

Lampiran 1: Surat Permohonan Izin Observasi Penelitian



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
BIRO AKADEMIK KEMAHASISWAAN DAN HUBUNGAN MASYARAKAT

Kampus Universitas Negeri Jakarta
Jl. Rawamangun Muka, Gedung Administrasi Lt. 1, Jakarta 13220
Telp: (021) 4759081, (021) 4893668, email: bakhum.akademik@unj.ac.id



Nomor : 6402/UN39.12/KM/2019
Lamp. : -
Hal : Permohonan Izin Observasi

11 Juni 2019

Yth. Kepala SMK Negeri 34 Jakarta
Jl. Kramat Raya No.93 Kel. Paseban, Kec. Senen,
Jakarta Pusat 10440

Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
Nomor Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Vokasional Teknik Elektro
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Jakarta
No. Telp/HP : 085774124245

Untuk dapat mengadakan observasi pada tanggal 19 Juni 2019 guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka persiapan penyusunan Skripsi.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

a.n. Kepala Biro Akademik, Kemahasiswaan,
dan Hubungan Masyarakat
Kabag Akademik dan Kerjasama

Dra. Tri Suparniyati, M.Si.
NIP. 19670514 199303 2 001

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Teknik
2. Koordinator Prodi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro

Lampiran 2: Surat Balasan Izin Mengadakan Observasi



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBU KOTA JAKARTA
DINAS PENDIDIKAN
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN NEGERI 34
Jalan Kramat Raya Rt. 17 Rw.1 Nomor 93 Kelurahan Paseban, Senen, Jakarta, Telepon 0213909035 0213928037 Faksimili 3927963
e-mail : smkn_34jkt@yahoo.com
JAKARTA

Kode Pos 10440

SURAT KETERANGAN IZIN MENGADAKAN OBSERVASI

Nomor : 519.A /-1.851.7

Mendasari surat dari Universitas Negeri Jakarta, 1712/UN39.12//KM/2019 tertanggal 11 Juni 2019 tentang permohonan untuk mengadakan observasi, maka dengan ini Kepala Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 34 Jakarta menerangkan bahwa :

N a m a	: YUSUF FADHILAH AKBAR
Nomor Registrasi	: 5115152690
Program Studi	: Pendidikan Vokasional Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan	: Strata Satu (S1)

mengizinkan mahasiswa tersebut untuk dapat mengadakan observasi dalam rangka penyusunan skripsi.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Jakarta, 17 Juni 20198
Kepala SMK Negeri 34

Drs. H. Ansyori Bunyamin, M.Pd.
NIP. 196310051987031017

Lampiran 3: Surat Keterangan Selesai Observasi



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBU KOTA JAKARTA
DINAS PENDIDIKAN**

SMK NEGERI 34 JAKARTA

(Teknik Instalasi Tenaga Listrik-Teknik Pemesinan-Teknik Kendaraan Ringan- Tek.Speda Motor - Multimedia)

Jln. Kramat Raya No. 93 Jakarta Pusat 10440

Telp. 3909035 – 3928037 Fax. 3927963 e-mail : smkn_34jkt@yahoo.com

SURAT KETERANGAN SELESAI OBSERVASI

Nomor : 529 /-1.851.7

Mendasari surat dari Universitas Negeri Jakarta, 1712/UN39.12//KM/2019 tertanggal 11 Juni 2019 tentang permohonan untuk mengadakan observasi, maka dengan ini Kepala Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 34 Jakarta menerangkan bahwa :

N a m a : YUSUF FADHILAH AKBAR
Nomor Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Vokasional Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)

nama tersebut di atas adalah benar Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta dan telah mengadakan observasi di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 34 Jakarta pada tanggal 21 Juni 2019.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Jakarta, 21 Juni 2019
Kepala SMK Negeri 34

Drs. H. Ansyori Bunyamin, M.Pd.
NIP. 196310051987031017

Lampiran 4: Surat Permohonan Izin Penelitian



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

BIRO AKADEMIK KEMAHASISWAAN DAN HUBUNGAN MASYARAKAT

Kampus Universitas Negeri Jakarta

Jl. Rawamangun Muka, Gedung Administrasi Lt. 1, Jakarta 13220

Telp: (021) 4759081, (021) 4893668, email: bakhum.akademik@unj.ac.id



Nomor : 12473/UN39.12/KM/2019

01 Agustus 2019

Lamp. : -

Hal : Permohonan Izin Mengadakan Penelitian untuk Penulisan Skripsi

Kepada Yth.

Kepala SMK Negeri 34 Jakarta

Jalan Kramat Raya No.93, RT.17/RW.1, Paseban, Kec. Senen,
Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10440

Sehubungan dengan keperluan penulisan Skripsi mahasiswa, dengan ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
Nomor Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Vokasional Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenjang : S1
No. Telp/Hp : 082122272897

Untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **"Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis E-Learning Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta"**.

Atas perhatian dan kerja samanya disampaikan terima kasih.

Kepala Biro Akademik, Kemahasiswaan
dan Hubungan Masyarakat



Woro Sasimoyo, SH.

NIP. 19630403 198510 2 001

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Teknik
2. Koordinator Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro



Lampiran 5: Surat Balasan Izin Mengadakan Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBU KOTA JAKARTA
DINAS PENDIDIKAN
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN NEGERI 34
Jalan Kramat Raya Rt. 17 Rw.1 Nomor 93 Kelurahan Paseban, Senen, Jakarta, Telepon 0213909035 0213928037 Faksimili 3927963
e-mail : smkn_34jkt@yahoo.com
JAKARTA

Kode Pos 10440

SURAT KETERANGAN IZIN MENGADAKAN PENELITIAN

Nomor : 627 /-1.851.7

Mendasari surat dari Universitas Negeri Jakarta, nomor 12473/UN39.12/KM/2019 tertanggal 01 Agustus 2019 tentang permohonan izin mengadakan penelitian untuk penulisan skripsi, maka dengan ini Kepala Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 34 Jakarta menerangkan bahwa :

N a m a	: Yusuf Fadhilah Akbar
Nomor Registrasi	: 5115152690
Program Studi	: Pendidikan Vokasional Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan	: Strata Satu (S1)

mengizinkan mahasiswa tersebut untuk dapat mengadakan penelitian dalam rangka penyusunan skripsi.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Jakarta, 09 Agustus 2019
Kepala SMK Negeri 34

H. S. Subagjo, S.Pd, MM
NIP. 196308271989031009

Lampiran 6: Surat Keterangan Selesai Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBU KOTA JAKARTA
DINAS PENDIDIKAN
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN NEGERI 34
Jalan Kramat Raya Rt. 17 Rw.1 Nomor 93 Kelurahan Paseban, Senen, Jakarta, Telepon 0213909035 0213928037 Faksimili 3927963
e-mail : smkn_34jkt@yahoo.com
JAKARTA

Kode Pos 10440

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nomor : 930 /-1.851.7

Mendasari surat dari Universitas Negeri Jakarta, 12473/UN39.12/KM/2019 tertanggal 1 Agustus 2019 tentang permohonan untuk mengadakan penelitian, maka dengan ini Kepala Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 34 Jakarta menerangkan bahwa :

N a m a	: YUSUF FADHILAH AKBAR
Nomor Registrasi	: 5115152690
Program Studi	: Pendidikan Vokasional Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan	: Strata Satu (S1)

telah melaksanakan penelitian dalam rangka penyusunan skripsi dengan judul: **"Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis E-Learning dengan Aplikasi Edmodo dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta"** dari tanggal 12 Agustus sampai dengan 14 Oktober 2019

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Jakarta, 13 November 2019
Kepala SMK Negeri 34

Piet Subagijo, S.Pd, MM
NIP. 196308271989031009

Lampiran 7: Surat Pengantar Penilaian Ahli Media Pembelajaran



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220

Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4712137, 4751523 Fax. 47864808

Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

Nomor : 179/S1-Elektro-FT/VIII/2019
Hal : Review Pakar
Lamp : Form Review/ Penilaian

Kepada
Yth : **Kunto Imbar Nursetyo, S.Pd., M.Pd**
Dosen Teknologi Pendidikan
Fakultas Ilmu Pendidikan UNJ
di Jakarta

Dengan Hormat,

Terkait Dengan Mahasiswa Kami :

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No Reg. : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : *Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis E-learning Dengan Aplikasi Edmodo Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta*
Dosen Pembimbing : 1. Moch. Djaohar, M.Sc
2. Aris Sunawar, MT

di mana Skripsi mahasiswa kami tersebut berhubungan dengan tema "Pengembangan Pembelajaran" dan perlu dilakukan review oleh Pakar/Ahli Media sebelum memasuki tahap pengembangan selanjutnya, untuk itu kami mohon kesediaan Bpk./Ibu Ketua Program Studi Teknologi Pendidikan Sebagai Reviewer Pakar bagi Skripsi mahasiswa kami tersebut.

Untuk melengkapi instrument penilaian review, berikut terlampir form review sebagai dasar mahasiswa tersebut dalam menyempurnakan media pembelajarannya.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 16 Agustus 2019
Kordianator Program Studi
S1 Pendidikan Teknik Elektro

Massus Subekti, S.Pd., MT
NIP. 19780907 200312 1 002

Lampiran 8: Lembar Penilaian Oleh Ahli Materi

LEMBAR PENILAIAN

MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*

DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN

DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

OLEH AHLI MATERI

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar

No. Registrasi : 5115152690

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik Dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta

Guru Ahli Materi : Neny Rochyati, S.Pd

Setelah memperhatikan instrumen, maka hasil penelitian validasi yaitu:

- a. ☒ Valid dilanjutkan ke penelitian
- b. ☐ Valid dilanjutkan ke penelitian dengan catatan:

.....

.....

- c. ☐ Tidak Valid

Jakarta, 05 Agustus 2019



Neny Rochyati, S.Pd

NIP. 196001231990032002

*Lingkari salah satu pilihan jawaban

Lampiran 9: Lembar Penilaian Oleh Ahli Media Pembelajaran

LEMBAR PENILAIAN

MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*

DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN

DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

OLEH AHLI MEDIA PEMBELAJARAN

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar

No. Registrasi : 5115152690

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta

Dosen Ahli Media : Kunto Imbar Nursetyo, S.Pd, M.Pd

Setelah memperhatikan instrumen, maka hasil penelitian validasi yaitu:

- a. Valid dilanjutkan ke penelitian
- ☒ b. Valid dilanjutkan ke penelitian dengan catatan:
latihan pemenggalan materi
pada modul ppt
- c. Tidak Valid

Jakarta, 21 Agustus 2019



Kunto Imbar Nursetyo, S.Pd, M.Pd

NIP. 198407292008011001

*Lingkari salah satu pilihan jawaban

Lampiran 10: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 1

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta
Nama Peserta Didik : Achmad Fahrizi Syawaldani

Saran dan Evaluasi

*semoga dlm aplikasi ~~ed~~ edmodo anak2 dpt belajar
dengan senang*

Jakarta, 18 September 2019



Achmad Fahrizi Syawaldani

NIS. 198966

Lampiran 11: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 2

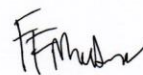
LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta
Nama Peserta Didik : Fadli Fatih Madinah

Saran dan Evaluasi

Lebih mudah menggunakan aplikasi edmodo, karena
belajar lebih efektif dan mudah dimengerti.

Jakarta, 18 September 2019



Fadli Fatih Madinah

NIS. 198973

Lampiran 12: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 3

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta
Nama Peserta Didik : Fauzan Akbar

Saran dan Evaluasi

Sangat Baik, bagus dan tambahkan fitur-fitur lainnya,
juga membantu dalam tugas kita mudah.

Jakarta, 18 September 2019



Fauzan Akbar

NIS. 198974

Lampiran 13: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 4

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta
Nama Peserta Didik : Mohammad Nur Rizky Syahru Rama

Saran dan Evaluasi

Saran Saya Edmodo sudah cukup bagus kalau bisa
di tambah lebih bagus lagi agar orang tertarik menggunakan Edmodo
Evaluasi: Edmodo membantu seseorang untuk memahami ilmu
ketlistrikan lewat Aplikasi yaitu Edmodo

Jakarta, 18 September 2019



Mohammad Nur Rizky Syahru Rama

NIS. 198979

Lampiran 14: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 5

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta
Nama Peserta Didik : Muhamad Lukmansyah

Saran dan Evaluasi

Saran saya adalah kalau Bisa Semua Pelajaran dan
tidak hanya TITL saja masKaseh

Jakarta, 18 September 2019



Muhamad Lukmansyah

NIS. 198981

Lampiran 15: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 6

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta
Nama Peserta Didik : Muria Al Wadi

Saran dan Evaluasi

Saran: menjadikan aplikasi edmodo lebih baik
evaluasi = mengajarkan siswa supaya lebih memahami tentang
ilmu kelistrikan

Jakarta, 18 September 2019



Muria Al Wadi

NIS. 198988

Lampiran 16: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 7

LEMBAR PENILAIAN

MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar

No. Registrasi : 5115152690

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta

Nama Peserta Didik : Raditya Marsecio Aryandi

Saran dan Evaluasi
*Lebih enak memakai Edmodo karena tidak susah menulis
dan kalau memakai edmodo bisa dimengerti saja*

Jakarta, 18 September 2019



Raditya Marsecio Aryandi
NIS. 198991

Lampiran 17: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 8

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta
Nama Peserta Didik : Ridho Maulidan Najap

Saran dan Evaluasi

lebih baik menggunakan Edmodo karena dengan Edmodo kita
bisa lebih memahami pelajaran.

Jakarta, 18 September 2019



Ridho Maulidan Najap

NIS. 198993

Lampiran 18: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 9

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta

Nama Peserta Didik : Samsara Junvianto

Saran dan Evaluasi

Cukup efektif dan mudah dipahami, hanya perlu dibiasakan

Jakarta, 18 September 2019



Samsara Junvianto

NIS. 198995

Lampiran 19: Lembar Penilaian Oleh Peserta Didik 10

LEMBAR PENILAIAN
MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*
DENGAN APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN
DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA
OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

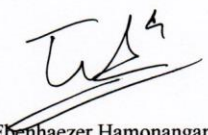
Nama : Yusuf Fadhilah Akbar
No. Registrasi : 5115152690
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran
Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga
Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta

Nama Peserta Didik : Teddy Ebenhaezer Hamonangan S

Saran dan Evaluasi

Saran saya lebih baik belajar menggunakan edmodo
karena kalau pakai edmodo tidak usah cape cape
nulis soal

Jakarta, 18 September 2019


Teddy Ebenhaezer Hamonangan S
NIS. 198997

Lampiran 20: Instrumen Penelitian Berdasarkan Validasi Instrumen Isi

LEMBAR PENILAIAN

MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*

DALAM APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN

DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

OLEH AHLI MATERI

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik Dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta.

Materi Produk : Dasar Listrik dan Elektronika

Sasaran Produk : Peserta Didik Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X SMK Negeri 34 Jakarta

Peneliti : Yusuf Fadhilah Akbar

Validator :

Pekerjaan/Jabatan :

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon kepada Bapak/Ibu untuk menjadi validator **Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika** agar dapat digunakan menjadi media pembelajaran yang layak digunakan untuk menunjang proses pembelajaran. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

A. Petunjuk Pengisian Lembar Penilaian

1. Pemberian jawaban diberikan pada kolom penilaian yang telah disediakan
2. Bapak/Ibu dapat memberikan tanda check list (√) pada kolom penilaian yang disediakan sesuai dengan pendapat Bapak/Ibu
3. Apabila terdapat kekurangan, penulis berharap untuk memberikan evaluasi dan saran pada tempat yang telah disediakan

Keterangan:

4 = Sangat Setuju

3 = Setuju

2 = Kurang Setuju

1 = Tidak Setuju

B. Aspek Penilaian

Aspek Materi					
No	Kriteria Penilaian	Tingkat Penilaian			
		4	3	2	1
1	Isi materi yang disajikan dalam aplikasi Edmodo sesuai dengan indikator pada silabus				
2	Tujuan pembelajaran yang disajikan dalam aplikasi Edmodo sudah jelas				
3	Isi materi yang disajikan mudah dipahami melalui bahan pembelajaran yang disediakan				

4	Konten pembelajaran yang terdapat dalam aplikasi Edmodo mudah dipahami peserta didik				
5	Materi yang disediakan dalam aplikasi Edmodo disusun secara runtut dan sistematis				
6	Materi yang disediakan pada media Edmodo dapat membantu peserta didik dalam proses pembelajaran				
7	Terdapat contoh-contoh soal dalam setiap materi yang akan disajikan				
8	Butir pertanyaan yang dimuat pada soal tidak menyimpang dengan isi materi pembelajaran				
9	Konsep soal yang dibuat tidak menyimpang dengan isi materi pembelajaran				
10	Konsep soal yang disajikan telah sesuai dengan isi materi				
Aspek Kemanfaatan					
11	Modul pembelajaran dalam aplikasi Edmodo dapat dijadikan sebagai sumber belajar bagi peserta didik untuk				

	mempelajari tiap materi pembelajaran dasar listrik dan elektronika				
12	Modul pembelajaran dalam aplikasi Edmodo dapat menumbuhkan motivasi belajar peserta didik				
13	Peserta didik dapat memanfaatkan modul sebagai alat evaluasi				
14	Pengembangan modul pembelajaran dapat memberikan kesempatan peserta didik untuk belajar mandiri				
15	Dengan adanya modul berbasis elektronik, peserta didik dapat menggunakannya dimana saja dan kapan saja				
16	Modul pembelajaran dalam aplikasi Edmodo dapat menunjang proses pembelajaran				
17	Peserta didik dapat memanfaatkan kemajuan teknologi kearah yang lebih positif dengan adanya modul pembelajaran elektronik				
18	Contoh yang disajikan dalam modul pembelajaran Edmodo mudah dipahami				

19	Aplikasi Edmodo cocok untuk dijadikan media penunjang pembelajaran				
20	Modul pembelajaran Edmodo membuat peserta didik untuk saling mengevaluasi kemampuan antara satu dengan yang lain				

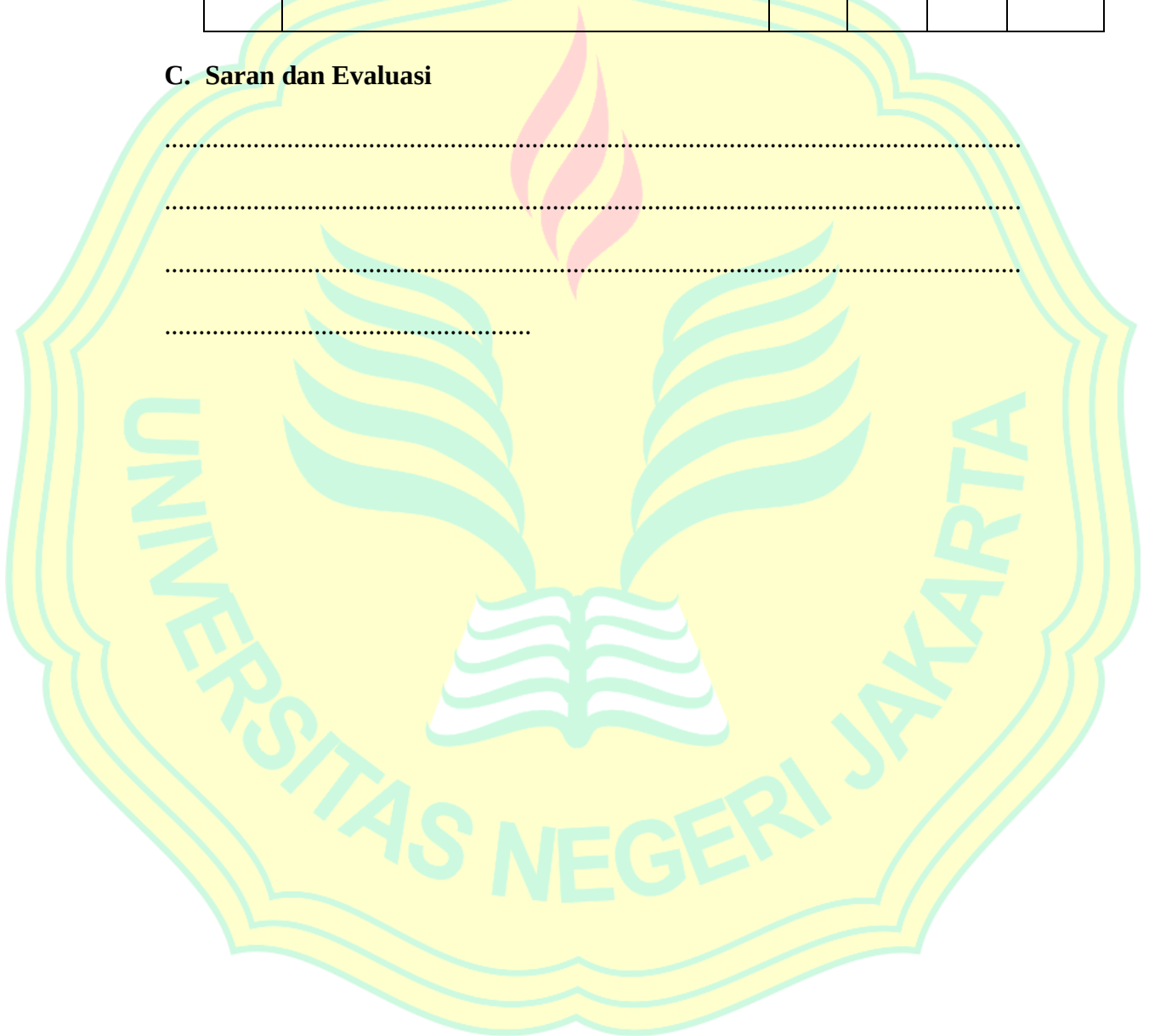
C. Saran dan Evaluasi

.....

.....

.....

.....



Lampiran 21: Instrumen Penelitian Berdasarkan Validasi Instrumen Konstrak

LEMBAR PENILAIAN

MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*

DALAM APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN

DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

OLEH AHLI MEDIA PEMBELAJARAN

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik Dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta.

