan tegangan sumber/input).

Contoh soal 8.2:

Suatu bagian dari piranti rangkaian elektronika butuh tegangan sebesar 3 Volt sedangkan tegangan sumber (input) pada rangkaian adalah 10 Volt. Hal ini perlu dibuat rangkaian pembagi tegangan agar terpenuhi kebutuhan

tersebut. Berapa besar komponen R_1 dan R_2 yang harus dipasang seri pada rangkaian pembagi tegangan?

Diketahui:

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

$$V_{\text{Out}} = 3 \text{ Volt}$$

Ditanya:

- R_1 ?
- R_2 ?

Pembahasan:

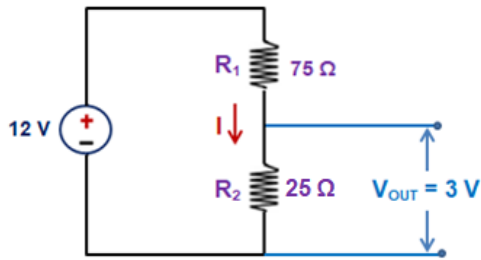
Untuk membuat atau merancang rangkaian pembagi tegangan, perlu dihitung rasio nilai tahanan resistor dan total resistor kemudian disesuaikan dengan rasio nilai tegangan output dan input.

- Perbandingan rasio antara nilai tegangan output dan input $V_{\text{Out}}: V_{\text{In}}$ adalah $3\text{V}/12\text{V} = 0,25\text{V}$.
- Nilai total hambatan ditentukan 100Ω . Apabila yang akan diambil adalah tegangan pada R_2 yaitu tegangan output (V_{Out}) maka perbandingan adalah $R_2: R_1$ adalah $R_2/100\Omega = 0,25\Omega$. Berarti nilai hambatan/tahanan $R_2 = 0,25\Omega \times 100\Omega = 25\Omega$. Hasil Perhitungan ini akan diperoleh nilai hambatan $R_1 = 100\Omega - 25\Omega = 75\Omega$.

Untuk membuktikan rasio tersebut perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan ... maka diperoleh tegangan output pada R_2 (V_{R2}) adalah

$$\begin{aligned} V_{R2} &= 12 \frac{25}{(25 + 75)} \\ &= 12 \frac{25}{100} \\ &= 12 \times 0,25 \\ &= 3 \text{ volt} \end{aligned}$$

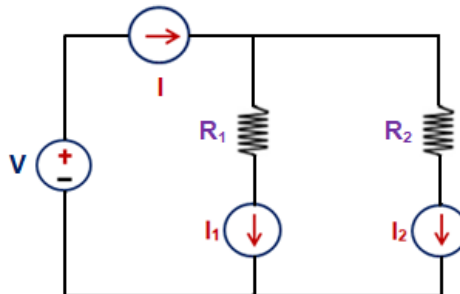
Dengan demikian, merancang rangkaian pembagi tegangan digunakan nilai hambatan $R_1 = 75 \Omega$ dan $R_2 = 25 \Omega$. Skema rangkaian pembagi tegangan diGambarkan sebagai berikut.



Gambar 8.2 Skema Rangkaian Pembagi Tegangan Output 3 Volt

8.3. Pembagi Arus

Pembagi Arus atau *Current Divider*, yaitu rangkaian sederhana yang terdiri dari dua buah atau lebih komponen yang tersusun paralel dan dihubungkan dengan sumber tegangan sehingga rangkaian tersebut memiliki dua atau lebih percabangan. Rangkaian pembagi arus sering digunakan untuk aplikasi pada alat ukur untuk mengukur besaran-besaran nilai listrik yang ada dalam rangkaian.