Materi Produk : Dasar Listrik dan Elektronika

Sasaran Produk : Peserta Didik Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X SMK Negeri 34 Jakarta

Peneliti : Yusuf Fadhilah Akbar

Validator :

Pekerjaan/Jabatan :

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon kepada Bapak/Ibu untuk menjadi validator **Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika** agar dapat digunakan menjadi media pembelajaran yang layak digunakan untuk menunjang proses pembelajaran. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

A. Petunjuk Pengisian Lembar Penilaian

1. Pemberian jawaban diberikan pada kolom penilaian yang telah disediakan
2. Bapak/Ibu dapat memberikan tanda check list (✓) pada kolom penilaian yang disediakan sesuai dengan pendapat Bapak/Ibu
3. Apabila terdapat kekurangan, penulis berharap untuk memberikan evaluasi dan saran pada tempat yang telah disediakan

Keterangan:

4 = Sangat Setuju

3 = Setuju

2 = Kurang Setuju

1 = Tidak Setuju

B. Aspek Penilaian

Aspek Rekayasa Perangkat Lunak					
No	Kriteria Penilaian	Tingkat Penilaian			
		4	3	2	1
1	Fitur yang terdapat dalam grup Edmodo dapat digunakan dalam proses pembelajaran				
2	Fitur notifikasi pada Edmodo dapat dijadikan sebagai sarana sosialisasi yang efektif				

3	Penyajian file (materi, video pembelajaran, latihan soal) disajikan dengan mudah dan tidak membingungkan				
4	File (materi, video pembelajaran, latihan soal) yang tersimpan dalam aplikasi Edmodo tidak mudah hilang				
5	Aplikasi Edmodo dipilih untuk pengembangan media pembelajaran				
6	Fitur grup pada aplikasi Edmodo dapat digunakan sebagai kelas virtual				
7	Aplikasi Edmodo merupakan media pembelajaran yang tidak memiliki kendala saat digunakan, baik server maupun isi dari aplikasinya				
8	Ketepatan aplikasi Edmodo dapat mewujudkan tujuan media pembelajaran				
9	Aplikasi Edmodo dapat membantu peserta didik untuk belajar dimana saja dan kapan saja				
Aspek Rekayasa Komunikasi Visual					
10	Penggunaan aplikasi Edmodo dapat mendukung interaksi antara guru dengan peserta didik, maupun sesama peserta didik				

11	Video pembelajaran dapat membantu peserta didik agar lebih memahami materi				
12	Mudahnya menjalankan aplikasi Edmodo melalui ikon yang tersedia				
13	Kelengkapan materi dalam bentuk per sub bab materi dalam aplikasi Edmodo				
14	Gambar dan video pembelajaran dalam aplikasi Edmodo sederhana dan mudah dipahami				
15	Tampilan desain modul pada aplikasi Edmodo jelas dan menarik				
16	Keterbacaan teks pada modul mudah dipahami				
17	Komposisi warna yang terdapat pada modul tidak mencolok				
18	Kualitas gambar dan video pembelajaran pada aplikasi Edmodo mudah dimengerti				
19	Aplikasi Edmodo mempermudah peserta didik untuk melakukan tanya jawab dengan gurunya				
20	Tampilan materi pada modul konsisten dan tidak membingungkan				

C. Saran dan Evaluasi

.....

.....

.....

.....

.....



Lampiran 22: Instrumen Penelitian Berdasarkan Kelayakan Penggunaan Media Pembelajaran

LEMBAR PENILAIAN

MODUL PEMBELAJARAN ELEKTRONIK BERBASIS *E-LEARNING*

DALAM APLIKASI EDMODO DALAM MATA PELAJARAN

DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

OLEH PESERTA DIDIK MATA PELAJARAN DASAR LISTRIK DAN
ELEKTRONIKA

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Negeri 34 Jakarta.

Materi Produk : Dasar Listrik dan Elektronika

Sasaran Produk : Peserta Didik Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X SMK Negeri 34 Jakarta

Peneliti : Yusuf Fadhilah Akbar

Evaluator :

Kelas :

Asal Sekolah :

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon kepada peserta didik mata pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika untuk menjadi evaluator **Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronik Berbasis *E-Learning* Dengan Aplikasi Edmodo Dalam Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika** agar

dapat digunakan menjadi media pembelajaran yang layak digunakan untuk menunjang proses pembelajaran. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

A. Petunjuk Pengisian Lembar Penilaian

1. Pemberian jawaban diberikan pada kolom penilaian yang telah disediakan.
2. Peserta didik dapat memberikan tanda check list (✓) pada kolom penilaian yang disediakan sesuai dengan pendapat peserta didik.
3. Apabila terdapat kekurangan, penulis berharap untuk memberikan evaluasi dan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan:

- 4 = Sangat Setuju
- 3 = Setuju
- 2 = Kurang Setuju
- 1 = Tidak Setuju

B. Aspek Penilaian

Aspek Materi					
No	Kriteria Penilaian	Tingkat Penilaian			
		4	3	2	1
1	Materi pada modul Edmodo dapat dijadikan sebagai sumber belajar untuk mempersiapkan materi yang akan diajarkan				
2	Modul Edmodo dapat membantu kalian untuk lebih memahami materi belajar				

3	Materi yang terdapat di modul Edmodo membuat untuk belajar secara mandiri				
4	Penyajian materi dalam video pembelajaran dapat membantu untuk lebih mengerti materi pembelajaran				
5	Penyajian materi pada modul pembelajaran Edmodo mendorong untuk berdiskusi dengan teman-teman				
6	Rumus yang disajikan dalam modul mudah dipahami				
7	Materi yang disajikan dalam modul dapat membantu dalam kegiatan praktek				
8	Contoh soal dan soal latihan dapat membantu dalam mengasah kemampuan				
9	Bahasa yang digunakan dalam modul Edmodo mudah untuk dipahami				
10	Modul Edmodo membuat peserta didik dapat belajar dimana saja dan kapan saja				
11	Dengan adanya modul Edmodo menumbuhkan rasa untuk mendapatkan hasil belajar yang lebih baik dan bagus				
12	Aplikasi Edmodo mudah untuk dipelajari karena fiturnya seperti media sosial				
Aspek Komunikasi Visual					

13	Adanya modul Edmodo dapat memahami materi pembelajaran menjadi mudah				
14	Modul Edmodo dapat membantu peserta didik dalam kegiatan belajar di kelas				
15	Modul Edmodo sudah baik untuk dijadikan media pembelajaran mata pelajaran dasar listrik dan elektronika				
16	Fitur <i>chat</i> dalam aplikasi Edmodo memudahkan peserta didik untuk bertanya kepada guru				
17	Tampilan modul Edmodo menarik untuk dijadikan bahan belajar peserta didik				
18	Folder-folder yang terdapat dalam grup Edmodo mudah untuk diakses				
19	Fitur <i>assignment</i> dalam aplikasi Edmodo, memudahkan untuk mengumpulkan tugas yang telah diberikan oleh guru				
20	Penggunaan aplikasi Edmodo dapat mendukung peserta didik untuk berinteraksi dengan guru				

Lampiran 23: Tabel Hasil Pengujian Pemakaian Produk Oleh Peserta Didik

Responden		Hasil Pengujian Pemakaian Produk																				Jumlah	Persentase (%)
		Aspek Materi					Aspek Komunikasi Visual																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	3	2	3	2	3	3	3	4	3	4	3	3	2	3	4	4	3	3	2	3	3	60	75
2	3	3	3	2	3	2	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	61	76,25
3	4	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	4	3	3	3	2	4	4	4	4	4	66	82,5
4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	75	93,75
5	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4	2	3	3	3	2	3	58	72,5
6	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	57	71,25
7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	61	76,25
8	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	57	71,25
9	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	71	88,75
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80	100
11	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	70	87,5
12	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	3	68	85
13	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	2	4	3	4	3	3	4	3	4	3	2	66	82,5
14	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4	3	3	3	4	3	4	3	3	2	67	83,75
15	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	64	80
16	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	76	95
17	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	71	88,75
18	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	64	80
19	3	4	3	4	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	71	88,75
20	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	61	76,25
21	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3	71	88,75
22	3	3	3	2	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	64	80
23	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	66	82,5
24	3	2	3	2	3	3	3	4	3	3	3	2	3	2	3	3	4	3	3	3	2	59	73,75
25	3	3	3	3	3	3	3	2	4	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	60	75
26	3	2	3	3	2	3	4	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	4	4	4	4	63	78,75
27	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4	71	88,75
28	4	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	59	73,75
29	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	78	97,5
30	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	63	78,75
31	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	76	95
32	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	71	88,75
33	3	4	4	4	3	2	3	4	3	4	4	4	2	3	3	3	4	3	3	3	3	66	82,5
34	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	75	93,75
Persentase Keseluruhan																							83.30882353

Lampiran 24: Hasil Perhitungan Pengujian Pemakaian Produk Oleh Peserta Didik

Berikut adalah hasil perhitungan pengujian perbaikan produk oleh 34 peserta didik

$$\% \text{ kelayakan} = \frac{\text{Skor Perolehan}}{\text{Skor Maksimum Indikator}} \times 100\%$$

1. $\% \text{ kelayakan} = \frac{60}{80} \times 100\% = 75\%$
2. $\% \text{ kelayakan} = \frac{61}{80} \times 100\% = 76,25\%$
3. $\% \text{ kelayakan} = \frac{66}{80} \times 100\% = 82,5\%$
4. $\% \text{ kelayakan} = \frac{75}{80} \times 100\% = 93,75\%$
5. $\% \text{ kelayakan} = \frac{58}{80} \times 100\% = 72,5\%$
6. $\% \text{ kelayakan} = \frac{57}{80} \times 100\% = 71,25\%$
7. $\% \text{ kelayakan} = \frac{61}{80} \times 100\% = 76,25\%$
8. $\% \text{ kelayakan} = \frac{57}{80} \times 100\% = 71,25\%$
9. $\% \text{ kelayakan} = \frac{71}{80} \times 100\% = 88,75\%$
10. $\% \text{ kelayakan} = \frac{80}{80} \times 100\% = 100\%$
11. $\% \text{ kelayakan} = \frac{70}{80} \times 100\% = 87,5\%$
12. $\% \text{ kelayakan} = \frac{68}{80} \times 100\% = 85\%$
13. $\% \text{ kelayakan} = \frac{66}{80} \times 100\% = 82,5\%$
14. $\% \text{ kelayakan} = \frac{67}{80} \times 100\% = 83,75\%$
15. $\% \text{ kelayakan} = \frac{64}{80} \times 100\% = 80\%$
16. $\% \text{ kelayakan} = \frac{76}{80} \times 100\% = 95\%$
17. $\% \text{ kelayakan} = \frac{71}{80} \times 100\% = 88,75\%$
18. $\% \text{ kelayakan} = \frac{64}{80} \times 100\% = 80\%$
19. $\% \text{ kelayakan} = \frac{71}{80} \times 100\% = 88,75\%$
20. $\% \text{ kelayakan} = \frac{61}{80} \times 100\% = 76,25\%$
21. $\% \text{ kelayakan} = \frac{71}{80} \times 100\% = 88,75\%$

$$22. \% \text{ kelayakan} = \frac{64}{80} \times 100\% = 80\%$$

$$23. \% \text{ kelayakan} = \frac{66}{80} \times 100\% = 82,5\%$$

$$24. \% \text{ kelayakan} = \frac{59}{80} \times 100\% = 73,75\%$$

$$25. \% \text{ kelayakan} = \frac{60}{80} \times 100\% = 75\%$$

$$26. \% \text{ kelayakan} = \frac{63}{80} \times 100\% = 78,75\%$$

$$27. \% \text{ kelayakan} = \frac{71}{80} \times 100\% = 88,75\%$$

$$28. \% \text{ kelayakan} = \frac{59}{80} \times 100\% = 73,75\%$$

$$29. \% \text{ kelayakan} = \frac{78}{80} \times 100\% = 97,5\%$$

$$30. \% \text{ kelayakan} = \frac{63}{80} \times 100\% = 78,75\%$$

$$31. \% \text{ kelayakan} = \frac{76}{80} \times 100\% = 95\%$$

$$32. \% \text{ kelayakan} = \frac{71}{80} \times 100\% = 88,75\%$$

$$33. \% \text{ kelayakan} = \frac{66}{80} \times 100\% = 82,5\%$$

$$34. \% \text{ kelayakan} = \frac{75}{80} \times 100\% = 93,75\%$$



Lampiran 25: Hasil Penilaian Materi Bahan-Bahan Listrik

1. Kelas Eksperimen

NO	NAMA PESERTA DIDIK	Nilai Bahan-Bahan Listrik	
		Pretest	Posttest
1	FADLI FATIH MADINAH	55	85
2	GALANG BUDIAWAN	55	70
3	RAGIL MUHAMMAD IQBAL	55	80
4	AHMAD FALATEHAN ASSIDDIQI	50	65
5	D SUGIYANA	50	60
6	MOHAMMAD NUR RIZKY SYAHRU RAMA	50	65
7	MUHAMMAD ABDUL RACHIM MULYA	50	70
8	MUHAMMAD PUTRA SYAHBANA	50	55
9	RIDHO MAULIDAN NAJAP	50	80
10	MUHAMAD DIMAS ALFATHIR	45	65
11	MUHAMMAD AWALUDDIN	45	60
12	RADITYA MARSECIO ARYANDI	45	70
13	ILHAM MAHADI	40	60
14	MURIA AL WADI	40	75
15	RADEN FARHAN ALI	40	60
16	ARIES KURNIAWAN	35	70
17	MARIO KARMEL HARYANTO	35	75
18	MUHAMMAD FARHAN	35	65
19	SULTAN ALIF	35	80
20	AHMAD BAYHAQI	30	65
21	BAYU SAPUTRA	30	80
22	ERLITA ARDANA	30	55
23	MUHAMAD LUKMANSYAH	30	75
24	MUHAMMAD FAHRI MAULANA	30	80
25	MUHAMMAD SEHSAR ALIF KUSUMA	30	70
26	NABILLA AZZAHRA	30	75
27	ROY ARIEL RIDWAN	30	75
28	SAMSARA JUNVIANTO	30	50
29	ZIBRAN ZAHUHAIR	30	80
30	ABDUL KHOLID	25	70
31	ACHMAD FAHRIZI SYAWALDANI	25	65
32	TEDDY EBENHAEZER HAMONANGAN S	25	65
33	FAUZAN AKBAR	15	70
34	YASSIN MULYADI	15	80
Jumlah Total		1265	2365
Rata-Rata Total		37,20588235	69,55882353
Bahan-bahan Listrik Nilai Atas			
Jumlah		720	1020
Rata-Rata		48	68
Bahan-bahan Listrik Nilai Bawah			
Jumlah		545	1345
Rata-Rata		28,68421053	70,78947368

2. Kelas Kontrol

NO	NAMA PESERTA DIDIK	Nilai Bahan-Bahan Listrik	
		Pre-Test	Post-Test
1	RA. MAXMILIANO BALI S.	60	55
2	RANGGA DWI HADI PURWANTO	60	60
3	SYACH LEVI PUTRA INDRAWAN	60	65
4	ABDUL HAVID	55	65
5	AHMAD FARHAN	55	50
6	ATHALLAH ZAIDHAN AKMAL	55	50
7	FAJRI KURNIAWAN	55	65
8	MATTHEW PUTRA PRATAMA FERDIAN	55	70
9	MUHAMMAD ZUHDI KAMIL	55	65
10	NAZARUDDIN	55	55
11	TYAS FADILAH RAHMAN	55	45
12	AN - NUUR AL - HAJI	50	60
13	FREDLY GABRIEL ARNOLD	50	70
14	IFAN JUNAEDI	50	55
15	MUHAMMAD RANDY	50	55
16	ACHMAD RIZKY DARMAWAN	45	65
17	GIENSA CRISTIANO MARTUROMY	45	70
18	MUHAMMAD WAHYUDIN	45	60
19	RAKA YUDHIS SURIANTO	45	65
20	RINTO DWI OCTAVIANO	45	55
21	SHAKA HAYQAL RUSMAN	45	55
22	EGA MADANA	40	55
23	MUHAMMAD RAMDHANI	40	40
24	MUHAMMAD WILDAN SAPUTRA	40	60
25	NANDAR	40	50
26	RANDI	40	60
27	SARIFFUDIN	40	60
28	MUHAMMAD SUBHAN	35	45
29	RATU KALNAYA HELLY KHARISMA AZ-ZIKRA	35	50
30	YUDHA AFRIYADI	35	40
31	DELY RESTU MULYA	30	55
32	FARISAN	30	65
33	MUHAMMAD RAHUL ALFLANTA	25	45
34	ANGGITA MEILANI PUTRI	20	40
35	BAGAS DWIDONO PUTRO	20	55
Jumlah Total		1560	1975
Rata-Rata Total		44,57142857	56,42857143
Bahan-bahan Listrik Nilai Atas			
Jumlah		1090	1255
Rata-Rata		51,9047619	59,76190476
Bahan-bahan Listrik Nilai Bawah			
Jumlah		470	720
Rata-Rata		33,57142857	51,42857143

Lampiran 26: Hasil Penilaian Materi Rangkaian Listrik Arus Searah

1. Kelas Eksperimen

NO	NAMA PESERTA DIDIK	Nilai Rangkaian Listrik Arus Searah	
		Pretest	Posttest
1	SULTAN ALIF	60	85
2	BAYU SAPUTRA	55	80
3	MUHAMMAD FARHAN	55	75
4	NABILLA AZZAHRA	55	80
5	ROY ARIEL RIDWAN	55	75
6	GALANG BUDIAWAN	50	65
7	MUHAMMAD AWALUDDIN	50	70
8	RIDHO MAULIDAN NAJAP	50	85
9	ZIBRAN ZAHUHAIR	50	85
10	ACHMAD FAHRIZI SYAWALDANI	45	55
11	AHMAD BAYHAQI	45	65
12	AHMAD FALATEHAN ASSIDDIQI	45	65
13	D SUGIYANA	45	65
14	ILHAM MAHADI	45	80
15	MUHAMMAD SEHSAR ALIF KUSUMA	45	70
16	RADEN FARHAN ALI	45	80
17	ABDUL KHOLID	40	85
18	FADLI FATIH MADINAH	40	60
19	MUHAMAD LUKMANSYAH	40	75
20	MUHAMMAD ABDUL RACHIM MULYA	40	80
21	MUHAMMAD FAHRI MAULANA	40	90
22	MUHAMMAD PUTRA SYAHBANA	40	75
23	RAGIL MUHAMMAD IQBAL	40	80
24	YASSIN MULYADI	40	55
25	ERLITA ARDANA	35	65
26	TEDDY EBENHAEZER HAMONANGAN S	35	75
27	FAUZAN AKBAR	30	75
28	MOHAMMAD NUR RIZKY SYAHRU RAMA	30	60
29	MUHAMAD DIMAS ALFATHIR	25	90
30	MURIA AL WADI	25	70
31	RADITYA MARSECIO ARYANDI	25	75
32	ARIES KURNIAWAN	20	85
33	MARIO KARMELO HARYANTO	15	75
34	SAMSARA JUNVIANTO	15	90
Jumlah Total		1370	2540
Rata-Rata Total		40,29411765	74,70588235
Rangkaian Listrik Arus Searah Nilai Atas			
Jumlah		1115	1780
Rata-Rata		46,45833333	74,16666667
Rangkaian Listrik Arus Searah Nilai Bawah			
Jumlah		255	695
Rata-Rata		25,5	76

2. Kelas Kontrol

NO	NAMA PESERTA DIDIK	Rangkaian Listrik Arus Searah	
		Pre-Test	Post-Test
1	NAZARUDDIN	75	80
2	MUHAMMAD WAHYUDIN	70	80
3	GIENSA CRISTIANO MARTUROMY	65	60
4	MUHAMMAD RAHUL ALFLANTA	65	80
5	RA. MAXMILIANO BALI S.	65	75
6	ABDUL HAVID	60	45
7	AHMAD FARHAN	60	80
8	ATHALLAH ZAIDHAN AKMAL	60	60
9	FARISAN	60	80
10	MUHAMMAD RAMDHANI	60	75
11	MUHAMMAD SUBHAN	60	75
12	SYACH LEVI PUTRA INDRAWAN	60	70
13	ACHMAD RIZKY DARMAWAN	55	65
14	BAGAS DWIDONO PUTRO	55	45
15	DELY RESTU MULYA	55	50
16	IFAN JUNAEDI	55	60
17	MUHAMMAD RANDY	55	80
18	NANDAR	55	80
19	RAKA YUDHIS SURIANTO	55	70
20	RANDI	55	70
21	RANGGA DWI HADI PURWANTO	55	60
22	TYAS FADILAH RAHMAN	55	75
23	FREDLY GABRIEL ARNOLD	50	65
24	MUHAMMAD ZUHDI KAMIL	50	60
25	RATU KALNAYA HELLY KHARISMA AZ-ZIKRA	50	70
26	RINTO DWI OCTAVIANO	50	60
27	YUDHA AFRIYADI	50	65
28	AN - NUUR AL - HAJI	45	70
29	FAJRI KURNIAWAN	45	65
30	MUHAMMAD WILDAN SAPUTRA	45	45
31	SARIFFUDIN	45	65
32	SHAKA HAYQAL RUSMAN	45	55
33	ANGGITA MEILANI PUTRI	40	80
34	EGA MADANA	40	75
35	MATTHEW PUTRA PRATAMA FERDIAN	35	75
Jumlah Total		1900	2365
Rata-Rata Total		54,28571429	67,57142857
Rangkaian Listrik Arus Searah Nilai Atas			
Jumlah		1310	1515
Rata-Rata		59,54545455	68,86363636
Rangkaian Listrik Arus Searah Nilai Bawah			
Jumlah		590	850
Rata-Rata		45,38461538	65,38461538

Lampiran 27: Soal *Pre-Test* Materi Bahan-Bahan ListrikSoal *Pre-Test* Bab Bahan-Bahan Listrik

1. Konduktor adalah

 - a. Bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik
 - b. Bahan listrik yang mempunyai daya hantar listrik yang besar sehingga arus listrik mudah mengalir di dalamnya
 - c. Bahan setengah penghantar listrik
 - d. Bahan yang tidak memiliki penghantar
 - e. Bahan yang dapat dijadikan sumber listrik

2. Manakah benda dibawah ini yang termasuk dari bahan konduktor

 - a. Alumunium, kaca, dan karbon
 - b. Kertas, karet, dan plastik
 - c. Besi, tembaga, dan air
 - d. Timah, ban, dan kain
 - e. Platinum, baja, dan tembok

3. Dibawah ini terdapat suatu persamaan:
$$R = \frac{\rho \times \ell}{A}$$
Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan suatu nilai

 - a. Hambatan konduktor
 - b. Konduktivitas konduktor
 - c. Koefisien konduktor
 - d. Resistansi konduktor
 - e. Beban konduktor

4. Manakah bahan dibawah ini yang biasa digunakan sebagai konduktor

 - a. Logam ringan
 - b. Logam mulia
 - c. Logam paduan
 - d. Logam berat
 - e. Logam tahan api

5. Bahan-bahan listrik dapat dikelompokkan menjadi kelompok

 - a. 3
 - b. 4
 - c. 5
 - d. 6
 - e. 7

6. Bahan-bahan yang dipakai untuk konduktor harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut, **kecuali**
- Koefisien muai panjangnya kecil
 - Konduktifitasnya cukup baik
 - Modulus kenyalnya (modulus elastisitas) cukup besar
 - Kekuatan mekanisnya (kekuatan tarik) cukup tinggi
 - Memiliki daya penghantar yang buruk
7. Bahan-bahan konduktor memiliki yang tinggi
- Tegangan
 - Arus
 - Konduktivitas
 - Hambatan
 - Resistansi
8. Sebuah tembaga memiliki hambatan jenis sebesar $1,7 \times 10^{-8}$ dengan panjang 1 meter dan luas penampang $1 \times 10^{-5} \text{ m}^2$. Berapakah nilai resistansi dari tembaga tersebut
- $1,7 \times 10^{-3} \Omega$
 - $17 \times 10^{-3} \Omega$
 - $170 \times 10^{-3} \Omega$
 - $1,7 \times 10^{-4} \Omega$
 - $170 \times 10^{-4} \Omega$
9. Bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik disebut
- Induktor
 - Semikonduktor
 - Konduktor
 - Resistivitas
 - Isolator
10. Jenis bahan listrik apakah yang terdapat di bawah ini



- Semikonduktor
- Isolator
- Konduktor
- Induktor

- e. Resistivitas
11. Bahan-bahan konduktor memiliki yang tinggi
- Konduktivitas
 - Resistansi
 - Tegangan
 - Hambatan
 - Arus
12. Nilai resistansi biasanya memiliki nilai mulai dari
- $10 \times 10^9 \Omega - 10 \times 10^{15} \Omega$
 - $10 \times 10^{-9} \Omega - 10 \times 10^{-15} \Omega$
 - $1 \times 10^9 \Omega - 1 \times 10^{15} \Omega$
 - $1 \times 10^{-9} \Omega - 1 \times 10^{-15} \Omega$
 - $10 \times 10^{10} \Omega - 10 \times 10^{15} \Omega$
13. Bahan isolator yang dapat dijumpai pada rumah kalian yaitu
- Sendok
 - Alat pemanas air
 - Garpu
 - Spatula besi
 - Botol plastik
14. Berikut adalah sifat-sifat dari isolator, **kecuali**
- Sifat listrik
 - Sifat termal
 - Sifat intrinsik
 - Sifat mekanis
 - Sifat kimia
15. Semikonduktor disebut juga sebagai
- Bahan setengah penghantar listrik
 - Bahan yang memiliki suhu tinggi
 - Bahan yang tidak memiliki penghantar
 - Bahan yang tidak bisa menghantarkan listrik
 - Bahan yang mempunyai daya hantar listrik yang besar
16. Bahan semikonduktor biasanya digunakan pada
- Alat rumah tangga
 - Alat perkakas
 - Komponen elektronika
 - Komponen panel listrik
 - Komponen mesin mobil

17. Terdapat berapa cara bahan semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik
- 5
 - 4
 - 3
 - 2
 - 1
18. Cara bahan semikonduktor dapat mengubahnya daya hantar listrik pada semikonduktor yang tergantung pada suhu disebut
- Konduksi intrinsik
 - Konduksi ekstrinsik
 - Konduksi tipe N
 - Konduksi tipe P
 - Konduksi peralihan
19. Pada konduksi ekstrinsik terdapat 2 jenis, yaitu
- Internal dan eksternal
 - Eksternal dan tipe N
 - Tipe P dan internal
 - Tipe N dan internal
 - Tipe P dan tipe N
20. Manakah benda dibawah ini yang termasuk dari bahan semikonduktor
- Baja ringan dan resistor
 - Piring plastik dan ban motor
 - TRIAC dan sendok
 - Tembaga dan DIAC
 - Dioda dan kapasitor

Lampiran 28: Soal *Post-Test* Materi Bahan-Bahan Listrik

Soal *Post-Test* Bab Bahan-Bahan Listrik

1. Bahan listrik yang mempunyai daya hantar listrik yang besar sehingga arus listrik mudah mengalir di dalamnya disebut

 - a. Resistansi
 - b. Semikonduktor
 - c. Isolator
 - d. Konduktor
 - e. Konduktivitas

2. Nilai resistansi suatu bahan konduktor tergantung pada, **kecuali**.....

 - a. Jenis bahan konduktor
 - b. Panjang konduktor
 - c. Suhu konduktor
 - d. Beban konduktor
 - e. Luas penampang konduktor

3. Dibawah ini terdapat suatu persamaan:

$$R = \frac{\rho \times \ell}{A}$$

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan suatu nilai

- a. Resistansi konduktor
 - b. Beban konduktor
 - c. Konduktivitas konduktor
 - d. Hambatan konduktor
 - e. Koefisien konduktor
4. Manakah dibawah ini yang termasuk benda dari bahan konduktor

 - a. Wajan, sisir, dan sepatu
 - b. Alas setrika, sendok, dan panci
 - c. Helm, lemari, dan tas
 - d. Sandal, penggaris besi, dan TV
 - e. Tembok, garpu, panci

5. Berikut adalah syarat bahan yang digunakan untuk konduktor, **kecuali**

 - a. Konduktifitasnya cukup baik
 - b. Koefisien muai panjangnya kecil
 - c. Modulus elastisitas cukup besar
 - d. Kekuatan mekanisnya cukup tinggi
 - e. Nilai tahanan yang rendah

6. Nilai resistansi konduktor diukur dalam satuan
 - a. Ampere
 - b. Volt
 - c. Ohm
 - d. m^2
 - e. Farad
7. Bahan-bahan konduktor memiliki yang tinggi
 - a. Konduktivitas
 - b. Tegangan
 - c. Resistansi
 - d. Arus
 - e. Hambatan
8. Sebuah aluminium dengan panjang 10 meter dan luas penampang $1,4 \times 10^{-6} m^2$ memiliki nilai resistivitas sebesar $2,8 \times 10^{-8} \Omega m$. Berapakah nilai resistansinya
 - a. 2Ω
 - b. $0,2 \Omega$
 - c. $0,02 \Omega$
 - d. 20Ω
 - e. $2,2 \Omega$
9. Bahan-bahan yang biasa digunakan sebagai konduktor terdiri dari
 - a. 6
 - b. 5
 - c. 4
 - d. 3
 - e. 2
10. Hitung resistansi jika kabel sepanjang 2 km yang terbuat dari tembaga memiliki resistivitas sebesar $1,7 \times 10^{-8} \Omega m$ dan mempunyai luas penampang sebesar $200 mm^2$
 - a. $17 \times 10^2 \Omega$
 - b. 17Ω
 - c. $17 \times 10^{-2} \Omega$
 - d. $17 \times 10^{-1} \Omega$
 - e. 170Ω
11. Isolator adalah
 - a. Bahan yang tidak memiliki penghantar
 - b. Bahan setengah penghantar listrik
 - c. Bahan listrik yang mempunyai daya hantar listrik yang besar sehingga arus listrik mudah mengalir di dalamnya

- d. Bahan yang dapat dijadikan sumber listrik
 - e. Bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik
12. Bahan isolator yang dapat dijumpai pada rumah kalian yaitu
- a. Garpu
 - b. Alas setrika
 - c. Lemari
 - d. Penggaris besi
 - e. Wajan
13. Bahan-bahan konduktor memiliki yang tinggi
- a. Resistivitas
 - b. Tegangan
 - c. Daya
 - d. Resistansi
 - e. Konduktivitas
14. Manakah sifat dibawah ini yang bukan sifat isolator
- a. Kimia
 - b. Termal
 - c. Peralihan
 - d. Mekanis
 - e. Listrik
15. Contoh bahan isolator yang digunakan pada kabel yaitu
- a. Baja
 - b. Karet
 - c. Alumunium
 - d. Kain
 - e. Tembaga
16. Bahan-bahan listrik dapat dikelompokkan menjadi kelompok
- a. 5
 - b. 4
 - c. 3
 - d. 2
 - e. 1
17. Semikonduktor disebut juga sebagai
- a. Bahan yang mempunyai daya hantar listrik yang besar
 - b. Bahan yang tidak memiliki penghantar
 - c. Bahan yang tidak bisa menghantarkan listrik
 - d. Bahan yang memiliki suhu tinggi
 - e. Bahan setengah penghantar listrik

18. Manakah dibawah ini yang termasuk cara bahan semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik
- a. Konduksi intrinsik dan konduksi ekstrinsik
 - b. Semikonduktor tipe N dan semikonduktor tipe P
 - c. Bipolar dan unipolar
 - d. Langsung dan tidak langsung
 - e. Alami dan buatan
19. Bahan semikonduktor biasanya digunakan pada
- a. Alat perkakas
 - b. Komponen elektronika
 - c. Alat masak
 - d. Komponen instalasi listrik
 - e. Alat ukur listrik
20. Pada konduksi ekstrinsik terdapat 2 jenis, yaitu
- a. Logam dan Non-logam
 - b. Internal dan eksternal
 - c. Langsung dan tidak langsung
 - d. Tipe P dan tipe N
 - e. Mudah berkarat dan tidak mudah berkarat



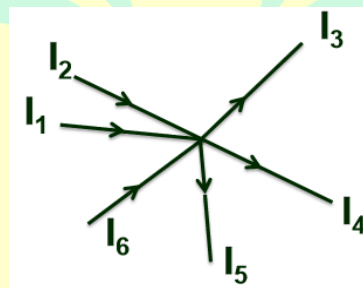
Lampiran 29: Soal *Pre-Test* Materi Rangkaian Listrik Arus Searah

Soal *Pre-Test* Bab Rangkaian Listrik Arus Searah

1. Perbandingan selisih potensial atau tegangan (U) antara dua titik sembarang dengan arus listrik (I) yang mengalir disebut dengan hukum
 - a. Ohm
 - b. Kirchoff I
 - c. Kirchoff II
 - d. Superposisi
 - e. Thevenin
2. Ohm adalah satuan dari
 - a. Kapasitif
 - b. Induktansi
 - c. Dioda
 - d. Resistansi
 - e. Transistor
3. Manakah dibawah ini yang termasuk rumus dari hukum ohm
 - a. $R = \frac{U}{I}$
 - b. $\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar}$
 - c. $T = \frac{1}{f}$
 - d. $W = f \times s$
 - e. $P = \frac{W}{t}$
4. Sebuah resistor mendapatkan tegangan sebesar 110 volt yang memiliki arus 10
 - A. Tentukan nilai resistansi yang dihasilkan oleh resistor
 - a. 1100Ω
 - b. 110Ω
 - c. 11Ω
 - d. $0,11 \Omega$
 - e. $1,1 \Omega$
5. Terdapat dua hukum kirchoff, yaitu hukum kirchoff dan hukum kirchoff
 - a. Arus dan tegangan
 - b. Positif dan negatif
 - c. Langsung dan tidak langsung
 - d. Hambatan dan daya
 - e. Masuk dan keluar

6. Pada hukum kirchoff menyangkut
- Sifat arus dan sifat tegangan dalam suatu loop atau rangkaian listrik.
 - Rangkaian paralel yang dialiri kebocoran arus listrik
 - Kapasitor yang tidak dapat digunakan
 - Rangkaian listrik yang memiliki tegangan berlebih
 - Nilai resistansi yang buruk
7. Yang dimaksud dengan hukum kirchoff I adalah
- Jumlah gaya gerak listrik (ϵ) dengan penurunan tegangan (IR) dalam rangkaian tertutup sama dengan nol
 - Jumlah kuat arus listrik yang memasuki suatu titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang keluar dari titik percabangan
 - Perbandingan selisih potensial atau tegangan (U) antara dua titik sembarang dengan arus listrik yang mengalir
 - Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan dan sebuah tahanan yang diseri
 - Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber arus dan sebuah tahanan yang diparalel dengan sumber arus.

8. Perhatikan gambar dibawah ini!



Berdasarkan rangkaian diatas, dapat dirumuskan

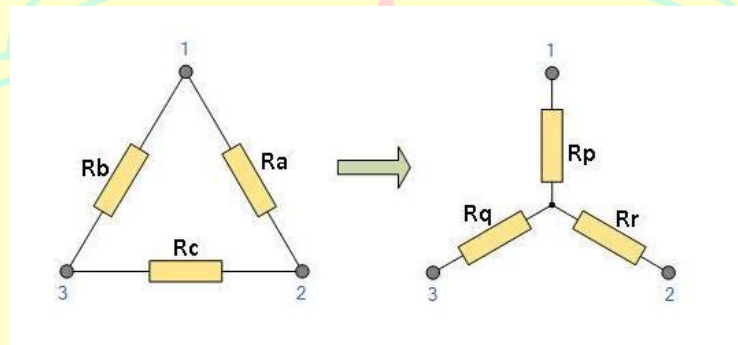
- $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 + I_6$
 - $I_1 + I_2 - I_3 = I_4 - I_5 + I_6$
 - $I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5 + I_6$
 - $I_1 - I_2 + I_6 = I_3 + I_4 - I_5$
 - $I_1 + I_2 + I_6 = I_3 + I_4 + I_5$
9. Pada gambar no. 8, termasuk kedalam rangkaian
- Hukum Ohm
 - Teori Superposisi
 - Teori Norton
 - Hukum Kirchoff I
 - Hukum Kirchoff II

10. Berdasarkan gambar pada no. 8, diketahui $I_1 = 3A$, $I_3 = 4A$, $I_4 = 6A$, $I_5 = 5A$, dan $I_6 = 7A$. Berapakah nilai dari I_2
- 5 A
 - 11 A
 - 1 A
 - 9 A
 - 3 A
11. Satuan dari arus listrik adalah
- Ohm
 - Volt
 - Ampere
 - Watt
 - Joule
12. Hukum Kirchoff II memiliki nama lain, yaitu
- Kirchoff's Current Law*
 - Kirchoff's Voltage Law*
 - Kirchoff's Barrier Law*
 - Kirchoff's Power Law*
 - Kirchoff's Prisonert Law*
13. Terdapat berapa langkah-langkah untuk menyelesaikan hukum Kirchoff II
- 7
 - 6
 - 5
 - 4
 - 3
14. Manakah dibawah ini yang termasuk dari persamaan hukum kirchoff II
- $Q = m \times C \times \Delta t$
 - $V = I \times R$
 - $\sum V + \sum IR = 0$
 - $P = \frac{V}{I}$
 - $\sum I_{masuk} = \sum I_{keluar}$
15. Untuk menentukan arah loop, dapat ditentukan sesuai
- Hambatan yang paling besar
 - Searah jarum jam
 - Arus yang paling besar
 - Berlawanan jarum jam
 - Tegangan yang paling kecil

16. Rangkaian yang dapat diganti dari rangkaian bintang ke rangkaian segitiga disebut

- Transformasi Delta – Star
- Transformasi Star – Delta
- Rangkaian Superposisi
- Rangkaian Seri
- Rangkaian Paralel

17. Perhatikan gambar dibawah ini!



Rangkaian apakah tersebut

- Thevenin
- Norton
- Transformasi delta – star
- Superposisi
- Transformasi star – delta

18. Transformasi Star – Delta adalah suatu jenis rangkaian yang digunakan pada

- Rangkaian elektronika
- Instalasi listrik 3 fasa
- Instalasi listrik 1 fasa
- Rangkaian PLC
- Rangkaian smart relay

19. Pada rangkaian instalasi listrik 3 fasa memiliki beda potensial yaitu

- 5 V
- 12 V
- 110 V
- 220 V
- 380 V

20. Berikut ini adalah penggunaan pada rangkaian instalasi listrik 3 fasa pada

- Penerangan lampu
- Instalasi penerangan
- Mobil listrik
- Komponen elektronika
- Peralatan listrik rumah tangga

Lampiran 30: Soal *Post-Test* Materi Rangkaian Listrik Arus SearahSoal *Post-Test* Rangkaian Listrik Arus Searah

1. Yang dimaksud dengan hukum ohm adalah
 - a. Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan dan sebuah tahanan yang diseri
 - b. Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber arus dan sebuah tahanan yang diparalel dengan sumber arus
 - c. Jumlah gaya gerak listrik (ϵ) dengan penurunan tegangan (IR) dalam rangkaian tertutup sama dengan nol
 - d. Jumlah kuat arus listrik yang memasuki suatu titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang keluar dari titik percabangan
 - e. Perbandingan selisih potensial atau tegangan (U) antara dua titik sembarang dengan arus listrik (I) yang mengalir

2. Dibawah ini terdapat suatu persamaan:

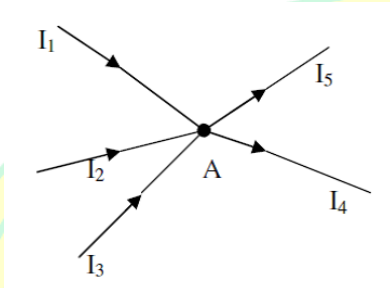
$$R = \frac{U}{I}$$

Persamaan berikut termasuk dari hukum

- a. Kirchoff 1
 - b. Ohm
 - c. Kirchoff 2
 - d. Superposisi
 - e. Norton
3. Diketahui nilai tegangan pada suatu rangkaian sebesar 24 volt dan nilai arus yang terbaca pada amperemeter sebesar 10 mA. Berapakah nilai resistansinya
 - a. 2,4 Ω
 - b. 24 Ω
 - c. 240 Ω
 - d. 2400 Ω
 - e. 0,24 Ω
 4. Sebuah resistor memiliki arus sebesar 3 A dan nilai resistansinya 36 ohm. Tentukan nilai tegangan yang dihasilkan oleh resistor.....
 - a. 108 V
 - b. 1,08 V
 - c. 10,8 V
 - d. 12 V
 - e. 120 V
 5. Satuan dari resistansi adalah
 - a. Ampere
 - b. Tegangan
 - c. Ohm
 - d. m^2
 - e. kg/cm^2
 6. Hukum kirchoff terbagi menjadi
 - a. 6
 - b. 5
 - c. 4
 - d. 3
 - e. 2

7. Jumlah kuat arus listrik yang memasuki suatu titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang keluar dari titik percabangan disebut
- Hukum Kirchoff I
 - Hukum Kirchoff II
 - Teori Thevenin
 - Teori Superposisi
 - Teori Norton

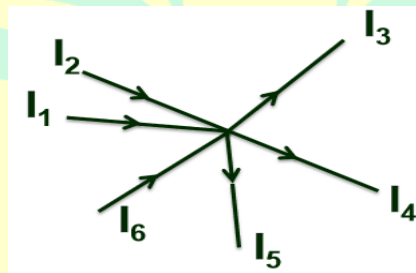
8. Perhatikan gambar dibawah ini!
Berdasarkan rangkaian diatas, dapat dirumuskan



- $I_1 - I_2 + I_3 = I_4 - I_5$
- $I_1 + I_2 - I_3 = I_4 - I_5$
- $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$
- $I_1 - I_2 = I_3 + I_4 - I_5$
- $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$

9. Berdasarkan gambar pada no. 8, diketahui $I_1 = 2A$, $I_2 = 4A$, $I_3 = 8A$, dan $I_4 = 10A$. Berapakah nilai dari I_5
- 12 A
 - 8 A
 - 6 A
 - 4 A
 - 2 A

10. Perhatikan gambar dibawah ini!



Diketahui $I_1 = 1A$, $I_2 = 5A$, $I_3 = 8A$, $I_4 = 9A$, dan $I_5 = 3A$. Berapakah nilai dari I_6

- 2 A
 - 12 A
 - 14 A
 - 8 A
 - 10 A
11. Nama lain dari hukum kirchoff I adalah
- Kirchoff's Current Law*
 - Kirchoff's Voltage Law*
 - Kirchoff's Barrier Law*
 - Kirchoff's Power Law*
 - Kirchoff's Prisonert Law*

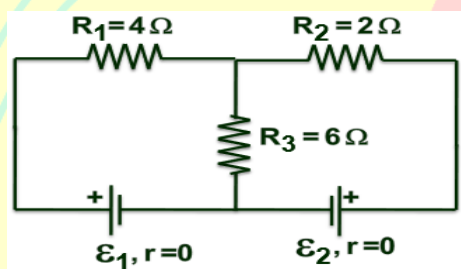
12. Jumlah gaya gerak listrik (ϵ) dengan penurunan tegangan (IR) dalam rangkaian tertutup sama dengan nol disebut
- Hukum Kirchoff I
 - Hukum Kirchoff II

- c. Teori Thevenin
- d. Teori Superposisi
- e. Teori Norton

13. Manakah dibawah ini yang termasuk dari persamaan hukum kirchoff II

- a. $Q = m \times C \times \Delta t$
- b. $V = I \times R$
- c. $\sum V + \sum IR = 0$
- d. $P = \frac{V}{I}$
- e. $\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar}$

14. Perhatikan gambar dibawah ini!



Berapakah nilai dari $I_1 + I_2 + I_3 = \dots$

- a. 5 A
- b. 4 A
- c. 3 A
- d. 2 A
- e. 1 A

15. Hukum Kirchoff II memiliki nama lain, yaitu

- a. *Kirchoff's Current Law*
- b. *Kirchoff's Voltage Law*
- c. *Kirchoff's Barrier Law*
- d. *Kirchoff's Power Law*
- e. *Kirchoff's Prisonert Law*

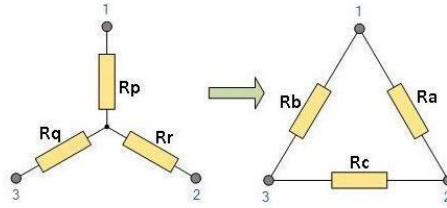
16. Untuk menentukan arah loop, dapat ditentukan sesuai

- a. Hambatan yang paling kecil
- b. Searah jarum jam
- c. Arus yang paling kecil
- d. Berlawanan jarum jam
- e. Tegangan yang paling besar

17. Rangkaian yang dapat diganti dari rangkaian segitiga ke rangkaian bintang disebut

- a. Rangkaian Thevenin
- b. Rangkaian Superposisi
- c. Rangkaian Norton
- d. Transformasi Star – Delta
- e. Transformasi Delta – Star

18. Perhatikan gambar dibawah ini!



Rangkaian apakah tersebut

- a. Transformasi star – delta
- b. Transformasi delta – star
- c. Thevenin
- d. Norton
- e. Superposisi

19. Transformasi Star – Delta adalah suatu jenis rangkaian yang digunakan pada

- a. Rangkaian elektronika
- b. Instalasi tenaga
- c. Instalasi penerangan
- d. Rangkaian PLC
- e. Rangkaian smart relay

20. Berikut ini adalah penggunaan pada rangkaian instalasi listrik 3 phasa pada

- a. Penerangan 3 kelompok 1 phasa
- b. Instalasi penerangan
- c. Mobil listrik
- d. Komponen elektronika
- e. Peralatan listrik rumah tangga

Lampiran 31: Soal Kuis Materi Elemen Pasif

Kuis Materi Elemen Pasif

1. Jelaskan pengertian dari resistor, induktor, dan kapasitor!
2. Sebutkan jenis-jenis resistor yang kalian ketahui!
3. Jelaskan fungsi dari komponen resistor, kapasitor dan Induktor!
4. Berapa nilai resistor dengan kode warna ungu, kuning, oranye, emas?
5. Berapa nilai resistor dengan kode warna kuning, coklat, biru, oranye, perak?