Gambar 8.3 Skema Rangkaian Pembagi Arus

Berdasarkan Gambar 8.3 dan menerapkan Hukum Kirchhoff I maka diperoleh persamaan rangkaian pembagi arus yaitu

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

atau

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \dots + \frac{V}{R_n} \dots \dots (8.8)$$

Dimana:

I = arus total

I_1 = arus yang mengalir pada resistor ke 1 (R_1)

I_2 = arus yang mengalir melalui resistor ke 2 (R_2)

I_n = arus yang mengalir melalui resistor ke n (R_n)

V = tegangan sumber

R_1 = tahanan/hambatan resistor ke 1

R_2 = tahanan/hambatan resistor ke 2

R_n = tahanan/hambatan ke n

Persamaan hambatan ekuivalen dua buah tahanan R_1 dan R_2 yang dirangkai paralel ($R_1//R_2$), yaitu

$$\frac{1}{R_{ek}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \dots \dots (8.9)$$

Apabila hanya terdiri dari 2 buah tahanan, maka dapat dihitung dengan persamaan

$$R_{ek} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \dots \dots (8.10)$$

$$I = \frac{V}{(R_1//R_2)}$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$= \frac{I \cancel{R_1} \times R_2}{\cancel{R_1} \cdot R_1 + R_2}$$

Arus yang mengalir melalui resistor 1 ditentukan dengan persamaan:

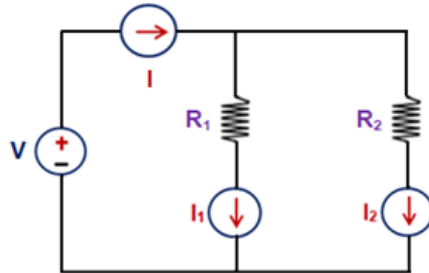
$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots \dots (8.11)$$

Contoh soal 8.3:

Perhatikan Gambar 8.4 suatu rangkaian terdiri dua buah komponen resistor yang tersusun paralel dengan nilai hambatan masing-masing $R_1 = 60 \Omega$ dan $R_2 = 40 \Omega$ dihubungkan dengan sumber tegangan 18 Volt. Tentukan pembagian arus pada R_1 .

Diketahui:

$R_1 = 60 \Omega$
 $R_2 = 40 \Omega$
 $V = 18 \text{ Volt}$

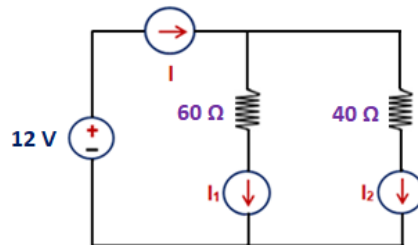


Gambar 8.4 Rangkaian terdiri dari 2 buah tahanan

Ditanya:

Pembagian arus (I_1) pada resistor R_1

Pembahasan:



Gambar 8.5 Rangkaian dengan besaran-besaran listrik

Pertama-tama yang harus dihitung adalah hambatan ekuivalen, yaitu

$$\begin{aligned}
 R_{ek} &= \frac{60 \times 40}{60 + 40} \\
 &= \frac{2400}{100} \\
 &= 24 \Omega
 \end{aligned}$$

Arus total (I_t) yang mengalir, adalah

$$I_t = \frac{18}{24}$$
$$= 0,75 \text{ Ampere}$$

Dengan menggunakan persamaan 8.11 maka diperoleh pembagi arus (I_1) yang mengalir melalui R_1 adalah

$$I_1 = 0,75 \frac{40}{60 + 40}$$
$$= 0,75 \frac{40}{100}$$
$$= 0,75 \times 0,4$$
$$= 0,3 \text{ Ampere}$$

Contoh soal 8.4:

Gambar 8.6 suatu rangkaian paralel yang terdiri dari masing-masing hambatan $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, dan $R_3 = 6$ dengan sumber tegangan $V = 12$ Volt. Hitunglah pembagi arus yang mengalir pada hambatan R_1 (I_{R1}), hambatan R_2 (I_{R2}), dan hambatan R_3 (I_{R3}).