Lampiran 32: Hasil UAS Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Tahun Pelajaran 2017/2018

HASIL NILAI PAS GANJIL DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA SMKN 34 JAKARTA TP 2017/2018																																							
No	NOMOR	NAMA	TC	FC	FIS	STATE_TEXT1	A	A	D	E	B	B	C	E	C	D	C	B	D	D	C	E	A	D	E	B	C	D	D	B	B	C	D	C	B	A			
1	010020019	ABRAR HAFIZ R	17	13	56.67	*AD****CB**E*F*BC**DBCCDBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
2	010020028	ADIYTA DHARMA W	16	14	53.33	*AD*BB*ECDD*BF**D*BC****DCBA	C	A	D	C	C	D	B	E	C	D	E	B	C	E	C	E	C	E	D	E	B	C	E	E	B	B	C	D	C	B	A		
3	010020037	ADITYA DANU SAPUTRA	12	18	40.00	*A**B*EC**C**D**DE**C**D**C**C*	C	A	A	B	A	B	E	E	C	B	C	D	C	E	C	E	B	D	E	C	D	B	D	C	A	A	E	A	B	A			
4	010020046	ADITYA DWI NUGROHO	7	23	23.33	AA*****C*****CB*	A	A	E	D	A	C	B	C	E	A	C	B	C	E	C	C	A	D	C	D	B	B	C	A	A	A	E	C	B	E			
5	010020055	AHMAD AGIL	12	18	40.00	AA****C**C**DCE**BCD**B****A	A	A	E	C	A	C	C	B	E	E	C	C	A	D	C	E	C	A	D	B	C	D	D	B	B	B	B	E	C	D	A		
6	010020064	AHMAD DZAKI FARIZKY	10	20	33.33	AA*****C*****A**BC**B**C*A	A	A	E	D	A	C	C	D	A	E	A	D	A	B	D	B	A	A	D	B	C	C	E	B	B	B	E	C	D	A			
7	010020073	ANAS LUTHFIANDI	15	15	50.00	A**EBCE**D*BD**C*ADE*****CD**	E	E	B	E	B	B	C	E	B	D	A	B	D	E	C	B	A	A	D	E	E	D	C	E	A	C	C	D	E	D	B		
8	010020082	ANTONI WILLY	15	15	50.00	*AD*B**C**C**D*E*F**C**BCCDB*	E	A	D	A	B	D	A	A	C	B	C	A	C	D	E	E	B	D	D	C	A	C	C	B	B	B	C	D	C	B	B		
9	010020099	ARIQ DHAIFULLAH	17	13	56.67	*A*E*B*CB**D**C**B**C**D*BA	E	A	A	E	A	B	B	E	E	C	B	C	C	D	A	C	B	B	C	B	B	C	D	A	B	A	B	C	D	A	B	A	
10	010020108	ARYA SENTANU	16	14	53.33	*A*E*B*E**C**D**A**D**C**B**C**BA	A	A	B	E	A	B	B	E	A	E	C	A	D	C	D	C	A	D	B	A	C	C	E	B	B	B	C	D	C	D	A		
11	010020117	BAGAS MALBASYID	15	15	50.00	AAD*B**C**D*B**CEAD*****B**C**C*	A	A	D	C	B	C	C	E	C	E	A	D	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	
12	010020126	BIMO RUBIANTORO	17	13	56.67	AAD*BBCE**C**DCE**DEBC**B**C**C**	A	A	D	D	B	B	B	C	E	B	B	C	E	E	C	D	C	E	B	D	C	C	B	B	B	A	C	A	A	E	B		
13	010020135	DENI SUTISNA	16	14	53.33	A**E*B*EC**C**D**DE**C**D**C**C*	A	B	E	E	A	B	B	C	E	C	D	C	B	A	C	E	B	D	E	B	C	C	D	A	B	A	E	C	D	C	D	A	
14	010020144	ERLANGGA HARIST	18	12	60.00	AA*EBBC**C**D**A**B**DB**D**BA	A	A	B	E	B	B	C	C	E	E	D	C	E	D	B	A	C	A	C	B	B	B	D	B	B	A	D	E	B	A			
15	010020153	FAHRI KURNIA WIBOWO	17	13	56.67	AA**B*E****D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	C	B	A	B	B	E	E	C	E	C	D	C	D	E	B	D	A	B	C	B	D	B	B	B	C	D	C	B	A		
16	010020162	FAISAL RAMDANI	14	16	46.67	*A*E*B*CE**C**B**C**B**C**C**C**C*	E	A	B	E	B	A	C	E	C	E	C	E	C	C	D	D	E	E	D	B	C	E	A	E	A	B	D	C	B	A			
17	010020179	FAUZAN YAFI EGA	14	16	46.67	A**B**C**C**D**CEA**B*****CB*	A	A	A	B	B	B	B	C	A	A	C	D	C	A	D	C	C	E	A	E	D	B	D	E	A	A	A	B	E	C	B	C	
18	010020188	FIKRI NUR PRATAMA	17	13	56.67	AADEB**C**D**DCE**C**D**B**C**C*	A	A	D	E	B	B	D	C	B	D	C	B	A	A	D	C	E	C	C	D	E	C	D	A	B	B	B	C	A	A	E	B	
19	010020197	FIORI REDY HENDRAWAN	15	15	50.00	AA*E**C**C**D**A**B**DB**D**BA	A	A	E	E	C	D	B	C	D	C	B	C	A	B	D	C	E	C	C	D	E	E	C	D	A	B	B	D	D	C	A	A	
20	010020206	GENTA SAPUTRA	15	15	50.00	A**B**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	E	D	D	B	B	C	E	C	E	C	A	B	D	D	A	E	B	D	D	B	C	C	B	A	E	D	E	C	A	A		
21	010020215	HADI MULYA	18	12	60.00	AAD*BB**C**D**DCE**C**B**D**BA	A	A	D	B	B	B	D	B	C	D	C	A	B	D	C	A	E	C	C	D	D	C	D	A	B	B	B	D	A	B	A		
22	010020233	HASBILLAH AGUSTIN	13	17	33.33	AA*E*BCE**D**D**C**B**C**B**C**C*	A	A	A	E	A	B	C	E	B	C	C	D	C	B	A	C	E	B	D	D	C	D	C	B	A	A	E	D	D	D	B		
23	010020242	HELM MAULANA	17	13	43.33	AA**B*CE**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	B	C	E	B	B	C	E	C	D	C	B	B	A	E	E	A	B	E	B	B	A	A	D	B	C	E	A	B	A	A	
24	010020259	HERA ELSA YUDISHIA	15	15	56.67	AAD*B*CE**C**D**A**B**DB**D**BA	A	A	D	B	B	B	A	C	E	C	A	B	A	D	E	C	B	A	C	B	D	D	D	E	D	E	D	E	B	C	A	A	
25	010020268	HISYAMPUTRA ISMAN	13	17	50.00	*A*E**E**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	E	A	B	E	E	C	A	E	E	B	C	E	B	D	C	E	E	D	B	A	C	E	B	B	A	A	C	B	C	B	A		
26	010020277	IBNUL QOYYIM	13	16	43.33	A**B**C**D**B**D**DCE**C**B**C**C*	E	E	E	C	A	B	C	C	B	D	E	E	B	D	D	A	D	B	D	D	E	B	C	D	A	B	B	A	D	C	D	C	
27	010020286	IRFANDI SEPTIAN	8	22	43.33	AA**B**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	B	A	B	B	E	D	B	C	E	C	E	B	A	A	B	A	C	C	E	E	D	A	B	D	A	B	D	A	B	B	
28	010020295	JANNAH ASMO TUGISMED	14	16	26.67	A**B**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	B	D	D	B	E	B	E	E	C	A	E	B	B	E	A	E	E	D	C	D	C	E	D	C	B	B	D	D	C	A	A	
29	010020304	KEVIN ADITYA YAHYA	11	19	46.67	*A*E**C**D**D*EA**B**D**C**C**A	E	A	D	E	A	A	A	E	E	C	D	A	A	D	E	B	E	A	A	B	C	B	E	A	A	D	C	C	E	B	A	A	
30	010020313	KEVIN SEBASTIAN	17	13	36.67	AA**BB*E**C**D**A**B**DB**D**BA	A	A	E	A	B	A	B	B	E	E	C	D	D	A	B	A	A	D	E	D	E	D	C	D	A	B	B	C	D	C	B	B	
31	010020322	LAODE ATALLA KAMIL S	13	17	56.67	A**B**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	B	D	E	D	B	C	E	C	D	D	B	C	E	D	B	C	A	B	D	C	B	D	C	E	D	A	C	B	C	E	A	
32	010020339	MOHAMMAD REVI ALIEF	14	16	43.33	AAD*B**C**B**E*F*DB**DB**D**BA	A	A	D	C	B	D	C	B	B	E	A	D	B	C	B	E	E	B	D	C	B	E	A	D	B	D	D	B	D	A	B	A	
33	010020348	MOHAMMAD PAHRUL R	16	13	46.67	AA*E*BCE**C**D**A**B**DB**D**BA	A	A	E	E	A	B	B	C	E	C	C	C	E	D	B	C	B	A	A	C	D	E	D	B	A	B	C	B	C	B	A	A	
34	010020357	MOHAMMAD YULYANTO	16	14	53.33	AAD*B**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	D	B	B	B	C	C	A	B	D	D	B	A	D	C	E	E	C	E	B	A	B	D	E	B	D	D	B	B	B	A	
35	010020366	M ZHARFAN NAUFALY	12	12	40.00	AA*EBB*ECDD**D*E*F*BC**DBCCDBA	A	A	E	E	B	B	D	D	E	C	D	C	B	B	A	E	A	C	D	C	B	C	D	D	B	B	B	E	C	E	A	C	B
36	010020384	MUHAMMAD AIZIR IKRAM	19	11	63.33	AAD*BB**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	D	B	B	B	B	C	A	C	B	B	B	C	B	A	E	A	C	C	B	D	C	D	D	B	A	A	C	D	B	B	A
37	010020393	MUHAMMAD NAUVAL	18	12	60.00	AA**B**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	C	A	D	B	B	C	E	C	D	C	B	D	B	C	E	A	D	E	B	B	A	C	A	B	E	B	C	A	A	E	
38	010020402	MUHAMMAD ADITYA P	20	10	66.67	AA*EBB*ECDD**D*E*F*BC**DBCCDBA	A	A	B	E	B	D	D	A	E	C	D	C	E	C	D	D	E	B	D	D	A	B	C	D	D	B	E	C	D	C	B	A	
39	010020419	MUHAMMAD AJI WIDYA P	19	11	63.33	AAD*BB**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	D	B	B	B	B	C	A	D	C	C	B	E	A	C	E	A	B	C	D	D	C	D	B	B	B	C	D	C	B	A	
40	010020428	MUHAMMAD AKMAL RIVAL	21	9	70.00	AADE*BCECD*BDD*E*DEB*CD*BC**A	A	A	D	E	A	B	A	E	E	E	C	D	D	B	B	B	D	D	E	B	C	C	D	D	E	B	C	D	C	B	A	A	
41	010020437	MUHAMMAD ANUGRAH	21	8	70.00	*A*E*B*CE**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	E	A	E	E	B	B	C	E	C	D	C	A	C	D	C	E	A	D	E	D	C	D	D	E	B	D	D	C	D	C	B	E	A
42	010020446	MUHAMMAD FATHUR RAHM	21	8	63.33	AAD*B**C**C**D**E*F*BC**DBCCDBA	A	A	D	B	B	B	C	E	E	C	D	C	B	C	A	B	C	B	A	D	E	B	C	E	A	B	C	D	C	B			

Lampiran 33: Hasil UAS Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Tahun Pelajaran 2018/2019

HASIL NILAI PAS GANJIL DASAR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA SMK N 34 JAKARTA TP 2018/2019																														
NO	NAMA SISWA	TC	FC	FIS	STATE_TEXT1	A	B	C	E	B	D	C	C	C	E	E	A	A	B	D	A	B	E	C	D	B	D	E		
1	ABDUL MUSLIM	16	14	53,33	AB*EB***C*CD**BC**E*ABD***C**DE	A	B	E	E	B	C	D	E	A	B	C	B	C	D	E	A	B	C	B	E	C	D	B	E	A
2	ADE MUHAMMAD NUR'ALIM	17	13	56,67	AB*EB**D**C**C**DBCE**EAA***BE*DB**	A	B	D	E	B	C	D	A	C	C	B	A	B	D	B	C	C	E	A	A	D	B	E	A	B
3	ADIL GEMILANG	18	12	60	AB*EB*BD**C**C**C**E**A**B**C**B**	A	B	C	D	B	B	D	D	B	C	C	B	C	E	D	B	A	B	C	A	B	D	B	A	C
4	AHMAD RIYANSYAH	19	11	63,33	AB*E**B**D**C**C**B**E**ABD**BECDB*	A	B	A	E	D	B	C	D	C	B	C	A	C	B	D	E	C	A	B	D	D	B	E	C	D
5	AKHRI AKHIDIO	19	11	63,33	ABC*B**D**C**C**B**E**B*ABECDB*	A	B	C	D	B	A	D	D	E	C	C	E	A	E	B	C	B	E	D	E	B	A	A	B	E
6	BAYU AJI WIKAKSONO	20	10	66,67	*B**BBD**C**C**B**E**A**A**E*DBDE	B	B	C	A	A	B	B	D	D	C	C	C	D	A	C	B	A	E	A	A	D	B	A	D	E
7	BIMA FATURRAHMAN	16	14	53,33	AB*EBD**C**C**DBCE**E**A**B**CD**E	A	B	B	E	A	B	D	B	D	C	C	A	B	D	B	C	A	E	E	C	A	E	A	D	B
8	DAVA PUTRANTONO	18	12	60	AB**B**D**C**C**CD**CE**ABDAB**DBD*	A	B	A	B	B	A	D	B	C	A	C	B	C	D	A	C	E	B	C	A	B	D	B	D	A
9	DEDI SETYADI	18	12	60	AB**B**D**C**C**CD**CE**ABDAB**DBD*	A	B	A	B	B	A	D	B	C	A	C	B	C	D	A	C	E	B	C	A	B	D	B	D	A
10	EGIS ARMAN	13	15	43,33	A***B**D**C**C**B**E**B**BEC**DE	A	C	A	B	B	E	D	D	B	C	C	E	B	C	A	D	B	B	A	B	B	E	C	A	B
11	FAHRI ARDIWYANTO	15	14	50	AB*E**B**C**C**C**EAA**AB**DBE*	A	B	E	E	C	B	B	C	C	A	C	C	E	B	C	A	D	B	B	A	B	B	E	C	D
12	FAISAL FAHMI	16	13	53,33	*B**B**C**C**D**B**E**A**A**ECDBD*	D	B	C	A	B	B	B	E	C	C	A	D	B	A	B	D	E	E	C	A	E	B	A	C	D
13	GHOZI AKRAM	17	13	56,67	AB**BBD**C**C**B**E**ABD**B**DBE*	A	B	D	B	B	B	D	D	A	C	C	A	C	D	B	B	A	D	B	A	B	D	B	E	E
14	HERIS APRILYANTO	15	15	50	A**EB**D**C**C**C**EAA**B**BEC**DE	A	C	B	E	B	A	D	D	D	A	C	E	B	B	A	C	A	B	C	E	C	A	E	D	E
15	ILIJAH SABIL	16	14	53,33	AB**B**D**C**C**C**EAA**AB**A**EC**B**	A	B	B	E	C	A	B	A	D	C	C	E	D	A	B	B	C	E	B	E	A	B	D	E	C
16	KIKI SETIAWAN	15	15	50	AB*EB**D**C**C**B**E**B**B**D**E	A	B	C	B	C	B	A	D	C	D	C	E	C	A	B	E	B	E	C	D	B	B	A	E	C
17	MAHENDRA RAKHAIL AR RIDHKA	12	18	40	*B**BBD**C**C**C**EAA**B**BEC**DE	B	B	A	E	C	B	B	D	E	C	A	B	E	B	A	B	D	B	A	E	C	D	E	C	D
18	MAHENDRA NURFADILAH	12	18	40	AB**B**D**C**C**C**EAA**AB**DBE*	A	B	E	E	C	B	B	C	C	A	C	C	E	B	C	A	D	B	B	A	B	B	E	C	D
19	MAHRAJA HENDRIAN PUTRA	9	21	30	A***B**D**C**C**B**E**A**A**E*DBDE	A	D	D	A	B	B	D	D	C	A	D	C	B	E	A	B	D	B	E	A	A	B	E	D	A
20	MALFIN ANTONI	11	19	36,67	*B**BB**C**D**B**E**B**B**A**CD**D*	B	B	C	E	B	B	D	D	C	A	D	C	D	E	D	B	C	B	A	E	A	B	D	A	B
21	MAULANA IBNU FATWA	11	19	36,67	AB**D**C**C**C**C**E**A**B**B**D**E	B	B	E	C	A	B	E	D	C	B	C	D	A	C	B	A	D	D	E	B	C	D	A	A	E
22	MUHAMMAD DAFFA GUS SAKI	9	21	30	A**C**B**D**D**D**D**A**D**C**E**B*	A	C	C	B	A	B	E	D	C	A	E	A	D	E	A	D	D	B	D	E	C	C	A	B	C
23	MUHAMMAD AZDIYANSYAH	8	22	26,67	A**C**B**D**D**D**D**A**D**C**E**B*	A	C	C	B	A	B	E	D	C	A	E	A	D	E	A	D	D	B	D	E	C	C	A	B	C
24	MUHLIS LUKMANSYAH	17	13	56,67	*B**B**D**C**C**C**EAA**AB**DBE*	A	B	E	E	C	B	B	C	C	A	C	C	E	B	C	A	D	B	B	A	B	B	E	C	D
25	MUHL FAHRANNANDIN NURZA	14	16	46,67	AB*EB**D**C**C**B**E**ABD**B**DBE*	A	B	C	D	D	B	D	D	D	E	C	C	A	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	E	C
26	MUHAMMAD FAJAR SAEFUDIN	13	17	43,33	ABC*B**C**C**B**E**B**B**D**E	A	B	C	A	B	B	A	A	C	C	B	B	B	E	B	D	B	E	E	C	B	A	D	D	A
27	MUHAMMAD GILANG NUGRAHI	11	19	36,67	*B**B**D**C**C**C**B**E**A**A**D**DE	D	B	B	D	C	B	C	D	A	C	A	C	B	D	B	A	B	C	E	B	A	D	A	D	E
28	MUHAMMAD RAHMAN	10	20	33,33	AB*EB***C**C**C**EAA**AB**B**BEC**DE	A	B	E	E	E	A	B	C	D	C	C	C	E	D	D	E	C	E	D	B	C	A	E	C	D
29	MUHAMMAD ABYAN FADLIUR	13	17	43,33	A**C**B**D**C**C**EAA**ABE**B**E	A	C	C	B	C	B	A	D	C	C	A	C	E	C	A	D	E	A	A	B	E	C	B	A	E
30	MUHAMMAD AL FARIDZI	13	17	43,33	AB*EB**C**C**C**EAA**AB**B**BEC**DE	A	B	A	E	E	C	B	E	D	D	C	C	B	E	C	D	D	B	A	C	A	B	D	A	E
31	NAUFAL DZUHRIRWAN	12	17	40	AB*EB**D**C**C**B**E**ABD**B**DBE*	A	B	B	B	C	D	D	D	D	E	C	A	D	B	A	C	E	D	A	C	E	D	A	D	D
32	OKTAVIA KUSUMA DEWI	12	18	40	A**C**BBD**C**C**C**EAA**AB**B**BEC**DE	A	A	C	C	B	E	E	D	D	E	C	D	E	C	A	B	E	E	C	E	B	B	C	A	E
33	PRASETYO NUGRA PRADHAN	14	16	46,67	ABCEBB*DCCC*****ABD***C***	A	B	C	E	A	B	E	D	C	C	C	B	B	A	B	D	C	B	A	B	D	C	D	A	E
34	RAHMAT HIDAYAT	17	13	56,67	AB*EA*DDC**D**C**B**AB**ABE**BD*	A	B	B	E	A	C	D	D	C	C	C	B	B	A	B	A	C	B	B	E	A	C	B	D	B
35	RASHAKY ARYA VITO	18	7	60	ABCEBBD*CCC**BCEAA**A**ECDBDE	A	B	D	E	C	C	C	C	A	A	B	E	C	C	B	A	C	B	E	A	C	B	D	E	E
36	SADDAM AMMAR ZAIDAN	16	13	53,33	*B**B**D**C**C**C**EAA**B**BEC**DE	B	B	C	B	B	E	D	D	C	C	C	A	D	A	B	D	A	E	D	B	D	E	D	E	D
37	SANAN MAULANA AHSAN	18	11	60	ABCEB**B**B**C**C**EAA**AB**B**BEC**DE	B	B	C	E	B	B	D	D	C	C	A	B	C	A	B	D	A	E	D	B	D	E	D	E	D
38	ANDHIKA RIFQI DWIPUTRA	11	18	36,67	*B**B**D**C**C**C**EAA**AB**B**BEC**DE	C	B	C	D	E	B	A	D	C	C	E	B	D	E	A	D	D	C	A	B	B	C	A	D	D
39	ARIEF RAHAN FAYAN	22	7	73,33	AB*EBD**C**C**DBCE**AB*ABECDBDE	A	B	E	E	B	B	D	C	D	C	C	E	E	C	A	B	A	B	E	C	D	B	D	D	E
40	ARKANANTA WIBOWO	22	8	73,33	ABCEBBDCCC**CB**EAA**AB**DBD*	A	B	C	B	B	B	D	D	D	C	C	B	B	D	B	A	E	A	C	A	B	D	B	D	A
41	AZZAM MUJAHID	19	10	63,33	ABC*BBD**C**C**DB**B**ABDA**EC**B**E	A	B	C	A	B	B	D	D	D	C	A	B	D	B	C	B	D	B	C	A	B	B	B	E	C
42	BINTANG AGUNG BESTARI	18	11	60	AB**B**D**C**C**B**EAA**B**EC**DE	A	B	B	D	C	B	B	D	D	C	C	A	B	D	C	A	B	E	C	D	E	A	D	A	D
43	DIAN KURNIAWAN	23	6	76,67	ABCEBBDCCC**CB**EAA**AB**B**BEC**DE	A	B	C	E	B	B	B	D	D	C	C	C	E	C	A	B	D	B	B	E	C	D	B	C	A
44	DWI YULIANTO	23	7	73,33	AB*EB**D**C**C**B**EAA**ABECDBD*	A	B	B	E	D	C	D	D	D	D	E	C	B	C	B	A	C	A	B	D	B	B	E	C	D
45	EKA PUTRI SURYANINGRUM	22	6	73,33	AB*EBBDCCC**BCE**B*ABECDBD*	A	B	B	E	D	D	D	D	D	C	C	C	C	B	D	C	B	C	A	B	E	C	D	B	D
46	FATAH RAMADHAN	19	10	63,33	ABC*BBD**C**C**BCEAAAB**B**D**E	A	B	C	B	B	B	D	D	D	C	C	B	B	C	B	C	B	C	E	E	A	A	B	A	E
47	FERI AFRIAN PRATAMA	22	7	73,33	ABCEB**BDDC**C**BCEAA**B**EC**BDE	A	B	C	E	C	B	D	D	D	C	C	E	B	B	C	E	E	A	A	E	A	B	B	D	E
48	MUHAMMAD ARIEF YUDA UT	23	6	76,67	ABCEBBD*CCDDC**CEAA**DA**EC**D**D*	A	B	C	E	B	B	D	D	E	C	C	C	C	D	D	C	D	E	C	E	A	A	E	C	D
49	MUHAMMAD BILAL BADRAN	24	6	80	AB*EBBDCCC**CDB**EAB**B**EC**BDE	A	B	E	E	C	B	B	D	D	C	C	A	D	B	C	C	E	D	C	A	B	D	B	E	C
50	MUHAMMAD DESTRA FIORE	28	2	93,33	ABCEBBDCCC**DBCE**AB*ABECDBDE	A	B	C	E	B	B	B	D	D	C	A	B	D	B	C	E	E	E	E	A	A	B	B	E	C
51	MUHAMMAD FIRRI	23	7	76,67	AB*EB**D**C**C**B**EAA**ABECDBD*	A	B	B	E	D	C	D	D	D	D	E	C	B	C	B	A	C	A	B	D	B	B	E	C	D
52	MUHAMMAD HAFIDZ PRADA	12	18	40	AB**B**D**C**C**EAA**AB**B**BEC**DE	A	B	D	C	C	C	D	D	D	E	E	C	A	B	A	A	A	B	E	C	B	A	B	A	E
53	MUHAMMAD HUSEN ABDUL	17	13	56,67	AB*EBD**C**C**BCE**AB**B**CDB**	A	B	B	E	D	C	B	C	D	D	C	B	B	C	B	C	E	D	C	E	D	B	D	C	E
54	MUHAMMAD ICHSANUL FIKRI																													

Lampiran 34: Desain Modul Pembelajaran Dasar Listrik dan Elektronika



Yusuf Fadilah Akbar
5115152690

Semester Ganjil

MODUL PEMBELAJARAN DASAR LISTRIK & ELEKTRONIKA



KELAS X
TEKNIK INSTALASI
TENAGA LISTRIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2019



Yusuf Fadilah Akbar
5115152690

Semester Ganjil

MODUL PEMBELAJARAN DASAR LISTRIK & ELEKTRONIKA



KELAS X
TEKNIK INSTALASI
TENAGA LISTRIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2019

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
BAB I (KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA)	1
1. Konsep Arus Listrik.....	2
2. Teori Atom.....	5
3. Medan Listrik	7
4. Sifat Garis Gaya Listrik	8
5. Hukum Coulomb	8
6. Arus Elektron	12
7. Pergerakan Elektron Pada Penghantar Listrik	12
8. Latihan Soal.....	13
BAB II BAHAN-BAHAN LISTRIK.....	14
1. Memeriksa Bahan-Bahan Listrik	15
2. Konduktor	16
3. Isolator	19
4. Semikonduktor	21
5. Latihan Soal.....	28
BAB III ELEMEN PASIF RANGKAIAN LISTRIK	29
1. Elemen Pasif Rangkaian Listrik.....	30
2. Kesepakatan Tanda.....	31
3. Diagram Rangkaian	32
4. Resistor dan Resistansi	33
5. Induktor dan Induktansi.....	39
6. Kapasitor dan Kapasitansi.....	47
7. Rangkaian Resistor Dalam Seri, Paralel, dan Kombinasi.....	60
8. Menganalisis Hubungan Tegangan dan Arus.....	69

9. Memeriksa Rangkaian Peralihan Resistor-Kapasitor (RC)	70
10. Latihan Soal.....	71

BAB IV ELEMEN PASIF RANGKAIAN LISTRIK..... 72

1. Reduksi Rangkaian Resistif	73
2. Penerapan Hukum Ohm dan Kirchhoff.....	75
3. Teori Superposisi	84
4. Teori Thevenin dan Norton	87
5. Transfer Daya Maksimum	101
6. Teori Maxwell	103
7. Arus Mata Jala dan Matriks.....	105
8. Transformasi Delta-Star	108
9. Transformasi Star-Delta	111
10. Rangkaian Jembatan	113
11. Latihan Soal.....	114

BAB V ELEMEN AKTIF 117

1. Dioda	118
2. Transistor.....	131
3. Kapasitor.....	139
4. Thyristor	143
5. SCR (<i>Silicon Control Rectifier</i>).....	146
6. TRIAC	148
7. DIAC.....	150
8. Latihan Soal.....	151

BAB VI DAYA DAN ENERGI LISTRIK..... 152

1. Arus, Tegangan, dan Energi Listrik	153
2. Daya Listrik	155

3. Perhitungan Pemakaian Energi Listrik di Rumah.....	158
4. Perhitungan Konsumsi Energi Listrik	159
5. Perubahan Energi Listrik	160
6. Alat yang Mengubah Energi Listrik Menjadi Energi Lain	162
7. Latihan Soal.....	163

BAB VII ALAT UKUR LISTRIK 165

1. Alat Ukur	166
2. Terminologi Dalam Pengukuran Listrik	168
3. Latihan Soal.....	190

BAB VIII PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK 191

1. Ohm Meter	192
2. Pengukuran Resistan (Tahanan) Listrik.....	193
3. Latihan Soal.....	210

BAB IX PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK .. 211

1. Nilai Ukur Pada Skala Ukur Analog.....	212
2. Pembacaan Nilai Ukur	212
3. Meter Dasar PPMC dan Besi Putar.....	217
4. Pengukuran Arus Searah.....	228
5. Pengukuran Tegangan	233
6. Multimeter Digunakan Untuk Mengukur Tegangan DC.....	238
7. Multimeter Digunakan Untuk Mengukur Tegangan AC	239
8. Multimeter Digunakan Untuk Mengukur Arus DC	239
9. Latihan Soal.....	240

BAB X PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA 241

1. Pengukuran Daya Listrik	242
2. Pengukuran Konsumsi Energi Listrik	251

3. Pengukuran Daya Reaktif dan Faktor Daya.....	257
4. Latihan Soal.....	258

BAB XI OSILOSKOP 260

1. Osiloskop.....	261
2. Operasi Dasar Osiloskop Sinar Katoda.....	261
3. Osiloskop Digital	266
4. Latihan Soal.....	272



BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 1, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menjelaskan pengertian muatan listrik dengan benar;
2. Mampu memahami tentang sifat-sifat atom;
3. Mampu memahami arus elektron;
4. Mampu mengidentifikasi muatan listrik dengan tepat;
5. Mampu menganalisis sifat-sifat atom;
6. Mampu menganalisis arah arus listrik dan elektron.

b. Uraian Materi

KONSEP ARUS LISTRIK

Listrik merupakan cabang ilmu fisika menyangkut fenomena alam. Sehingga untuk memperdalam energi listrik, maka perlu menyelami fenomena alam yang dikenal dengan listrik statis. Listrik dapat diketahui hanya melalui dampak atau efek yang ditimbulkan oleh muatan listrik, arus listrik, medan listrik, dan magnet listrik.

MUATAN LISTRIK DAN FENOMENA LISTRIK STATIS

Dalam menjalani kehidupan manusia modern, seringkali kita melihat dan bahkan merasakan adanya fenomena listrik statis (elektrostatik). Tahukah kalian, bahwa listrik telah ditemukan sejak manusia mulai mengamati efek yang timbul dari dua buah benda yang saling digosokkan. Bahkan, mungkin kita pernah merasakan seperti sengatan pada kaki kita setelah berjalan di atas karpet yang terbuat dari nilon.

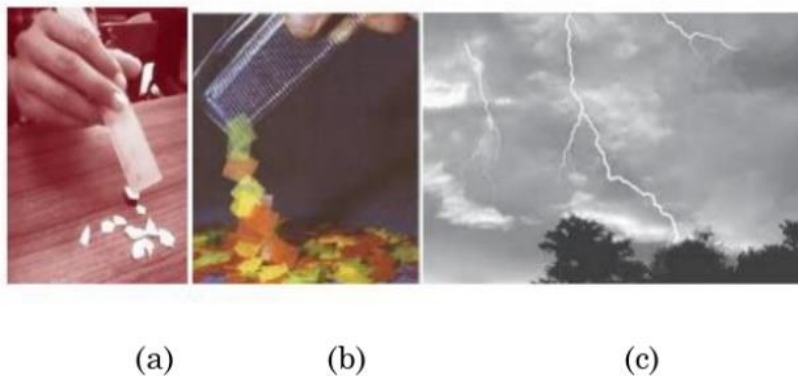
BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Kita juga sering melihat fenomena alam yang kadang sangat dahsyat, yakni petir atau halilintar. Peristiwa-peristiwa tersebut di atas merupakan gejala dari listrik statis. Listrik statis adalah gejala tentang interaksi muatan listrik yang tidak bergerak atau tidak bergerak secara permanen.

MENGAMATI FENOMENA ALAM

Perhatikan dan amati fenomena alam berikut ini:



Gambar 1.1 Fenomena Listrik Statis

Muatan listrik merupakan sifat alami yang dimiliki oleh beberapa partikel sub atom, yang akan menentukan interaksi elektromagnetiknya. Muatan listrik suatu benda dapat dipengaruhi dan menghasilkan medan elektromagnetik. Interaksi antara pergerakan muatan listrik dan medan elektromagnetik merupakan sumber gaya elektromagnetik. Atom yang kehilangan atau mendapat tambahan elektron dianggap tidak stabil. Kelebihan elektron pada suatu atom menghasilkan muatan negatif. Kekurangan elektron pada suatu atom akan menghasilkan muatan positif. Muatan listrik yang berbeda akan bereaksi dalam berbagai cara.

BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

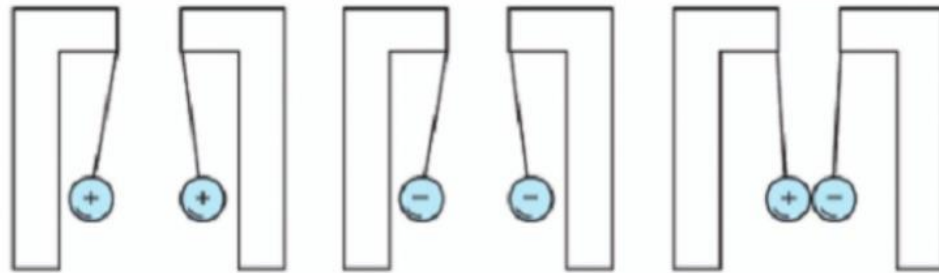
Dua partikel yang bermuatan negatif akan saling tolak menolak, demikian juga dua partikel yang bermuatan positif. Dari eksperimen dapat dibuktikan bahwa muatan listrik dapat dikuantifikasi, yakni nilai muatan satu elektron sebesar 1.602×10^{-19} . Karena bermuatan negatif maka lazim disingkat dengan $-e$, dan untuk proton disingkat menjadi $+e$ karena bermuatan positif. Istilah ion dikenakan pada suatu atom atau kelompok atom yang kehilangan satu atau lebih elektron, sehingga menghasilkan muatan positif (lazim disebut sebagai kation) pada atomnya. Sebaliknya suatu atom atau kelompok atom yang mendapatkan tambahan elektron sehingga bermuatan negatif (lazim disebut sebagai anion).

Sifat-sifat penting dari proton dan elektron:

1. Masa proton adalah $1,66 \times 10^{-27}$ kg.
2. Masa elektron adalah $9,1096 \times 10^{-31}$ kg. Muatan listrik diukur dalam satuan coulomb (C), di mana 1 coulomb sama dengan jumlah muatan yang dimiliki oleh $6,24 \times 10^{18}$ elektron.
3. Muatan dari satu elektron adalah $e = 1,602 \times 10^{-19}$ Coulomb.
4. Jumlah elektron pada setiap atom benda berlainan. Misalnya jumlah elektron pada tembaga adalah 29.
5. Pada suatu benda, jika jumlah muatan positif dan muatan negatif sama maka benda tersebut menjadi netral. Dari eksperimen menggunakan elektroskop, dapat dilihat bahwa bila ada dua muatan positif yang berdekatan akan terjadi gaya tolak-menolak, demikian juga bila ada dua muatan negatif yang berdekatan. Bila muatan positif berdekatan dengan muatan negatif maka akan timbul gaya tarik-menarik.

BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA



Gambar 1.2 Gaya Tolak dan Gaya Tarik Listrik

1.1 TEORI ATOM

Suatu zat terdiri atas partikel-partikel kecil yang disebut atom. Atom berasal dari kata *atomos*, yang artinya tidak dapat dibagi-bagi lagi. Tetapi, dalam perkembangannya ternyata atom ini masih dapat diuraikan lagi. Atom terdiri atas dua bagian, yaitu inti atom dan kulit atom. Inti atom bermuatan positif, sedangkan kulit atom terdiri atas partikel-partikel bermuatan negatif yang disebut elektron. Inti atom tersusun dari dua macam partikel, yaitu proton yang bermuatan positif dan neutron yang tidak bermuatan (netral). Nukleus terletak pada pusat atom, oleh karena itu sering disebut sebagai inti atom. Nukleus terdiri dari proton dan neutron. Muatan listrik yang dimiliki oleh proton sama dengan muatan yang dimiliki oleh elektron tetapi berbeda polaritas. Elektron bermuatan negatif, sedang proton bermuatan positif. Jumlah proton pada nukleus yang membedakan unsur satu dengan unsur lainnya.

Suatu atom terdiri dari:

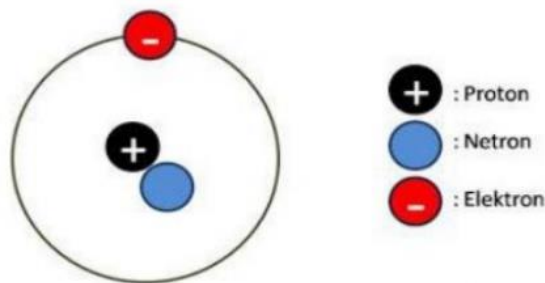
- Inti atom yang disebut nukleus. Nukleus terdiri dari dua partikel yang berkaitan dengan erat, disebut proton yang bermuatan positif dan neutron tidak bermuatan.
- Elektron yang bermuatan negatif, yang pergerakannya berbentuk elip mengitari inti atom. Elektron yang terletak pada lintasan paling luar disebut elektron bebas.

BAB I

KONSEP LISTRIK

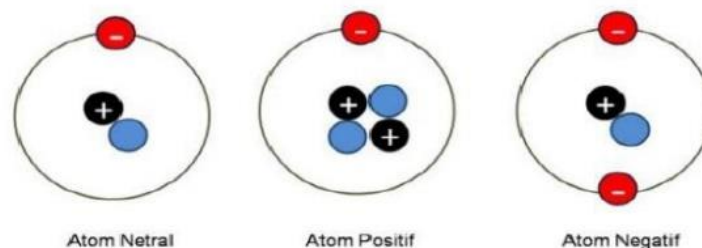
DAN ELEKTRONIKA

- c. Suatu atom dikatakan netral apabila di dalam intinya terdapat muatan positif (proton) yang jumlahnya sama dengan muatan negatif (elektron) pada kulitnya.



Gambar 1.3 Susunan Sebuah Atom

- d. Suatu atom dikatakan bermuatan positif apabila jumlah muatan positif (proton) pada inti lebih banyak daripada muatan negatif (elektron) pada kulit atom yang mengelilinginya.
- e. Suatu atom dikatakan bermuatan negatif apabila jumlah muatan positif (proton) pada inti lebih sedikit daripada jumlah muatan negatif (elektron) pada kulit atom.



Gambar 1.4 Susunan Atom Positif, Negatif, dan Netral

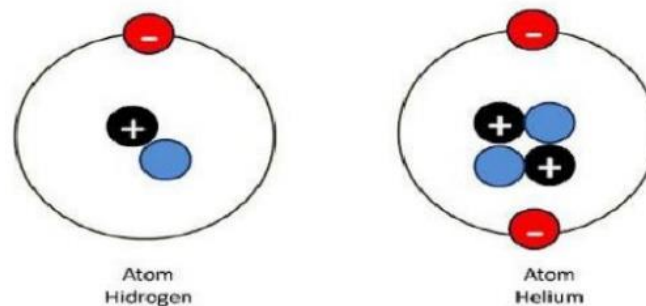
- f. Atom yang paling sederhana adalah atom hidrogen yang hanya tersusun dari satu proton dan satu elektron. Karena jumlah proton dan elektronnya sama, maka atom hidrogen dikatakan sebagai atom netral. Atom helium terdiri dari dua proton, dua neutron dan dua

BAB I

KONSEP LISTRIK

DAN ELEKTRONIKA

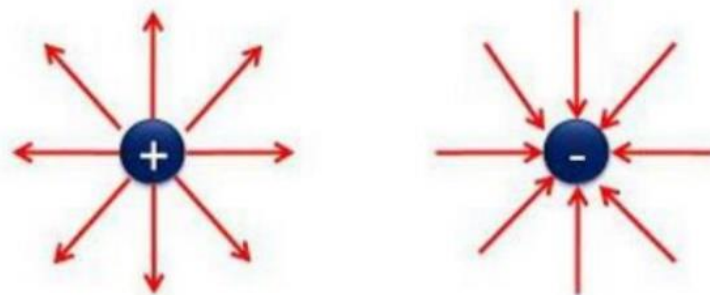
elektron. Karena jumlah proton dan jumlah elektronnya sama, maka atom helium juga dikatakan sebagai atom netral.



Gambar 1.5 Susunan Atom, Hidrogen, dan Helium

1.2 MEDAN LISTRIK

Kalian sudah lebih memahami sifat muatan listrik. Untuk memperjelas fenomena sifat muatan listrik, kalian harus mengkaji pengetahuan konseptual terkait dengan istilah medan listrik. Setiap benda yang bermuatan listrik, pasti akan memancarkan garis-garis gaya listrik, ke segala arah seperti diperlihatkan dalam gambar 1.6.



Gambar 1.6 Garis-Garis Gaya Listrik

Pada benda bermuatan positif, maka garis-garis gaya listrik akan memancar keluar benda, sedang pada benda bermuatan negatif, garis-garis gaya listrik menuju ke dalam. Medan listrik adalah daerah di sekitar benda bermuatan listrik yang masih dipengaruhi oleh gaya listrik. Medan listrik digambarkan dengan garis-garis gaya listrik.

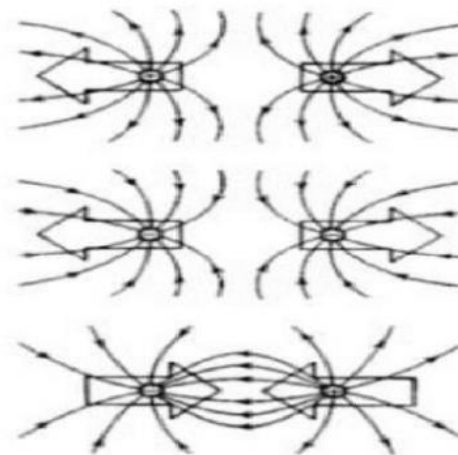
BAB I

KONSEP LISTRIK

DAN ELEKTRONIKA

1.3 SIFAT GARIS GAYA LISTRIK

Garis gaya listrik berasal dari muatan positif menuju muatan negatif. Garis gaya listrik tidak pernah berpotongan. Semakin rapat garis gaya listrik, semakin kuat medan listriknya. Gambar 1.7 memperlihatkan interaksi garis-garis gaya listrik yang terjadi pada dua benda yang bermuatan. Dari fenomena ini tentunya kalian akan dapat memperjelas fenomena sifat muatan listrik.



Gambar 1.7 Sifat Garis Gaya Listrik

1.4 HUKUM COULOMB

Dengan menyelami interaksi elektrostatis dan susunan atom, akan mengantarkan kalian pada pengetahuan konseptual yang lebih dalam tentang fenomena muatan listrik. Muatan listrik adalah suatu sifat dasar alam yang dipengaruhi oleh struktur atom. Benjamin Franklin memberi penandaan pada kedua jenis muatan listrik sebagai muatan positif dan muatan negatif. Hal ini hanya merupakan sekedar penandaan, positif dan negatif bukan dalam pengertian lebih kecil atau lebih dari nol. Muatan positif dan negatif adalah sifat yang saling melengkapi atau komplementer.

Dalam suatu atom atau benda, apabila jumlah muatan positif (berasal dari proton) sama dengan muatan negatif (berasal dari elektron), maka atom

BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

atau benda tersebut tidak bermuatan (netral). Akan tetapi, mengingat elektron suatu atom atau benda dapat berpindah, maka dalam suatu atom bisa terjadi jumlah muatan positif (proton) tidak sama dengan jumlah muatan negatif (elektron). Dengan perkataan lain, muatan dari suatu benda ditentukan oleh jumlah proton dan elektronnya. Untuk mengetahui apakah suatu benda bermuatan listrik atau tidak, digunakan alat yang dinamakan elektroskop. Sebuah balon yang digosok-gosokkan pada sehelai kain akan menempel pada badan kita. Dua buah balon yang digosok-gosokkan pada kain yang sama akan tolak menolak. Hal ini merupakan bukti fundamental bahwa muatan yang sejenis akan tolak-menolak, sedangkan muatan yang tidak sejenis akan tarik-menarik. Pakaian yang saling menempel pada saat diambil dari pengering, debu yang menempel pada layar TV atau komputer, kejutan kecil pada saat memegang gagang pintu dari logam, merupakan contoh listrik statis.

Gaya listrik yang merupakan tarikan atau tolakan ini pertama kali diselidiki oleh seorang fisikawan besar Perancis bernama Charles Coulomb (1736-1806), pada akhir abad 18. Fisikawan tersebut menemukan bahwa gaya antara muatan bekerja sepanjang garis yang menghubungkan keduanya dengan besar yang sebanding dengan besar kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Hasil pengamatan ini melahirkan hukum Coulomb yang secara matematis ditulis sebagai berikut:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Dimana:

F = gaya coulomb (dalam satuan newton),

Q₁, Q₂ = muatan masing-masing partikel (dalam satuan Coulomb),

BAB I

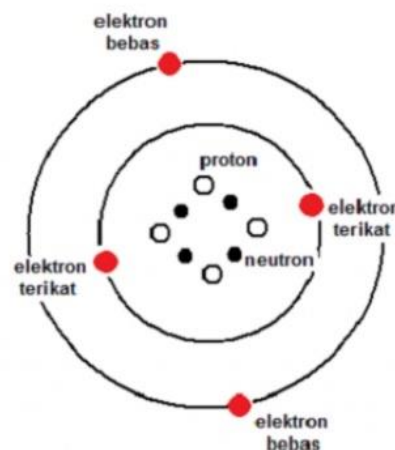
KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

r = jarak antara kedua muatan (dalam satuan meter),

k = tetapan elektrostatik untuk ruang hampa ($9.109 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

Setelah mendalami muatan listrik dan hukum Coulomb, tentunya kalian sudah lebih yakin atas fenomena listrik statis. Seperti yang sudah kalian ketahui, bahwa setiap atom biasanya memiliki jumlah proton dan elektron yang sama. Misalnya atom hidrogen memiliki satu proton dan satu elektron. Atom oksigen memiliki delapan proton dan delapan elektron. Bila kondisi tersebut eksis, maka muatan listrik atom tersebut menjadi netral, karena jumlah muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif. Tetapi dalam kondisi tertentu, maka muatan dalam suatu atom dapat menjadi tidak seimbang, hal ini dapat terjadi bila suatu atom kehilangan berapa elektronnya.

Dalam kasus ini maka atom yang kehilangan elektronnya akan bermuatan positif, dan atom lain yang menerima tambahan elektron akan bermuatan negatif karena muatan negatifnya lebih besar dari muatan positif. Jadi dalam suatu atom, muatan listrik akan timbul jika jumlah proton tidak sama dengan jumlah elektron.