Diketahui:

$$R_1 = 2 \Omega$$

$$R_2 = 4 \Omega$$

$$R_3 = 6$$

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

Ditanya:

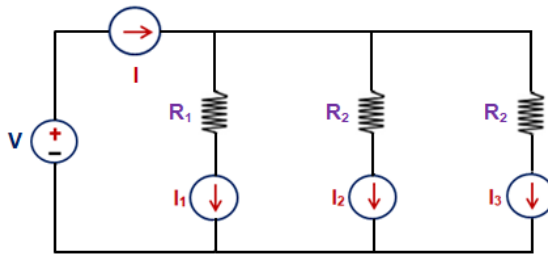
$$R_p?$$

$$I?$$

$$I_R?$$

$$I_{R1}?$$

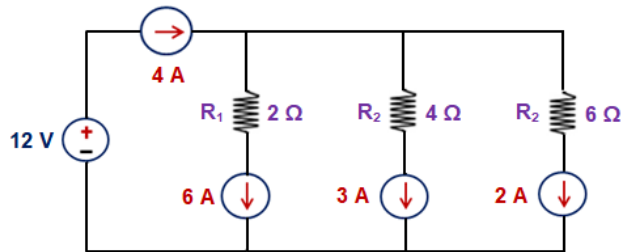
$$I_{R2}?$$



Gambar 8.6 Rangkaian Pembagi Arus Cabang Tiga

Pembahasan

Perhatikan Gambar 8.7 yaitu rangkaian pembagi arus bercabang tiga disertai dengan besaran-besarnya.



Gambar 8.7 Rangkaian Pembagi Arus dan Besaran-besaran Listrik

Secara umum untuk menghitung pembagi arus ditentukan dengan persamaan:

$$I_i = I \frac{R_p}{R_i} \dots \dots (8.12)$$

Dimana:

I_i = arus individu pada komponen resistor (Ampere)

I = arus total (Ampere)

R_p = tahanan pengganti (Ohm)

R_i = tahanan individu

Hambatan total/pengganti (R_t)

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

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{2}{6} + \frac{4}{6} + \frac{6}{6} \\ &= \frac{12}{6} \\ &= 2 \Omega \end{aligned}$$

Arus total (I)

Dengan menggunakan Hukum Ohm, diperoleh formula persamaan untuk menentukan arus total, yaitu

$$I = \frac{V}{R_p} \dots \dots (8.13)$$

Sehingga arus total adalah

$$\begin{aligned} I &= \frac{12}{2} \\ &= 6 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Arus yang melalui hambatan R_1 (I_{R1}):

$$\begin{aligned} I_{R1} &= 6 \frac{2}{2} \\ &= 6 \times 1 \\ &= 6 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Arus yang melalui hambatan R_2 (I_{R2}):

$$\begin{aligned} I_{R2} &= 6 \frac{2}{4} \\ &= 6 \times 0,5 \\ &= 3 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Arus yang melalui hambatan R_3 (I_{R3}):

$$\begin{aligned} I_{R3} &= 6 \frac{2}{6} \\ &= 6 \times \frac{1}{3} \\ &= 2 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

BAB 9

ENERGI DAN DAYA LISTRIK

9.1. Energi Listrik

Di era modernisasi teknologi, energi telah menjadi kebutuhan penting bagi manusia. Energi ini dapat dikonversi menjadi energi listrik kemudian dapat dikonversi menjadi energi lain. Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik. Karena energi listrik dapat dirubah atau dikonversi ke energi lain. Energi listrik dapat dirubah menjadi energi cahaya melalui lampu, juga dapat diubah menjadi energi lain. Energi listrik yaitu suatu energi yang tersimpan dalam arus listrik (Ampere) dan tegangan atau beda potensial listrik (Volt) dalam ketentuan kebutuhan untuk konsumsi daya listrik dalam Watt (W).

Energi listrik yaitu suatu energi yang tersimpan dalam arus listrik (Ampere) dan tegangan atau beda potensial listrik (Volt) dalam ketentuan kebutuhan untuk konsumsi daya listrik dalam Watt (W). Energi listrik dapat diubah dalam bentuk energi lain, seperti energi kinetic, panas, cahaya, getar, dan sebagainya. Energi listrik dibangkitkan oleh sumber energi primer seperti energi berasal dari fosil (minyak bumi, batu bara) dan energi dapat diperbaharui (*renewable energi*) yang berasal dari tenaga air, angin, panas bumi, matahari/surya, dan sebagainya. Energi listrik digunakan untuk lampu penerangan, menggerakkan motor listrik, beroperasinya peralatan listrik seperti computer, kompor listrik, mesin cuci, pendingin atau pemanas ruangan, dan sebagainya.

Karena energi listrik dapat diubah dalam bentuk energi lain, sehingga energi ini sangat dibutuhkan industry untuk pabrikasi untuk mengaktifkan peralatan-peralatan listrik yang dibutuhkan oleh manusia di era perkembangan teknologi sekarang ini. Misalnya komputer dan internet membutuhkan energi listrik dan dapat dirasakan dampaknya bila listrik padam secara mendadak, mengakibatkan sangat sulit untuk berkomunikasi maupun mencari informasi dari belahan dunia ini.

Suatu energi yang terjadi tidak pernah hilang, tetapi berubah menjadi panas (kalor). Hal dapat dibuktikan bila suatu peralatan listrik digunakan untuk melakukan suatu kerja, misalnya alat listrik pengaduk. Maka pada peralatan ini akan menjadi panas.

Joule melakukan percobaan tentang arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar dalam waktu (t) detik. Hal ini membuktikan bahwa kalor yang terjadi karena arus listrik berbanding lurus dengan

- Tegangan/beda potensial (V) antara kedua ujung penghantar,
- Kuat arus (I) yang mengalir pada penghantar, dan
- Lamanya waktu (t) arus mengalir.

Hubungan antara tegangan, kuat arus, dan waktu tersebut dinamakan hukum Joule dengan formulasi rumus sebagai berikut:

$$Q = 0,24 VIt \dots (11.1)$$

Karena $V = IR$ maka diperoleh:

$$Q = 0,24 I^2 R t \dots (11.2)$$

Dimana:

Q = kalori

0,24 = konstanta

V = beda potensial (Volt)

I = kuat arus yang mengalir (Ampere)

R = hambatan (Ohm)

t = waktu (detik)

Besaran listrik dapat diukur saat terjadinya perubahan energi listrik menjadi kalor, berikut persamaan energi listrik adalah

$$W = V \cdot Q \dots \dots (11.3)$$

atau

$$W = V \cdot I \cdot t \dots \dots (11.4)$$

Dapat juga dihitung dengan persamaan

$$W = I \cdot R \cdot I \cdot t \dots \dots (11.5)$$

Lebih disederhana menjadi

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \dots \dots (11.6)$$

Dimana:

W = energi listrik (watt-detik)

V = tegangan (Volt)

Q = muatan listrik (Coulomb)

I = kuat arus (Ampere)

t = waktu (detik)

Suatu energi listrik yang disalurkan dari sumber tegangan listrik (misalnya baterai atau accu) sama dengan energi listrik yang diserap tahanan R (misalnya lampu atau peralatan listrik lainnya). Besar energi listrik yang diberikan oleh sumber tegangan listrik yaitu sama dengan daya dikalikan dengan waktu, yang dimaksud waktu yaitu lamanya sumber tegangan mensuplay daya listrik). Untuk menghitung energi yang diberikan sumber listrik diformulasikan dengan persamaan:

$$W = P \cdot t \dots (11.7)$$

Dimana:

W = energi yang diberikan sumber listrik

P = daya listrik

Karena $P = V \cdot I$ maka diperoleh energi, adalah

$$W = V \cdot I \cdot t \dots (11.8)$$

atau

$$W = I^2 R \cdot t \dots (11.9)$$

Dapat juga dihitung dengan persamaan:

$$W = \left(\frac{V^2}{R} \right) t \dots (11.10)$$

W = energi, dalam satuan watt (Joule/detik)

I = arus listrik, dalam satuan Amper

R = tahanan, dalam satuan Ohm

t = waktu, dalam satuan detik.

Apabila arus listrik mengalir pada suatu rangkaian yang memiliki hambatan R , sumber listrik akan mengeluarkan energi pada hambatan tersebut yang besarnya tergantung pada:

- ❖ Besar tegangan atau beda potensial (V) pada ujung-ujung rangkaian
- ❖ Besar kuat arus listrik (I) yang mengalir pada rangkaian tersebut
- ❖ Lamanya waktu (t) arus yang mengalir.