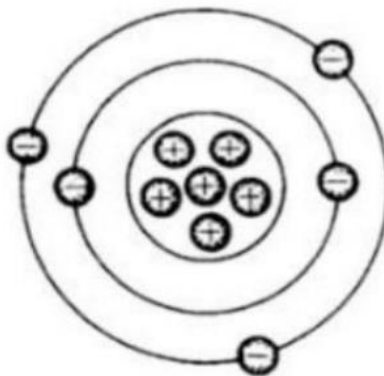


Gambar 1.8 Struktur Atom Tidak Bermuatan

BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Pemahaman tentang muatan listrik dan hukum Coulomb akan membantu kita memahami perpindahan elektron bebas. Dalam kondisi tertentu, beberapa atom dapat kehilangan beberapa elektronnya dalam waktu singkat. Seperti diketahui, bahwa setiap atom memiliki elektron. Ada dua jenis elektron, yaitu elektron terikat (valensi) dan elektron bebas. Elektron bebas adalah elektron yang berada pada orbit paling luar dari setiap struktur atom. Elektron yang berada pada orbit paling luar, posisinya tidak stabil, artinya mudah terlepas dari gaya tarik proton. Terlepasnya elektron valensi ini dapat terjadi karena beberapa kejadian, misalnya tekanan, gesekan, dan karena proses kimiawi. Gambar 1.8 memperlihatkan struktur sebuah atom yang terdiri dari empat proton, empat neutron, dan empat elektron, di mana ada dua elektron yang berada pada orbit paling luar yang disebut sebagai elektron bebas (valensi).



Gambar 1.9 Struktur atom bermuatan positif

Jika jumlah proton dan elektron pada setiap atom dari suatu bahan sama besarnya, maka bahan tersebut dikatakan netral. Akan tetapi ada kemungkinan bagi kita untuk memindahkan elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu bahan ketempat lain bisa juga kita menambahkan jumlah muatan elektron ke dalam bahan tersebut. Akibatnya jumlah elektron tidak

BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

sama. Kondisi ini dikatakan bahan tersebut bermuatan listrik. Selain itu setiap bahan mempunyai jumlah elektron dari setiap atomnya yang berbeda.

1.5 ARUS ELEKTRON

Di dunia kita, hampir semua pengetahuan faktual selalu terjadi dalam dua hal yang berlawanan. Misalkan ada kasar ada lembut, ada panas dan ada dingin. Begitu juga di dunia listrik, jika ada listrik statis pasti ada listrik dinamis. Karena sifatnya yang statis maka fenomena listrik statis tidak dapat dimanfaatkan untuk keperluan yang membutuhkan aktivitas secara terus-menerus atau kontinyu. Kalau listrik statis tidak dapat dimanfaatkan energinya maka listrik dinamis pasti dapat dimanfaatkan energi yang ditimbulkan oleh fenomena listrik dinamis untuk keperluan yang lebih produktif. Tentunya kalian setuju dengan pernyataan tersebut. Dalam alam dunia nyata, listrik dinamis lazim disebut sebagai listrik. Jadi jika kita berbicara tentang listrik berarti kita berbicara tentang listrik dinamis.

Seperti telah kalian ketahui listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat luas penggunaannya di dunia ini. Bentuk energi ini sangat mudah diubah dalam bentuk energi lain, seperti energi gerak, panas, suara maupun kimia. Dari berbagai macam konversi inilah yang membuat kehidupan kita di jaman modern ini menjadi sangat nyaman.

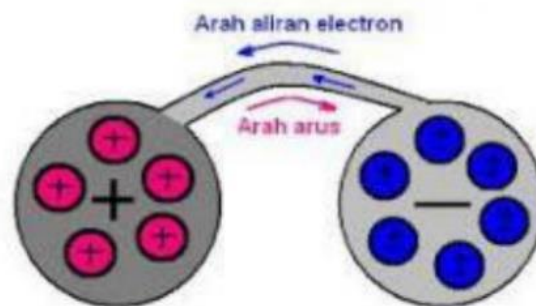
1.6 PERGERAKAN ELEKTRON PADA PENGHANTAR LISTRIK

Sifat utama elektrostatik adalah tidak mungkin mempertahankan perpindahan elektron ini dalam rentang waktu lama, sehingga pergerakan elektron tidak dapat dipergunakan untuk keperluan yang lebih bermanfaat. Untuk dapat memanfaatkan pergerakan elektron pada hal yang lebih berguna diperlukan adanya pergerakan elektron secara kontinyu. Untuk selanjutnya pergerakan elektron bebas secara terus menerus (kontinu) sering disebut sebagai arus elektron.

BAB I

KONSEP LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Dengan melakukan pengkajian yang lebih mendalam tentang pengetahuan konseptual terkait dengan pergerakan elektron bebas secara terus-menerus, kalian akan dapat memperjelas makna arus listrik. Ketika kita membicarakan mengenai listrik maka di dalam bayangan kita adalah adanya pergerakan atau perpindahan elektron bebas (arus elektron) secara kontinyu. Untuk keperluan praktis, maka arus pergerakan elektron lazim disebut sebagai arus listrik, tetapi dengan kesepakatan bahwa arah arus elektron searah dengan pergerakan elektron, sedang arah arus listrik berlawanan dengan arah arus elektron, seperti diperlihatkan dalam Gambar 1.10.



Gambar 1.10 Arus Elektron dan Arus Listrik

1.7 LATIHAN SOAL

1. Sebutkan apa saja contoh dari fenomena listrik statis!
2. jelaskan sifat-sifat penting dari proton dan elektron!
3. Jelaskan apa yang dimaksud atom!
4. Gambarkan susunan atom positif, negatif, dan netral!
5. Apa yang dimaksud dengan hukum Coulomb?



BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 2, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menjelaskan pengertian bahan-bahan listrik;
2. Mampu mengelompokkan bahan-bahan listrik;
3. Mampu menjelaskan pengertian konduktor, isolator dan semikonduktor;
4. Mampu mengidentifikasi bahan-bahan konduktor, isolator dan semikonduktor;

b. Uraian Materi

MEMERIKSA BAHAN-BAHAN LISTRIK

Kalian telah mempelajari pergerakan elektron bebas. Oleh karena elektron-elektron yang tidak terikat bebas bergerak meninggalkan atom dan mengambang dalam ruang antar atom yang berdekatan, sehingga elektron-elektron ini disebut elektron bebas. Pada beberapa jenis bahan, seperti logam, elektron terluar dari atom mudah terlepas dari ikatan sehingga dapat bergerak secara acak dalam ruang antar atom dari bahan tersebut akibat pengaruh energi panas dari suhu ruangan. Setiap elektron bergerak merata melalui konduktor, masing-masing elektron saling mendorong dari pangkal ke ujung, sehingga seluruh elektron bergerak bersama-sama sebagai suatu kelompok. Elektron dari berbagai tipe atom yang berbeda memiliki derajat kebebasan yang berbeda dalam bergerak mengelilingi inti. Kemampuan suatu benda baik padat, cair atau gas untuk menghantarkan arus listrik atau elektron berbeda-beda. Dilihat dari kemampuan suatu benda untuk menghantarkan arus listrik, maka bahan listrik dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu:

- 1) Konduktor atau penghantar
- 2) Non konduktor atau isolator,

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

Pengelompokan bahan listrik tersebut didasarkan pada kemampuan konduktansi dan nilai resistansi bahan listrik. Selain kedua jenis bahan tersebut ada satu bahan lagi yang sangat fundamental, yaitu semikonduktor. Dalam kegiatan belajar ini kalian akan mempelajari ketiga jenis bahan listrik tersebut.

2.1 KONDUKTOR

Mobilitas elektron-elektron dalam suatu bahan disebut dengan konduktivitas listrik. Konduktivitas ditentukan oleh jenis atom dalam bahan (jumlah proton dalam setiap inti atom menentukan identitas kimianya) dan bagaimana atom-atom tersebut terhubung bersama satu dengan yang lain. Bahan dengan mobilitas elektron yang tinggi (banyak elektron bebas) disebut konduktor, karena bahan-bahan tersebut memiliki konduktivitas tinggi. Untuk menentukan tingkat konduktivitas, dinyatakan dengan nilai konduktansi yang diukur dalam satuan mho. Bahan konduktor yang memiliki konduktivitas tinggi, berarti nilai konduktansinya juga tinggi. Sudah barang pasti, nilai konduktivitas setiap bahan konduktor berbeda-beda, ada yang nilainya tinggi ada pula yang rendah. Kebalikan dari konduktivitas adalah resistansitas. Jika suatu bahan konduktor dinyatakan memiliki konduktivitas tinggi, maka nilai resistansinya rendah, demikian sebaliknya jika bahan konduktor dinyatakan memiliki konduktivitas rendah maka nilai resistansinya tinggi. Untuk menyatakan tingkat resistansitas suatu bahan konduktor dinyatakan dengan nilai resistansi yang diukur dalam satuan ohm. Bahan konduktor yang memiliki resistansitas rendah, berarti memiliki nilai resistansi rendah. Untuk keperluan praktis, resistansi dinyatakan dengan huruf kapital R , sedang konduktansi dinyatakan dengan huruf kapital G .

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

2.1.1 RESISTIVITAS

Arus yang mengalir dalam suatu penghantar selalu mengalami hambatan dari penghantar itu sendiri. Besar hambatan tersebut tergantung dari jenis bahan penghantar yang digunakan. Besar hambatan tiap meternya dengan luas penampang 1mm^2 pada temperature 200°C dinamakan hambatan jenis atau resistivitas.

2.1.2 RESISTANSI KONDUKTOR

Seperti yang telah ketahui, bahwa ketika pergerakan elektron-elektron bebas dalam suatu bahan, tanpa arah atau kecepatan tertentu, dan terpengaruh oleh gaya sehingga bergerak secara terkoordinasi melalui suatu bahan konduktif, maka pergerakan elektron yang merata ini disebut dengan listrik atau arus listrik. Sama seperti air yang mengalir melalui pipa, elektron dapat bergerak melalui ruang kosong diantara atom-atom dari konduktor. Konduktor mungkin terlihat sebagai suatu benda padat, tetapi bahan yang tersusun dari atom-atom sebagian besar merupakan ruang kosong. Analogi aliran air tersebut begitu cocok sehingga pergerakan elektron melalui suatu konduktor sering disebut sebagai “aliran”.

Untuk keperluan penyaluran arus listrik secara efektif dan efisien, maka diperlukan bahan konduktor yang memiliki konduktivitas tinggi atau memiliki nilai resistansi rendah. Berikut beberapa contoh dari bahan konduktor yang lazim digunakan untuk keperluan penghantaran arus listrik: perak, tembaga, emas, aluminium, merkuri, dan grafit. Bahan yang memiliki konduktivitas rendah antara lain gelas, karet, minyak, aspal, serat kaca, porselen, keramik, kuarsa, kapas, kertas, kayu, plastik, udara, berlian, dan air murni.

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

Konduktor atau penghantar listrik adalah bahan listrik yang mempunyai daya hantar listrik yang besar sehingga arus listrik mudah mengalir di dalamnya. Yang termasuk kelompok konduktor adalah semua logam dan campurannya. Jenis logam yang mempunyai daya hantar listrik besar dan banyak digunakan adalah tembaga, dan aluminium. Arus listrik yang dimaksudkan di sini dapat berupa arus kuat (*electric current*) dan dapat berupa arus lemah (*signal*).

Nilai resistansi konduktor diukur dalam satuan ohm, lazimnya bervariasi mulai dari : 0,000 001 atau 1×10^{-6} ohm, 0,00001 atau 1×10^{-5} ohm, 0,0001 atau 1×10^{-4} ohm hingga 0,001 atau 1×10^{-3} ohm. Nilai resistansi bahan konduktor harus sangat kecil, agar rugi tegangan yang ditimbulkan menjadi sangat kecil. Secara fisik, nilai resistansi suatu bahan konduktor, tergantung pada:

- a. Panjang konduktor yang digunakan dalam (m)
- b. Luas penampang konduktor yang digunakan dalam (m^2)
- c. Jenis bahan konduktor yang digunakan
- d. Suhu konduktor

Besarnya nilai resistansi suatu bahan konduktor dapat dihitung dengan Menggunakan persamaan :

$$R = \frac{\rho \times \ell}{A}$$

Dimana:

R: Resistansi konduktor (satuan ohm)

ρ : Resistivitas bahan (satuan ohm.mm²/m)

l : Panjang konduktor (satuan meter)

A: Luas penampang kawat penghantar (satuan m²)

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

2.1.3 JENIS BAHAN KONDUKTOR

Bahan-bahan yang dipakai untuk konduktor harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Konduktifitasnya cukup baik.
2. Kekuatan mekanisnya (kekuatan tarik) cukup tinggi.
3. Koefisien muai panjangnya kecil.
4. Modulus kenyalnya (modulus elastisitas) cukup besar.

Bahan-bahan yang biasa digunakan sebagai konduktor, antara lain:

- a. Logam biasa, seperti: tembaga, aluminium, besi, dan sebagainya.
- b. Logam campuran (*alloy*), yaitu sebuah logam dari tembaga atau aluminium yang diberi dalam jumlah tertentu dari logam jenis lain, yang gunanya untuk menaikkan kekuatan mekanisnya.
- c. Logam paduan (*composite*), yaitu dua jenis logam atau lebih yang dipadukan dengan cara kompresi, peleburan (*smelting*) atau pengelasan (*welding*).

2.2 ISOLATOR

Seperti telah kalian ketahui, bahwa tidak semua bahan konduktif memiliki tingkat konduktivitas yang sama, terhadap pergerakan elektron. Pada suatu bahan tertentu maka nilai konduktivitas bisa menjadi sangat rendah, sehingga mobilitas pergerakan elektron menjadi sangat sulit terjadi, bahkan pada bahan tertentu mobilitas pergerakan elektron sama sekali tidak dapat berlangsung. Sebagai contoh isolator, kaca jendela lebih baik dari pada sebagian besar plastik, dan lebih baik daripada fiberglass. Begitu juga dengan konduktor listrik, sebagian lebih baik daripada yang lain. Sebagai contoh, perak adalah konduktor terbaik dalam golongan konduktor, bahannya memberikan ruang yang lebih mudah bagi elektron untuk bergerak dibandingkan dengan bahan konduktor yang lain.

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

Bahan lain seperti gelas, elektron-elektron gelas hanya memiliki sedikit ruang untuk bergerak bebas. Ketika gaya luar seperti tarikan fisik dikenakan pada bahan tersebut, maka elektron-elektron bebas dipaksa meninggalkan atom dan berpindah ke atom dari bahan yang lain. Akan tetapi elektron-elektron tersebut tidak dapat bergerak dengan mudah diantara atom-atom dalam bahan tersebut.

Isolator listrik adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik. Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat kuat pada atom atomnya. Bahan-bahan ini lazim dipergunakan dalam peralatan listrik dan elektronika untuk alasan keamanan dan pencegahan terhadap bahaya sengatan arus listrik. Isolator digunakan pula sebagai penopang beban atau pemisah antara konduktor tanpa membuat adanya arus mengalir ke luar atau antara konduktor. Beberapa bahan, seperti kaca, kertas, atau Teflon merupakan bahan isolator yang sangat bagus.

Beberapa bahan sintetis masih "cukup bagus" dipergunakan sebagai isolator kabel. Contohnya plastik atau karet. Bahan-bahan ini dipilih sebagai isolator kabel karena lebih mudah dibentuk atau diproses sementara masih bisa menyumbat aliran listrik pada voltase menengah (ratusan, mungkin ribuan volt). Isolator atau non konduktor adalah bahan listrik yang mempunyai nilai resistansi atau daya hambat listrik sangat tinggi, sehingga arus listrik tidak dapat mengalir melewatinya. Karena sifatnya yang tidak menghantarkan arus listrik maka bahan ini banyak digunakan sebagai pelindung terhadap bahaya sengatan arus listrik. Bahan isolator yang sering digunakan adalah gelas, mika, porselin, karet, minyak trafo dan pernis. Nilai resistansi isolator dalam satuan ohm, lazimnya bervariasi mulai dari: $10 \times 10^9 = 10.000.000.000 \, \Omega$, hingga $10 \times 10^{15} = 10.000.000.000.000.000 \, \Omega$.

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

2.2.1 SIFAT-SIFAT ISOLATOR

Isolator atau bahan penyekat digunakan untuk memisahkan bagian-bagian yang bertegangan. Untuk itu pemakaian bahan penyekat perlu mempertimbangkan sifat kelistrikanya. Disamping itu juga perlu mempertimbangkan sifat termal, sifat mekanis, dan sifat kimia. Sifat kelistrikan mencakup resistivitas, permitivitas, dan kerugian dielektrik. Isolator atau penyekat membutuhkan bahan yang mempunyai resistivitas yang besar agar arus yang bocor sekecil mungkin (dapat diabaikan). Yang perlu diperhatikan di sini adalah bahwa bahan isolasi yang higroskopis hendaknya dipertimbangkan penggunaannya pada tempat-tempat yang lembab karena resistivitasnya akan turun. Resistivitas juga akan turun jika tegangan yang diberikan naik.

2.3 SEMIKONDUKTOR

Berdasarkan penelitian, sifat listrik beberapa bahan dapat berubah tergantung pada kondisi. Gelas sebagai contoh adalah isolator yang baik pada suhu ruangan, tetapi akan menjadi konduktor ketika dipanaskan pada suhu yang tinggi. Gas-gas dalam udara, secara normal merupakan bahan isolasi juga akan menjadi konduktif jika dipanaskan pada suhu yang tinggi. Beberapa logam menjadi konduktor yang buruk ketika dipanaskan, dan menjadi konduktor yang baik ketika didinginkan. Banyak bahan konduktif menjadi konduktif sempurna dan disebut superkonduktivitas pada suhu yang sangat rendah. Selain konduktor dan isolator seperti yang telah diuraikan di atas, dikenal pula satu jenis bahan listrik yang memiliki sifat unik yaitu semikonduktor. Nilai resistansi bahan semikonduktor adalah di atas nilai resistansi bahan konduktor tetapi di bawah nilai resistansi bahan isolator. Itulah sebabnya mengapa bahan ini disebut sebagai bahan semikonduktor. Daya hantar bahan semikonduktor sangat unik. Berikut ini

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

diberikan berbagai cara bagaimana bahan semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik.

1. KONDUKSI INTRINSIK

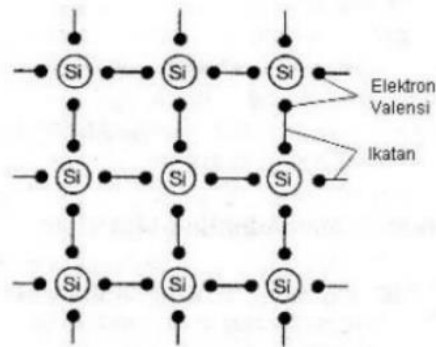
Bila suatu bahan semikonduktor didinginkan hingga mencapai suhu -273°C (0°K), bahan semikonduktor ini tidak akan dapat menghantarkan arus listrik, hal ini disebabkan tidak adanya elektron bebas yang dikandung oleh bahan tersebut. Jadi pada suhu -273°C , bahan semikonduktor menjadi isolator. Bila suatu bahan semikonduktor dengan suhu -273°C dipanaskan hingga mencapai suhu 0°C , maka bahan semikonduktor tersebut mulai dapat menghantarkan arus listrik. Daya hantar jenis (ρ) bahan semikonduktor naik secara eksponensial (kuadratis) dengan kenaikan suhu. Mengapa dengan pemanasan (*heating*) dapat membuat bahan semikonduktor menjadi konduktif? Bila suatu kristal dipanaskan, maka atom-atom kristal tidak akan tinggal diam, tetapi bergerak ke segala penjuru. Akibatnya ikatan atom terhadap elektron terikat (elektron valensi) terlepas, sehingga berubah menjadi elektron bebas. Elektron bebas menjadi semakin banyak, sehingga daya hantar bahan semikonduktor juga menjadi naik. Dari fenomena tersebut dapat dikatakan bahwa daya hantar bahan semikonduktor berubah tergantung pada suhu.

2. KONDUKSI EKSTRINSIK

Komponen elektronika seperti diode dan transistor dibuat dari bahan semikonduktor. Misalnya diode terbuat dari dua jenis bahan semikonduktor tipe P dan tipe N.

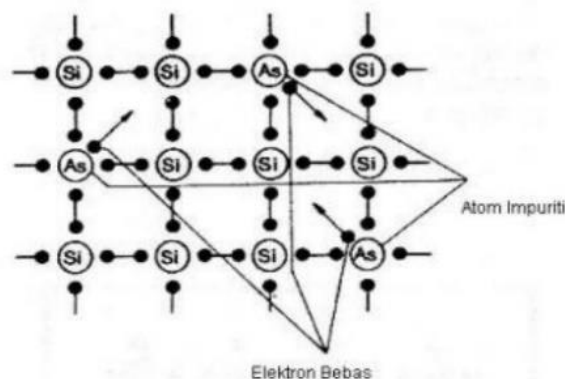
BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK



Gambar 2.1 Struktur Kristal Atom Silikon

Agar konduktivitas bahan semikonduktor untuk komponen elektronika ini tidak tergantung suhu (konduksi instrinsik) maka ditempuh cara lain, yaitu mencampurkan suatu kristal atom lain ke kristal atom bahan semikonduktor. Cara ini lazim disebut *dopping*. Misalnya kristal atom silikon yang memiliki 4 elektron valensi di-dopping dengan kristal atom arsenik yang memiliki lima elektron valensi, akibatnya campuran ini akan kelebihan elektron, dan disebut sebagai bahan semikonduktor tipe N.



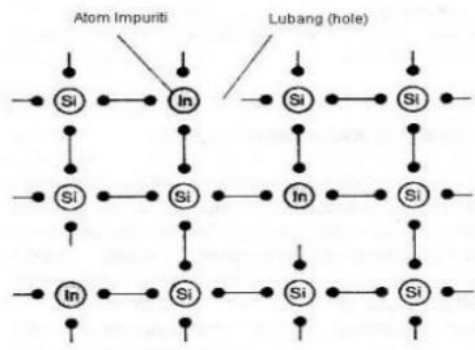
Gambar 2.2 Bahan Semikonduktor Tipe N

Sebaliknya bila kristal atom silikon di - *dopping* dengan kristal atom indium yang hanya memiliki tiga elektron valensi, maka campuran ini

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

akan kekurangan elektron, sehingga menghasilkan bahan semikonduktor tipe P.



Gambar 2.3 Bahan Semikonduktor Tipe P

Komponen elektronika seperti *diode*, transistor dan SCR, terbuat dari gabungan bahan semikonduktor type P dan tipe N.