Contoh soal 11.1:

Sebuah lampu diberi tegangan sebesar 12 Volt, hambatan lampu yaitu 6 ohm. Berapa besar arus yang mengalir dan energi yang diserap oleh lampu tersebut selama 5 menit?

Diketahui:

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

$$R = 6 \text{ Ohm}$$

$$t = 5 \text{ menit} = 5 \times 60 = 300 \text{ detik (s)}$$

Ditanya:

Arus yang mengalir (I)

Energi (W) yang diserap oleh lampu

Pembahasan:

Arus yang mengalir, yaitu

$$I = \frac{12}{6} \\ = 2 \text{ Ampere}$$

Energi yang diserap lampu, adalah

$$W = 0,24 \times 12 \times 2 \times 300 \\ = 1,728 \text{ kalori (Joule/detik)}$$

9.2. Daya Listrik

Daya listrik adalah suatu kapasitas atau kemampuan melakukan energi atau usaha. Besaran dari daya adalah usaha dalam satuan waktu. Sedangkan daya listrik yaitu bagian dari besarnya beda potensial, kuat arus, hambatan, dan waktu. Daya listrik didefinisikan sebagai laju energi yang dibutuhkan. Daya listrik ini berkaitan dengan energi listrik tiap detik.

Satuan daya listrik dalam satuan internasional adalah watt. Satu watt adalah besar daya ketika energi satu joule dibebaskan dalam selang waktu 1 detik, Berikut persamaan daya listrik:

$$P = \frac{W}{t} \dots \dots (11.11)$$

Kapasitas dari daya listrik diberi satuan Watt atau Joule/detik (J/s). Satuan energi listrik sering disebut Kilo Watt (KW), bila dinyatakan 1 kW = 1.000 Watt, sedangkan untuk kapasitas lebih besar diberi satuan Mega Watt (MW), apabila dinyatakan 1 MW = 1.000.000 Watt. Jika dinyatakan dalam Joule maka 1 Watt per detik (Ws) = 1 Joule, jika daya listrik tersebut dinyatakan dengan Jam atau hours (h) maka 1 Wh = 3.600 Joule. Dengan demikian penggunaan daya listrik dalam waktu tertentu dinyatakan dalam satuan Joule.

Karena $W = V.I.t$ maka persamaan daya listrik dapat diformulasikan:

$$P = \frac{V.I.t}{t} \dots \dots (11.12)$$

Dimana:

P = daya listrik, dalam satuan Watt

V = tegangan listrik, dalam satuan Volt

I = Arus yang mengalir, dalam satuan Ampere

Persamaan 11.12 disederhanakan menjadi $P = V.I$ persamaan ini telah dijelaskan bab sebelumnya.

Dimana:

P = daya listrik, dalam satuan Watt

V = tegangan listrik, dalam satuan Volt

I = Arus yang mengalir, dalam satuan Ampere.

Apabila suatu rangkaian terdapat hambatan R dan diberi sumber tegangan (V) maka arus akan mengalir (I). Pada saat sumber tegangan menyalurkan daya listrik, akan diserap oleh hambatan R . Apabila tahanan tersebut adalah lampu, maka lampu akan menyerap daya. Berdasarkan

hukum Ohm, tegangan adalah $V = IR$, maka daya listrik dapat dihitung dengan:

$$P = IR \cdot I \dots (11.13)$$

Disederhanakan menjadi:

$$P = I^2 R \dots (11.14)$$

Karena $I = \frac{V}{R}$ Selanjutnya I disubstitusi kedalam persamaan (11.14) maka menjadi persamaan untuk menghitung daya listrik adalah

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

Disederhanakan menjadi

$$P = \frac{V^2}{R} \dots (11.15)$$

Suatu peralatan listrik tertulis 220 Volt 50 W. Berarti paa alat ini harus diberi sumber tegangan sebesar 220 Volt dan kapasitas daya sebesar 50 watt, hal ini menunjukkan bahwa peralatan tersebut akan menggunakan energi 50 joule.