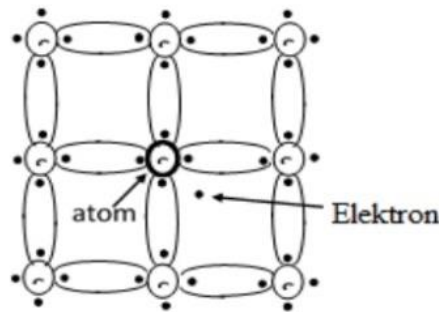
2.3.1 SEMIKONDUKTOR TIPE N

Suatu kristal Silikon yang murni, dimana setiap atomnya adalah atom Silikon saja, disebut sebagai semikonduktor intrinsik. Untuk kebanyakan aplikasi, tidak terdapat pasangan elektron-hole yang cukup banyak di dalam suatu semikonduktor intrinsik untuk dapat menghasilkan arus yang berguna. Doping adalah penambahan atom-atom impuritas pada suatu kristal untuk menambah jumlah elektron maupun hole. Suatu kristal yang telah di dop disebut semikonduktor ekstrinsik. Untuk memperoleh tambahan elektron pada jalur konduksi, diperlukan atom pentavalent. Atom pentavalen ini juga disebut sebagai atom donor. Setelah membentuk ikatan kovalen dengan tetangganya, atom pentavalen ini mempunyai kelebihan sebuah elektron, yang dapat beredar pula pada jalur konduksi, seperti pada Gambar 2.4. Sehingga terbentuk jumlah elektron yang cukup banyak dan jumlah hole yang sedikit. Keadaan ini diistilahkan dengan elektron sebagai pembawa

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

mayoritas dan hole sebagai pembawa minoritas. Semikonduktor yang didoping seperti ini disebut dengan semikonduktor type-n.



Gambar 2.4 Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe N

Oleh karena atom antimoni (Sb) bervalensi lima, maka empat elektron valensi mendapatkan pasangan ikatan kovalen dengan atom silikon sedangkan elektron valensi yang kelima tidak mendapatkan pasangan. Oleh karena itu ikatan elektron kelima ini dengan inti menjadi lemah dan mudah menjadi elektron bebas. Karena setiap atom depan ini menyumbang sebuah elektron, maka atom yang bervalensi lima disebut dengan atom donor. Dan elektron “bebas” sumbangan dari atom dopan inipun dapat dikontrol jumlahnya atau konsentrasinya.

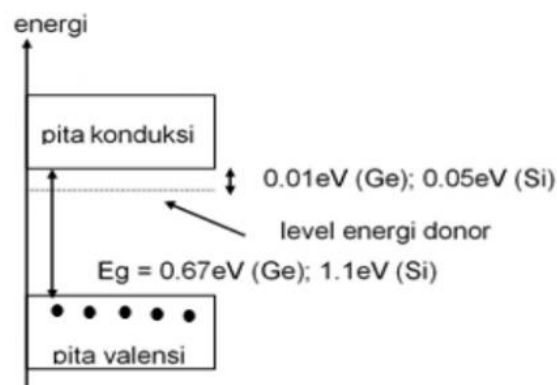
Meskipun demikian bahan silikon tipe n ini mengandung elektron bebas (pembawa mayoritas) yang cukup banyak, namun secara keseluruhan Kristal ini tetap netral karena jumlah muatan positif pada inti atom masih sama dengan jumlah keseluruhan elektronnya. Pada bahan tipe n disamping jumlah elektron bebasnya meningkat, ternyata jumlah hole-nya (pembawa minoritas) menurun. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya jumlah elektron bebas, maka kecepatan hole dan elektron ber-rekombinasi (bergabungnya kembali elektron dengan hole) semakin meningkat. Sehingga jumlah hole-nya menurun.

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

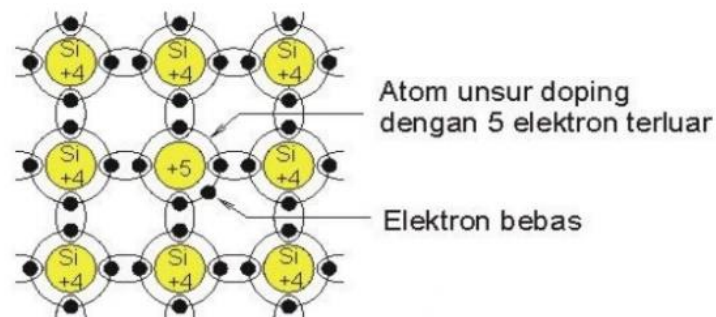
Level energi dari elektron bebas sumbangan atom donor digambarkan pada gambar 2.5.

Jarak antara pita konduksi dengan level energi donor sangat kecil yaitu 0.01 eV untuk germanium dan 0.05 eV untuk silikon. Sehingga pada suhu ruang semua elektron donor dapat mencapai pita konduksi dan menjadi elektron bebas.



Gambar 2.5 Diagram Pita Energi Semikonduktor Tipe N

Bahan semikonduktor tipe n dapat dilukiskan seperti pada Gambar 2.6. Karena atom-atom donor telah ditinggalkan oleh elektron valensinya (yakni menjadi elektron bebas), maka menjadi ion yang bermuatan positif. Sehingga digambarkan dengan tanda positif. Sedangkan elektron bebasnya menjadi pembawa mayoritas. Dan pembawa minoritasnya berupa hole.



Gambar 2.6 Bahan Semikonduktor Tipe N

BAB II

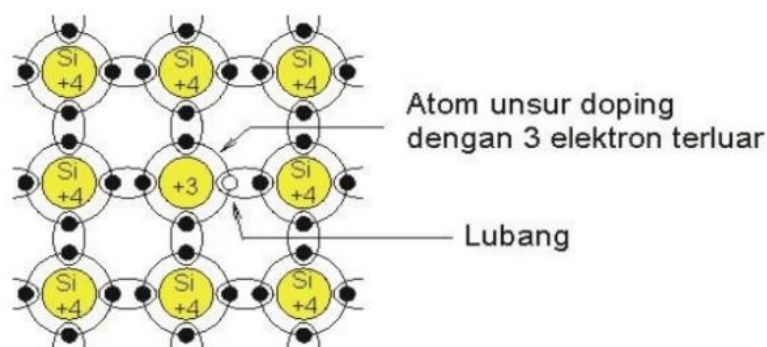
BAHAN – BAHAN LISTRIK

2.3.2 SEMIKONDUKTOR TIPE P

Apabila bahan semikonduktor murni (intrinsik) didoping dengan bahan impuritas (ketidak-murnian) bervalensi tiga, maka akan diperoleh semikonduktor tipe p. Bahan dopan yang bervalensi tiga tersebut misalnya boron, galium, dan indium. Struktur kisi-kisi kristal semikonduktor (silikon) tipe p adalah seperti Gambar 2.7.

Karena atom dopan mempunyai tiga elektron valensi, dalam Gambar 6 adalah atom Boron (B), maka hanya tiga ikatan kovalen yang bisa dipenuhi. Sedangkan tempat yang seharusnya membentuk ikatan kovalen keempat menjadi kosong (membentuk hole) dan bisa ditempati oleh elektron valensi lain. Dengan demikian sebuah atom bervalensi tiga akan menyumbangkan sebuah hole. Atom bervalensi tiga (trivalent) disebut juga atom akseptor, karena atom ini siap untuk menerima elektron. Seperti halnya pada semikonduktor tipe n, secara

keseluruhan kristal semikonduktor tipe n ini adalah netral. Karena jumlah hole dan elektronnya sama. Pada bahan tipe p, hole merupakan pembawa muatan mayoritas. Karena dengan penambahan atom dopan akan meningkatkan jumlah hole sebagai pembawa muatan. Sedangkan pembawa minoritasnya adalah elektron.



Gambar 2.7 Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe P

BAB II

BAHAN – BAHAN LISTRIK

2.4 LATIHAN SOAL

1. Terdapat berapa jenis bahan listrik? Jelaskan menurut kalian dan berikan contohnya minimal 3 benda.
2. Sebuah kawat tembaga memiliki ukuran sepanjang 10 meter yang resistivitasnya sebesar $1,724 \times 10^{-8} \text{ m}$, kawat tembaga tersebut memiliki luas penampang 100 cm^2 . Maka hitunglah resistansi dari kawat tembaga tersebut!
3. Sebuah kawat aluminium yang memiliki dengan luas penampang $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ memiliki nilai hambatan sebesar $2 \times 10^{-4} \text{ Ohm}$. Jika hambatan jenis aluminium adalah $2,82 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$. Tentukan berapa panjang kawat aluminium tersebut!
4. Sebutkan bahan-bahan apa saja yang biasa digunakan sebagai konduktor!
5. Terdapat berapa cara agar bahan semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik? Sebutkan!



BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 3, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menjelaskan pengertian resistor, induktor, kapasitor;
2. Mampu memahami tentang jenis-jenis resistor, induktor dan kapasitor
3. Mampu menjelaskan tentang bagian-bagian resistor, induktor dan kapasitor
4. Mampu memahami perhitungan resistor, induktor dan kapasitor

b. Uraian Materi

3.1 ELEMEN PASIF RANGKAIAN LISTRIK

Elemen atau kompoen listrik yang dibicarakan disini adalah elemen listrik dua terminal, yang terdiri atas: Sumber tegangan, Sumber arus, Resistor (R), Induktor (L), Kapasitor (C). Berbicara mengenai Rangkaian Listrik, tentu tidak dapat dilepaskan dari pengertian dari rangkaian itu sendiri, dimana rangkaian adalah interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya dimana disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup. Dengan kata lain hanya dengan satu lintasan tertutup saja kita dapat menganalisis suatu rangkaian.

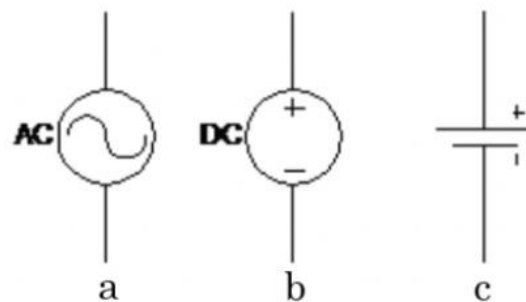
Yang dimaksud dengan satu lintasan tertutup adalah satu lintasan saat kita mulai dari titik yang dimaksud akan kembali lagi ketitik tersebut tanpa terputus dan tidak memandang seberapa jauh atau dekat lintasan yang kita tempuh. Rangkaian listrik merupakan dasar dari teori rangkaian pada teknik elektro yang menjadi dasar atay fundamental bagi ilmu-ilmu lainnya seperti elektronika, sistem daya, sistem computer, putaran mesin, dan teori control. Sebuah rangkaian (*circuit*) dan Jaringan (*net work*) terbentuk dari gabungan elemen-elemen dua terminal baik elemen pasif maupun elemen aktif. Elemen-elemen aktif adalah sumber tegangan atau sumber arus yang mampu menyalurkan energi ke rangkaian atau jaringan. Sedang elemen-

BAB III

ELEMEN PASIF

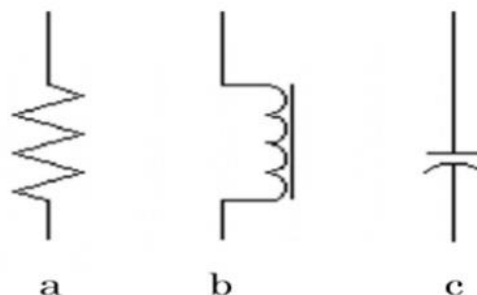
RANGKAIAN LISTRIK

elemen pasif adalah resistor, induktor dan kapasitor yaitu elemen-elemen rangkaian yang menyerap ataupun menyimpan energi dari sumber energi. Elemen-elemen tersebut dapat dihubungkan dalam hubungan seri, parallel atau kombinasi keduanya.



Gambar 3.1 Elemen Aktif

Gambar 3.1 (a) memperlihatkan simbol elemen aktif, catu daya atau sumber tegangan arus bolak-balik (AC), 3.1 (b) dan 3.1 (c) memperlihatkan symbol sumber tegangan searah (DC).



Gambar 3.2 Elemen Pasif (a) Resistor, (b) induktor, (c) kapasitor

3.2 KESEPAKATAN TANDA

Bila suatu arus memasuki sebuah elemen rangkaian pada terminal bertanda positif (+) untuk tegangan U pada elemen tersebut, maka daya yang diserap adalah perkalian antara tegangan dan arus atau $P = U \times I$.

Dalam Gambar 3.3, diketahui tegangan pada elemen A adalah $U_a = 20$ V, tegangan pada elemen B adalah $U_b = -15$ V dan tegangan pada elemen C

BAB III

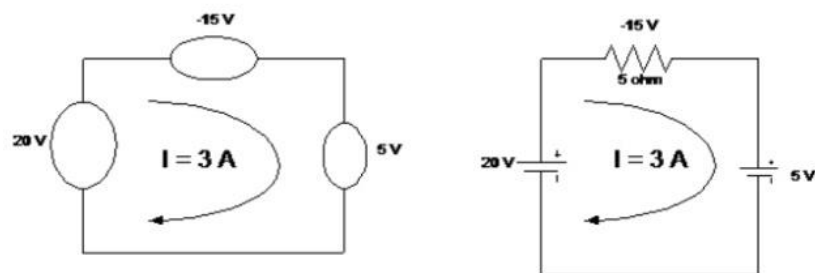
ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

adalah $U_c = 5 \text{ V}$. Dapat diketahui besar daya yang diserap oleh elemen A yaitu:

$$P = U_a \times I = - (20) \times (3) = - 60 \text{ watt}$$

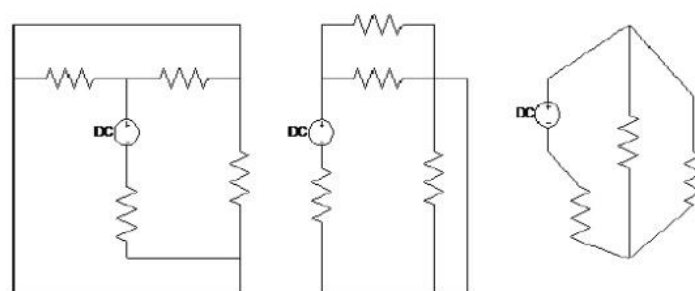
Penyerapan negatif adalah emisi positif. Akibatnya, elemen A pastilah sebuah sumber tegangan. Daya yang diserap oleh elemen B adalah $- (-15) \times (3) = 45 \text{ watt}$ dan pada elemen C adalah $+(5) \times (3) = 15 \text{ watt}$.



Gambar 3.3 Kesepakatan Tanda arah arus

3.3 DIAGRAM RANGKAIAN

Setiap diagram rangkaian atau jaringan dapat terbentuk atau ditampilkan dalam berbagai cara. Jadi kadang-kadang rangkaian yang sama tetapi dapat ditampilkan dalam bentuk yang berbeda. Oleh karena itu dalam melakukan analisis rangkaian, sebaiknya memeriksa terlebih dahulu diagram rangkaiannya dan kalau perlu digambar kembali guna memperlihatkan dengan lebih jelas bagaimana elemenelemen tersebut saling berhubungan sebelum memulai menyelesaikan masalahnya.



Gambar 3.4 Diagram Rangkaian Resistor

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

3.4 RESISTOR DAN RESISTANSI

Penghantar yang sangat jelek lazim disebut sebagai resistor atau resistan atau tahanan atau penghambat. Resistor tidak memiliki elektron bebas atau sangat sedikit elektron bebas pada atomnya. Jadi sangat sulit bagi elektron bebas tersebut bergerak melewati atom lainnya. Resistor atau tahanan adalah bahan listrik yang mempunyai daya hantar listrik rendah atau mempunyai resistansi tinggi.

Resistor merupakan salah satu komponen pasif yang memiliki fungsi untuk mengatur arus listrik. Resistor diberi lambang huruf R dengan satuannya yaitu Ohm (Ω). Resistor digunakan sebagai bagian dari jejaring elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Karakteristik utama dari resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan. Karakteristik lain termasuk koefisien suhu, desah listrik, dan induktansi. Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki bergantung pada desain sirkuit, kebutuhan daya resistor harus cukup dan disesuaikan dengan kebutuhan arus rangkaian agar tidak terbakar. (Frans Romario dan Stevano Augusta, 2012).

Resistan listrik diukur dalam satuan ohm. Di mana satuan ohm menyatakan jumlah resistan pada suatu rangkaian listrik. Resistan sebesar satu ohm memungkinkan adanya emf sebesar satu volt yang menyebabkan terjadinya aliran arus melalui rangkaian tersebut sebesar satu amper. Nilai resistan listrik pada suatu konduktor tergantung pada empat aspek berikut:

1. Bahan yang digunakan
2. Diameter atau ukuran konduktor
3. Panjang konduktor
4. Suhu konduktor

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

Besarnya nilai resistansi suatu bahan konduktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{\rho \times \ell}{A}$$

Dimana:

R: resistansi konduktor, diukur dalam satuan ohm

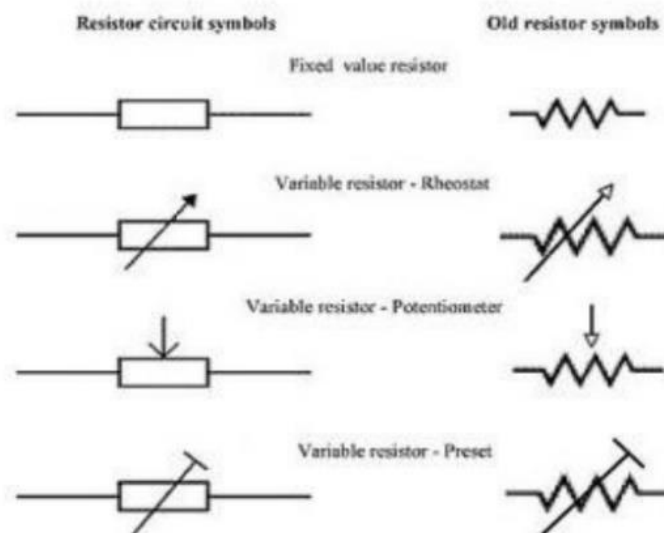
ρ : resistivitas bahan, dalam satuan ohm.mm²/m

ℓ : panjang konduktor, diukur dalam satuan meter (m)

A : luas penampang kawat penghantar, dalam satuan mm²

3.4.1 SIMBOL RESISTOR

Berikut adalah simbol resistor dalam bentuk gambar yang digunakan dalam suatu desain rangkaian elektronika.



Gambar 3.5 Simbol Resistor

Resistor dalam suatu teori dan penulisan formula yang berhubungan dengan resistor disimbolkan dengan huruf "R". Kemudian pada desain skema elektronika resistor tetap disimbolkan dengan huruf "R", resistor variabel disimbolkan dengan huruf "VR" dan untuk resistor jenis potensiometer ada yang disimbolkan dengan huruf "VR" dan "POT".

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

3.4.2 NILAI TOLERANSI RESISTOR

Toleransi resistor merupakan perubahan nilai resistansi dari nilai yang tercantum pada badan resistor yang masih diperbolehkan dan dinyatakan resistor dalam kondisi baik. Toleransi resistor merupakan salah satu perubahan karakteristik resistor yang terjadi akibat operasional resistor tersebut. Nilai toleransi resistor ini ada beberapa macam yaitu resistor dengan toleransi kerusakan 1% (resistor 1%), resistor dengan toleransi kesalahan 2% (resistor 2%), resistor dengan toleransi kesalahan 5% (resistor 5%) dan resistor dengan toleransi 10% (resistor 10%). Jadi **misalnya** resistor 100ohm, toleransi 5 %, berarti resistensinya antara 95-105ohm ($100\text{ohm} \times \pm 5\%$). tidak pas 100ohm. Nilai toleransi resistor ini selalu dicantumkan di kemasan resistor dengan kode warna maupun kode huruf. Sebagai contoh resistor dengan toleransi 5% maka dituliskan dengan kode warna pada cincin ke 4 warna emas atau dengan kode huruf J pada resistor dengan fisik kemasan besar. Resistor yang banyak dijual dipasaran pada umumnya resistor 5% dan resistor 1%.

Resistor yang mempunyai nilai tetap disebut fixed resistor dan yang dapat diatur disebut variabel resistor. Jenis-jenis resistor variabel yaitu: resistor yang dapat diatur dan resistor yang berubah tergantung kondisi fisiknya.



Potensiometer



Trimpot



Rheostat

Gambar 3.6 Resistor yang Dapat Diatur

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



Gambar 3.7 Resistor yang Berubah Tergantung Kondisi Fisiknya

3.4.3 JENIS-JENIS RESISTOR

Berdasarkan jenis dan bahan yang digunakan untuk membuat resistor dibedakan menjadi resistor kawat, resistor arang dan resistor oksida logam atau resistor metal film.

1. Resistor Kawat (Wirewound Resistor)

Resistor kawat atau wirewound resistor merupakan resistor yang dibuat dengan bahan kawat yang dililitkan. Sehingga nilai resistansi resistor ditentukan dari panjangnya kawat yang dililitkan. Resistor jenis ini pada umumnya dibuat dengan kapasitas daya yang besar.



Gambar 3.8 Resistor Kawat

2. Resistor Arang (Carbon Resistor)

Resistor arang atau resistor karbon merupakan resistor yang dibuat dengan bahan utama batang arang atau karbon. Resistor karbon ini merupakan resistor yang banyak digunakan dan banyak diperjual belikan. Dipasaran resistor jenis ini dapat kita jumpai dengan

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

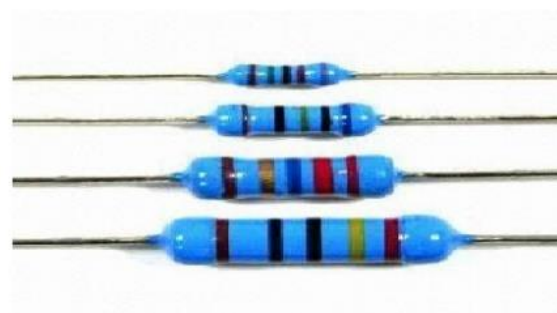
kapasitas daya 1/16 Watt, 1/8 Watt, 1/4 Watt, 1/2 Watt, 1 Watt, 2 Watt dan 3 Watt.



Gambar 3.9 Resistor Arang

3. Resistor Oksida Logam (Metal Film Resistor)

Resistor oksida logam atau lebih dikenal dengan nama resistor metal film merupakan resistor yang dibuat dengan bahan utama oksida logam yang memiliki karakteristik lebih baik. Resistor metal film ini dapat ditemui dengan nilai toleransi 1% dan 2%. Bentuk fisik resistor metal film ini mirip dengan resistor karbon hanya beda warna dan jumlah cincin warna yang digunakan dalam penilaian resistor tersebut. Sama seperti resistor karbon, resistor metal film ini juga diproduksi dalam beberapa kapasitas daya yaitu 1/8 Watt, 1/4 Watt, 1/2 Watt. Resistor metal film ini banyak digunakan untuk keperluan pengukuran, perangkat industri dan perangkat militer.