Pada beberapa peralatan listrik seringkali tertulis satuan HP (*Horse Power*). Dalam satuan internasional (SI), konversi antara satuan watt dan HP adalah $1 \text{ HP} = 746 \text{ watt} = 0,746 \text{ kW}$. Jika daya dinyatakan dalam Kw dan waktu dalam jam, maka satuan energi yaitu kilowatt jam atau sering disebut kWh (kilowatt-hour). Apabila suatu alat ukur daya listrik menggunakan satuan kWh, maka:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \times 3600 \text{ Ws, atau}$$

$$1 \text{ kWh} = 10^6 \times 3,6 \text{ Ws, atau}$$

$$1 \text{ kWh} = 10^6 \times 3,6 \text{ Joule.}$$

Contoh soal 11.2:

Dua buah lampu masing-masing 5 Watt dirangkai seri. Berapa daya total (P_t) dari kedua lampu tersebut?

Diketahui:

$$P_1 = 5 \text{ Watt}$$

$$P_2 = 5 \text{ Watt}$$

Ditanya:

Daya total?

Pembahasan:

Persamaan daya total adalah

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{P_1 \times P_2}{P_1 + P_2} \\ &= \frac{5 \times 5}{5 + 5} \\ &= \frac{25}{10} \\ &= 2,5 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Contoh soal 11.3:

Suatu rangkaian terpasang dua buah lampu, masing-masing memiliki daya sebesar 4 Watt yang terpasang paralel. Berapa besar daya total dan energi yang diserap selama 5 menit?

Diketahui:

$$P_1 = 4 \text{ Watt}$$

$$P_2 = 4 \text{ Watt}$$

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

Ditanya:

- Daya total?
- Energi yang diserap?
- Hambatan total?

Pembahasan:

- Daya total yang diserap beban lampu, yaitu

$$\begin{aligned} P_t &= P_1 + P_2 \\ &= 4 + 4 \\ &= 8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Energi untuk 5 menit, yaitu $t = 5 \times 60 \text{ detik} = 300 \text{ detik}$. Energi yang dikeluarkan rangkaian, adalah

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 8 \times 300 \\ &= 2.400 \text{ Joule} \end{aligned}$$

c. Hambatan total R_t , adalah

$$\begin{aligned} R_t &= \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_1} \\ &= \frac{4 \times 4}{4 + 4} \\ &= \frac{16}{8} \\ &= 2 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Daya total yang diserap beban lampu, adalah

Contoh soal 11.4:

Apabila suatu peralatan listrik memiliki hambatan (R) sebesar 1,5 Ohm dan arus listrik yang mengalir sebesar 0,5 Ampere. Sedangkan peralatan ini beroperasi selama 1 jam. Ditanya berapa besar energi yang terjadi pada peralatan tersebut?

Diketahui:

Arus (I) yang mengalir sebesar 2 Ampere

Tegangan (V) yang diberikan sumber listrik adalah 6 Volt

Lamanya (t) peralatan tersebut beroperasi adalah 1 jam

Ditanya:

Berapa besar energi yang terjadi pada peralatan tersebut?

Pembahasan:

Dimana $t = 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik}$

Besar energi (W) terjadi pada peralatan adalah:

$$\begin{aligned} W &= (0,5)^2 \times 1,5 \times 600 \\ &= 225 \text{ kalori.} \end{aligned}$$

Contoh soal 11.4:

Pada bulan Januari suatu meteran yang terpasang di rumah menunjukkan 35.000 kWh, sedangkan pada bulan Pebruari meteran menunjukkan 40.000 kWh

Pembahasan:

Selama satu bulan daya listrik yang digunakan adalah sebesar $35.000 - 40.000 = 5.000 \text{ kWh}$.

Contoh soal 11.5:

Sebuah rumah menggunakan listrik PLN. Pada instalasi rumah tersebut terpasang komponen atau peralatan listrik terdiri dari:

- 4 buah lampu berkapasitas 40 watt menyala setiap selama 10 jam setiap hari
- Televisi berkapasitas 250 watt terpasang selama 12 jam/hari,
- Seterika listrik berkapasitas daya sebesar 300 watt digunakan untuk menyeterika pakaian selama 4 jam/perhari,
- Kulkas berkapasitas 200 watt terpasang selama 24 jam/hari.

Harga tarif listrik yang harus dibayar kepada PLN sebesar Rp 275/watt dan biaya beban sebesar Rp 4.000/bulan. Hitunglah berapa besar tarif yang harus dibayar setiap bulan?

Pembahasan:

Daya yang digunakan setiap peralatan, adalah

Lampu: $4 \times 40 \text{ watt} \times 10 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} = 48.000 \text{ Wh} = 48 \text{ kWh}$

Televisi: $1 \times 250 \text{ watt} \times 12 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} = 90.000 \text{ Wh} = 90 \text{ kWh}$

Setrika listrik: $1 \times 300 \text{ watt} \times 4 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} = 36.000 \text{ Wh} = 36 \text{ kWh}$

Kulkas: $1 \times 200 \text{ watt} \times 24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} = 144.000 \text{ Wh} = 144 \text{ kWh}$

- Jumlah daya yang terpakai: $48 + 90 + 36 + 144 = 318 \text{ kWh}$
- Harga tarif listrik per kWh Rp 275
- Biaya beban per bulan Rp 4.000.
- ❖ Tarif rekening yang harus dibayar per bulan adalah $(318 \text{ kWh} \times \text{Rp } 275) + \text{Rp } 4.000 = \text{Rp } 91.350,-$

Rangkuman

Energi listrik yaitu suatu energi yang tersimpan dalam arus listrik (Ampere) dan tegangan atau beda potensial listrik (volt) dalam ketentuan kebutuhan untuk konsumsi daya listrik dalam watt (W). Energi listrik dapat diubah dalam bentuk energi lain, seperti energi kinetic, panas, cahaya, getar, dan sebagainya. Sehingga dengan menggunakan rekayasa

teknologi maka energi listrik dapat digunakan untuk lampu penerangan, menggerakkan motor listrik, beroperasinya peralatan listrik seperti computer, kompor listrik, mesin cuci, pendinginan atau pemanas ruangan, dan sebagainya.

Energi listrik dibangkitkan oleh sumber energi primer seperti energi berasal dari fosil (minyak bumi, batu bara) dan energi dapat diperbaharui (*renewable energi*) yang berasal dari tenaga air, arus dan gelombang air laut, angin, panas bumi, matahari/surya, tumbuh-tumbuhan, dan sebagainya. Energi listrik dibangkitkan melalui pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), pembangkit listrik tenaga surya, dan melalui proses kimiawi seperti accumulator dan elemen baterai kering.

Energi listrik dihitung berdasarkan besaran sumber tegangan, arus yang mengalir dan besaran hambatan pada suatu peralatan listrik.

Daya listrik adalah suatu kapasitas atau kemampuan melakukan usaha atau energi. Besaran daya adalah usaha dalam satuan waktu, sedangkan daya listrik yaitu bagian dari besarnya beda potensial, kuat arus, hambatan dan waktu. Daya listrik didefinisikan sebagai laju energi yang dibutuhkan. Satuan daya listrik dalam satuan internasional adalah watt. Satu watt adalah besar daya ketika energi satu joule dibebaskan dalam selang waktu 1 detik.

Soal-soal Latihan

1. Kemukakan perbedaan energi listrik dan daya listrik
2. Apa manfaat energi listrik, dan jelaskan energi ini dapat dikonversi (ubah) ke energi apa saja?
3. Jelaskan bila suatu rangkaian mengalir arus terhadap beban, faktor-faktor apa saja yang diperhitungkan untuk mengetahui energi yang diserap oleh beban tersebut?
4. Kemukakan percobaan yang dilakukan oleh Joule dan apa yang dibuktikannya?

5. Suatu lampu menyerap energi sebesar 1.500 joule /detik selama 10 menit dengan besaran sumber tegangan 9 volt. Ditanya kuat arus yang mengalir melewati lampu tersebut?
6. Suatu instalasi yang terpasang pada gedung rumah menggunakan listrik yang dialirkan oleh PLN. Dalam instalasi tersebut terpasang peralatan listrik berkapasitas daya sebesar:
 - a. 6 buah lampu masing-masing 25 watt digunakan 12 jam/hari
 - b. Televisi 250 watt digunakan 14 jam/hari
 - c. Mesin cuci 350 watt digunakan 2 jam/hari
 - d. Pendingin ruangan (air condition) 2 buah masing-masing 200 watt digunakan 14 jam/hari
 - e. Kompor listrik 300 watt digunakan 4 jam.hariHarga beban per KWH Rp 285 dan abodemen perbulan Rp 4.500 perbulan.

Ditanya berapa tariff rekening yang harus dibayar tiap bulan?

DAFTAR PUSTAKA

- Baigrie, Brian (2006), *Electricity and Magnetism: A Historical Perspective*, Greenwood Press, ISBN 0-313-33358-0
- Bird, John. (2007), *Electrical and Elektronik Principles and Technology, 3rd edition*. London: Routledge Publisher. ISBN 978-1-4175-0543-2
- Fenna, Donald. (2002). *Oxford Dictionary of Weights, Measures and Units*. Oxford: Oxford University Press.
- International Bureau of Weights and Measures. (2006). *The International Sistem of Units (SI)*. (Edisi ke 8). ISBN 92-822-2213-6.
- International Union of Pure and Applied Chemistry. (1993). *Quantities, Units and Symbols Physical Chemistry*, (Edisi ke 2). Oxford: Blackwell Science. ISBN 0-632-03583-8, Elektronik Version.
- Jones, D.A. (1991), "Electrical engineering: the backbone of society", *Proceedings of the IEE: Science, Measurement and Technology* 138 (1): 1–10, doi:10.1049/ip-a-3.1991.0001
- Kirby, Richard S. (1990), *Engineering in History*, Courier Dover Publications, pp. 331–333, ISBN 0-486-26412-2
- Popov, V.P. (1985). *Principles of Theory of Circuits*. Rusia: Higher School.
- Stewart, Joseph (2001), *Intermediate Electromagnetik Theory*, World Scientific, ISBN 981-02-4471-1
- Thompson, Silvanus P. (2004), *Michael Faraday: His Life and Work*, Elibron Classics, ISBN 1-4212-7387-X
- Umashankar, Korada (1989), *Introduction to Engineering Electromagnetik Fields*, World Scientific, ISBN 9971-5-0921-0

Young, H.D.; Freedman, R.A.; & Ford, A. L. (2004). *Sears Zemasky's University Physics*, (11th Edition). San Francisco: Addison Wesley.

Sumber Internet:

<https://id.wikipedia.org/wiki/Listrik>

<http://www.capgo.com/Resources/Measurement/MeasHome/Resistors/ResCode.GIF>

<http://teknikelektronika.com/cara-menghitung-nilai-resistor>

study.wikidot.com/fisika-sma-pengukuran-dan-ketidakpastian-besar.

BIODATA PENULIS

Nama Lengkap: Dr. Hantje Ponto, DEA, MAP

Tempat dan tanggal lahir: Bitung, Sulawesi Utara, 24 Desember 1958

Pendidikan:

1. SD Gmim Pateten, Bitung, Sulawesi Utara, 1970
2. SMP Negeri Tareran, kabupaten Minahasa Selatan, 1973
3. STM Malesung Manado, Teknik Listrik, 1976
4. FPTK IKIP Manado (S1), Pendidikan Teknik Elektro, 1986
5. Universite Aix Marselle 3 France (S2), Techology Competitive Intelligence (kerjasama), 2003
6. Universitas Negeri Manado (S2), Administrasi Publik, 2007
7. Universitas Negeri Jakarta (S3), Penelitian dan Evaluasi Pendidikan, 2012.

Penulis buku:

- Evaluasi Pembelajaran Pendidikan Kejuruan (Buku Referensi), 2016.