Gambar 3.10 Resistor Oksida Logam

BAB III

ELEMEN PASIF

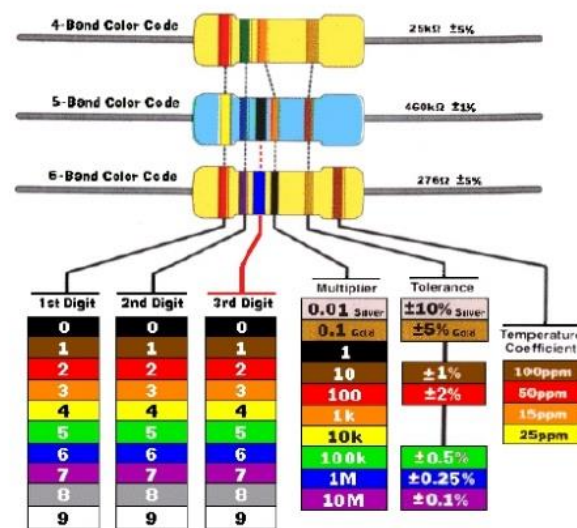
RANGKAIAN LISTRIK

3.4.4 KODE WARNA RESISTOR

Kode warna pada resistor menyatakan harga resistansi dan toleransinya. Semakin kecil harga toleransi suatu resistor adalah semakin baik, karena harga sebenarnya adalah harga yang tertera $\pm$ harga toleransinya. Misalnya suatu resistor harga yang tertera = $100\ \Omega$ mempunyai toleransi 5%, maka harga sebenarnya adalah:

$$\text{Harga resistor} = 100 - (5\% \times 100) \text{ s/d } 100 + (5\% \times 100) = 95\ \Omega \text{ s/d } 105\ \Omega.$$

Gelang warna yang terdapat pada resistor terdiri dari 4 gelang 5 dan 6 gelang warna. Dari gelang warna yang terdapat dari suatu resistor tersebut memiliki arti dan nilai dimana nilai resistansi resistor dengan kode warna yaitu:



Gambar 3.11 Resistor dengan 4, 5 dan 6 Gelang Warna

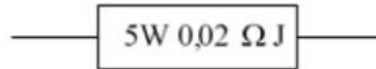
3.4.5 KODE HURUF RESISTOR

Resistor yang mempunyai kode angka dan huruf biasanya adalah resistor lilitan kawat yang diselubungi dengan keramik/porselin, seperti terlihat pada gambar di bawah ini:

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



Gambar 3.12 Resistor dengan Kode Angka dan Huruf

Arti kode angka dan huruf pada resistor ini adalah sebagai berikut :

1. 5 W 0,02 Ω J

- a) 5 W berarti kemampuan daya resistor besarnya 5 watt
- b) 0,22 Ω berarti besarnya resistansi 0,22 Ω
- c) J berarti besarnya toleransi 5%

2. 5 W 22 R J

- a) 5 W berarti kemampuan daya resistor besarnya 5 watt
- b) 22 R berarti besarnya resistansi 22 Ω
- c) J berarti besarnya toleransi 5%

3. 5 W 1 k Ω J

- a) 5 W berarti kemampuan daya resistor besarnya 5 watt
- b) 1 k Ω berarti kemampuan besarnya resistansi 1 k Ω
- c) J berarti besarnya toleransi 5%

4. 5 W R 1 k

- a) 5 W berarti kemampuan daya resistor sebesar 5 watt
- b) R1K berarti besarnya resistansi 1 k Ω

3.5 INDUKTOR DAN INDUKTANSI

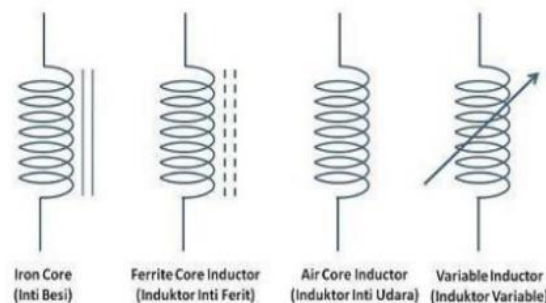
Induktor merupakan komponen elektronika pasif yang sering ditemukan dalam rangkaian elektronika, terutama pada rangkaian yang berkaitan dengan frekuensi radio. Induktor atau dikenal juga dengan coil adalah komponen elektronika pasif yang terdiri dari susunan lilitan kawat yang

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

membentuk sebuah kumparan. Sebagai contoh belitan transformator, belitan motor dan alat-alat lain yang serupa.



Gambar 3.13 Simbol Induktor

Sebuah induktor atau reaktor adalah sebuah komponen elektronika pasif (kebanyakan berbentuk torus) yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melintasinya. Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet ditentukan oleh induktansinya (L), yang diukur dalam satuan Henry. Biasanya sebuah induktor adalah sebuah kawat penghantar yang dibentuk menjadi kumparan, lilitan membantu membuat medan magnet yang kuat di dalam kumparan dikarenakan hukum induksi faraday. Induktor adalah salah satu komponen elektronik dasar yang digunakan dalam rangkaian yang arus dan tegangannya berubah-ubah dikarenakan kemampuan induktor untuk memproses arus bolak-balik.

Induktansi (L) (diukur dalam Henry) adalah efek dari medan magnet yang terbentuk disekitar konduktor pembawa arus yang bersifat menahan perubahan arus. Arus listrik yang melewati konduktor membuat medan magnet sebanding dengan besar arus. Perubahan dalam arus menyebabkan perubahan medan magnet yang mengakibatkan gaya elektromotif lawan melalui GGL induksi yang bersifat menentang perubahan arus. Induktansi diukur berdasarkan jumlah gaya elektromotif yang ditimbulkan untuk setiap perubahan arus terhadap waktu.

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

Sebagai contoh, sebuah induktor dengan induktansi 1 Henry menimbulkan gaya elektromotif sebesar 1 volt saat arus dalam induktor berubah dengan kecepatan 1 ampere setiap sekon. Jumlah lilitan, ukuran lilitan, dan material inti menentukan induktansi. Pada kumparan dengan jumlah lilitan N , dan dialiri arus sebesar iL , akan timbul fluksi magnet sebesar:

$$\phi = kNiL$$

Dengan:

k : Konstanta tergantung pada sifat magnetik dari bahan yang digunakan

N : Jumlah lilitan

iL : Arus yang diterima induktor.



Gambar 3.14 Tipe Induktor

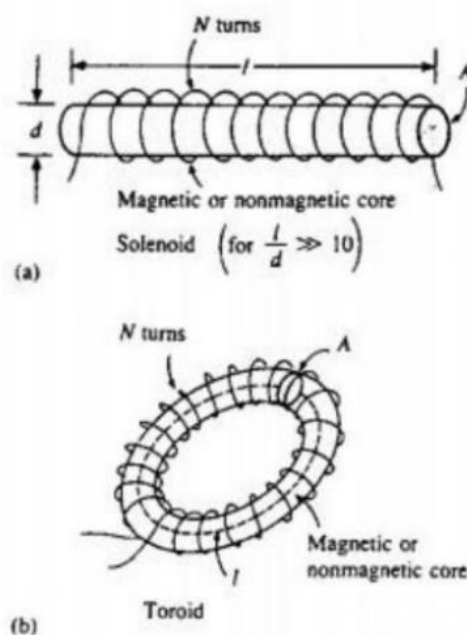
Konstruksi induktor sebuah induktor biasanya dikonstruksi sebagai sebuah lilitan dari bahan penghantar, biasanya kawat tembaga, digulung pada inti magnet berupa udara atau bahan feromagnetik. Bahan inti yang mempunyai permeabilitas magnet yang lebih tinggi dari udara meningkatkan medan magnet dan menjaganya tetap dekat pada induktor, sehingga meningkatkan induktansi induktor. Induktor frekuensi rendah dibuat dengan menggunakan baja laminasi untuk menekan arus eddy. Ferit lunak biasanya digunakan sebagai inti pada induktor frekuensi tinggi,

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

dikarenakan ferit tidak menyebabkan kerugian daya pada frekuensi tinggi seperti pada inti besi. Ini dikarenakan ferit mempunyai lengkung histeresis yang sempit dan resistivitasnya yang tinggi mencegah arus eddy. Induktor dibuat dengan berbagai bentuk. Sebagian besar dikonstruksi dengan menggulung kawat tembaga email disekitar bahan inti dengan kaki-kaki atau terminal kawat keluar. Beberapa jenis menutup penuh gulungan kawat di dalam material inti, dinamakan induktor terselubungi. Beberapa induktor mempunyai inti yang dapat diubah letaknya, yang memungkinkan pengubahan induktansi. Induktor yang digunakan untuk menahan frekuensi sangat tinggi biasanya dibuat dengan melilitkan tabung atau manik-manik ferit pada kabel transmisi. Induktor kecil dapat dicetak langsung pada papan rangkaian cetak dengan membuat jalur tembaga berbentuk spiral. Beberapa induktor dapat dibentuk pada rangkaian terintegrasi menhan menggunakan inti planar. Tetapi bentuknya yang kecil membatasi induktansi, dan girator dapat menjadi pilihan alternatif.



Gambar 3.15 Konstruksi Induktor

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

Macam-macam induktor umumnya dibedakan berdasar inti yg dipakainya, yaitu:

1. Induktor inti udara (*air core inductor*)
2. Induktor frekuensi radio (*radio frequency inductor*)
3. Induktor inti feromagnetik / (*ferromagnetic core inductor*)
4. Induktor variabel (*variable inductor*)
5. Induktor inti laminasi (*laminated core inductor*)
6. Induktor-inti-toroida (*toroidak core inductor*)
7. Induktor-inti-ferit (*ferrite core inductor*)

Kemampuan sebuah induktor untuk melawan sembarang perubahan arus merupakan ukuran induktansi diri suatu kumparan. Untuk keperluan praktis biasanya hanya disebut sebagai induktansi yang disimbolkan dengan huruf L. Induktansi diukur dalam satuan Henry. Induktor adalah kumparan magnetik dengan bermacam-macam ukuran yang dirancang untuk menghasilkan sejumlah nilai induktansi. Untuk meningkatkan nilai induktansinya, lazimnya digunakan bahan feromagnetik. Kalau pada resistor, ia hanya memiliki nilai resistansi maka pada induktor dia memiliki nilai resistansi (R) dan nilai induktansi (L). Di mana besarnya nilai induktansinya tergantung pada jumlah lilitan (N), luas penampang lilitannya (A) dan panjang sumbu lilitannya (l). Secara matematik hubungannya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$L = \frac{(\mu \times N^2 \times A)}{l}$$

$$L = \mu_r \frac{N^2 \times \mu_o \times A}{l}$$

μ_o adalah permeabilitas udara → $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

μ_r adalah permeabilitas bahan feromagnetik

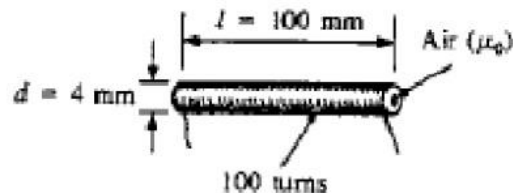
BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

Contoh:

Tentukan induktansi kumparan inti besi seperti gambar berikut:



Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\mu &= \mu_r \mu_0 = (1)(\mu_0) = \mu_0 \\ A &= \frac{\pi d^2}{4} = \frac{(3,14)(4 \times 10^{-3})^2}{4} = 12,57 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ L_0 &= \frac{N^2 \times \mu_0 \times A}{l} = \frac{100^2 (4\pi \times 10^{-7})(12,57 \times 10^{-6})}{0,1} = 1,58 \mu\text{H}\end{aligned}$$

Jika induktor tersebut dipasang inti besi sedemikian rupa sehingga nilai $\mu_r = 2000$. Maka nilai induktansinya menjadi:

$$L = \mu_r L_0 = (2000)(1,58 \times 10^{-6}) = 3,16 \text{ mH}.$$

Induktor merupakan elemen pasif yang mempunyai sifat dapat menyimpan energi seperti halnya energi yang tersimpan pada pegas. Adalah M. Faraday sarjana eksperimentalis dari Inggris yang menemukan gejala unik dari induktor dan induktansi. Bahwa medan magnetik yang selalu berubah setiap saat dapat menginduksikan tegangan di dalam rangkaian yang berdekatan. Faraday dapat menunjukkan bahwa besarnya tegangan induksi sebanding dengan laju perubahan arus terhadap waktu yang menghasilkan medan magnet tersebut dan suatu konstanta yang kemudian disebut sebagai induktansi (L), sehingga:

$$v = L \times \frac{di}{dt}$$

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

3.6 KAPASITOR DAN KAPASITANSI

Kapasitan dapat didefinisikan sebagai suatu sistem kombinasi dari konduktor dan isolator yang bisa menyimpan listrik (elektron bebas). Kemampuannya tersebut diindikasikan dengan huruf C. Kapasitor atau disebut juga dengan Kondensator adalah komponen elektronika pasif yang dapat menyimpan muatan listrik dalam waktu sementara dengan satuan kapasitansinya adalah Farad. Kapasitor yang digunakan dalam peralatan Elektronika merupakan satuan Farad yang dikecilkan menjadi:

1. Piko Farad (pF) = 1×10^{-12} F
2. Nano Farad (nF) = 1×10^{-9} F
3. Micro Farad (μ F) = 1×10^{-6} F

Konversi satuan farad adalah sebagai berikut:

- a. 1 Farad = 1.000.000 μ F (mikro Farad)
- b. 1μ F = 1.000 nF (nano Farad)
- c. 1μ F = 1.000.000 pF (piko Farad)
- d. 1nF = 1.000 pF (piko Farad)

Kapasitor sendiri merupakan komponen elektronika yang terdiri dari 2 (dua) pelat konduktor yang umumnya terbuat dari logam & sebuah isolator yang diantaranya sebagai pemisah. Dan dalam rangkaian elektronika, Kapasitor sendiri disingkat dengan huruf “C”.

3.6.1 SATUAN KAPASITANSI

Satuan Farad merupakan satuan yang agak besar jika diterapkan pada suatu unit kapasitor. Biasanya kapasitor yang digunakan di berbagai peralatan listrik dan refrigerasi dinilai dalam ukuran mikrofarad (μ F). Setiap perangkat yang memiliki kapasitan (menyimpan elektron bebas) disebut kapasitor. Kapasitor berskala besar terbuat dari permukaan metal seperti aluminium foil yang dipisahkan oleh bahan

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

isolasi (dielektrik). Kapasitor diklasifikasikan berdasarkan bahan yang digunakan sebagai dielektrikum. Bahan dielektrikum yang lazim digunakan adalah udara, kertas, oli, keramik, dan elektrolit.

Kapasitor adalah komponen listrik/elektronika yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik, dan secara sederhana terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (bahan dielektrik). Kapasitor atau disebut juga kondensator adalah alat (komponen) listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu. Kapasitor yang paling sederhana adalah kapasitor yang dibentuk oleh dua pelat konduktor. Pada prinsipnya sebuah kapasitor terdiri atas dua konduktor (lempeng logam) yang dipisahkan oleh bahan penyekat (isolator). Isolator penyekat ini sering disebut bahan (zat) dielektrik. Zat dielektrik yang digunakan untuk menyekat kedua penghantar dapat digunakan untuk membedakan jenis kapasitor. Beberapa kapasitor menggunakan bahan dielektrik berupa kertas, mika, plastik cairan dan lain sebagainya.

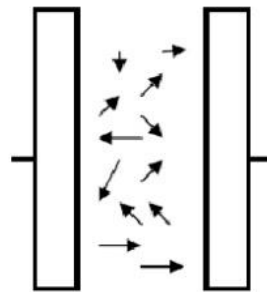
Karena sifatnya yang dapat menyimpan energi, maka kapasitor lazim digunakan sebagai cadangan energi ketika sikuit elektronika terputus secara-tiba-tiba. Hal ini karena adanya arus transien pada kapasitor. Pada alat penerima radio, kapasitor bersama komponen elektronika lain dapat digunakan sebagai penyaring frekuensi dan filter gelombang, selain dapat juga sebagaikomponen pada sirkuit penyearah arus/tegangan ac menjadi dc atau disebut dengan penghalus riak sehingga alat-alat elektronik bisa digunakan dengan tegangan bolak-balik (PLN) tanpa baterai. Kapasitor juga dapat digunakan sebagai komponen pemberi cahaya singkat pada blitz kamera. Kapasitor (yang pada awalnya disebut kondensator) secara struktur prinsipnya terdiri dari dua buah pelat konduktor yang berlawanan muatan, masing-masing

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

memiliki luas permukaan A , dan mempunyai muatan persatuan luas σ . Konduktor yang dipisahkan oleh sebuah zat dielektrik yang bersifat isolator sejauh d . Zat inilah yang nantinya akan memerangkap elektron-elektron bebas. Muatan berada pada permukaan konduktor yang jumlah totalnya adalah nol. Hal ini disebabkan jumlah muatan negatif dan positif sama besar. Bahan dielektrik adalah bahan yang jika tidak terdapat medan bersifat isolator, namun jika ada medan listrik yang melewatinya, maka akan terbentuk dipol-dipol listrik, yang arah medan magnetnya melawan medan listrik semula.



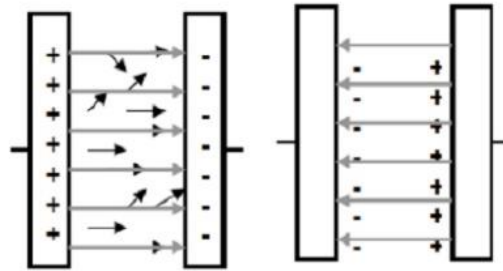
Gambar 3.16 Plat Paralel Sebelum Terhubung dengan Sumber tegangan

Gambar 3.17 memperlihatkan dua plat paralel sebelum terhubung ke sumber tegangan. Sebelum adanya muatan pada kedua pelat, bahan dielektrik memiliki dipole acak sehingga bersifat isolator. Setelah plat bermuatan yg menghasilkan medan listrik ke arah kanan, muatan pada dielektrik terpolarisasi oleh medan listrik. Muatan positif perlahan-lahan menuju pelat negatif, dan muatan negatif ke pelat positif. Akibatnya terdapat medan listrik baru pada dielektrik yang melawan medan listrik semula yang saling menghilangkan, sehingga medan listrik total menjadi nol, dan arus berhenti mengalir.

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



Gambar 3.17 Plat Paralel sesudah terhubung dengan Sumber Tegangan

Bentuk dan jenis kapasitor beragam macamnya, namun untuk memudahkan pembahasan kita fokuskan pada satu jenis kapasitor saja yakni kapasitor pelat sejajar. Dari aspek bahan isolator pun, jenis kapasitor beragam jenisnya, misalnya kapasitor berbahan keramik, poliester, *polystyrene*, teflon, tantalum, mika, dan lain lain.

3.6.2 KAPASITAS KAPASITOR

Ketika kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan (misalnya baterai atau sumber tegangan yang lain) kapasitor akan menyimpan muatan. Besarnya kapasitas muatan yang tersimpan dalam kapasitor disebut kapasitas kapasitor. Besarnya kapasitas kapasitor disebut kapasitansi. Kapasitas kapasitor adalah banyak muatan yang tersimpan dalam kapasitor ketika di hubungkan dengan beda potensial tertentu. Kapasitansi kapasitor disimbolkan dengan huruf C kapital, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C = \frac{q}{U}$$

Dimana:

C = Kapasitas kapasitor, diukur dalam satuan farad

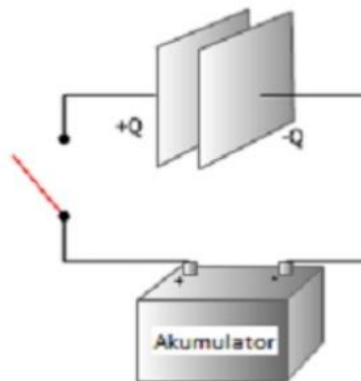
q = Muatan yang tersimpan dalam kapasitor, diukur dalam satuan coulomb

U = Beda potensial antar pelat kapasitor, diukur dalam satuan volt

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



Gambar 3.18 Kapasitor Pelat Paralel

Untuk selanjutnya C disebut kapasitansi yang menyatakan kapasitas sistem kapasitor untuk menyimpan muatan atau juga medan listrik. Harga kapasitansi tergantung pada bentuk sistem kapasitornya, yaitu luas plat dan jarak antar plat. Satuan kapasitansi $\frac{C}{U}$ atau Farad (F).

Sistem kapasitif adalah sistem yang dapat menyimpan muatan atau medan listrik. Sedangkan kapasitor adalah sistem kapasitif yang dibuat agar mempunyai harga kapasitansi tertentu.

Contoh 1:

Plat-plat sejajar sebuah kapasitor yang diisi dengan udara berjarak 1 mm satu dengan yang lain. Tentukan luas plat supaya kapasitansinya menjadi 1 F!

Jawab:

$$A = \frac{dC}{\epsilon_0} = \frac{(1 \times 10^{-3})(1)}{8,9 \times 10^{-12}} = 1,1 \times 10^8 \text{ meter}$$

Ini adalah setara dengan bujur sangkar yang sisi-sisinya lebih panjang dari 9,5 km. Jadi di sini satuan farad merupakan satuan yang sangat besar. Biasanya dalam praktek dipakai satuan mikrofard (μF) di mana $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$.

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

Pada umumnya besaran kapasitor C diukur dalam satuan mikrofarad (F) atau pikofarad (pF). Hubungan antara farad, mikrofarad dan pikofarad dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$1\mu F = 10^{-6}F$$

$$1pF = 10^{-12}F$$

Contoh 2:

Sebuah kapasitor dengan kapasitas 0,5 F dimuati dengan baterai 12 volt. Hitunglah besar muatan yang tersimpan dalam kapasitor tersebut

Jawab:

$$C = 0,5 \times 10^{-6}F$$

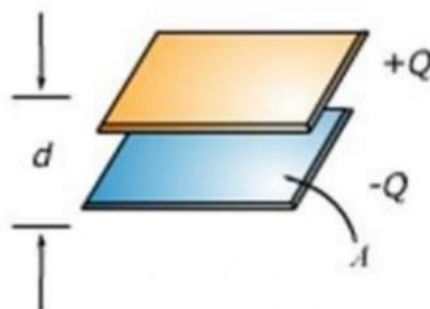
$$V = 12V$$

$$Q = C \times V$$

$$= 0,5 \times 10^{-6} (12)$$

$$= 6 \times 10^{-6}C$$

Kapasitor yang paling sederhana adalah kapasitor keping sejajar yang terdiri dari 2 keping logam seluas A yang terpisah pada jarak d , seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3.19 Plat Paralel

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

Pada keping sejajar nilai kapasitas kapasitor dinyatakan dengan formula:

$$C = \varepsilon \times \frac{A}{d} \text{ atau}$$

$$C = \varepsilon_o \times \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

Untuk penyekat udara $\varepsilon_r=1$, sehingga nilai kapasitas kapasitor adalah:

$$C = \varepsilon_o \frac{A}{d}$$

Dimana:

C = kapasitas pelat paralel, dalam farad

ε_r = permitivitas relatif bahan penyekat

ε = permitivitas bahan penyekat

ε_o = permitivitas vakum = $8,5 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

d = Jarak antar pelat paralel, dalam m

A = Luas keping sejajar, dalam m^2

Contoh:

Hitunglah kapasitansi keping sejajar dengan ukuran (0.1 m x 0.1m) yang berada di udara dengan jarak antar keping 5 mm. Dengan ε_o = permitivitas vakum = $8,5 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

Jawab:

$$A = 0,1 \times 0,1 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$d = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\varepsilon_r = 1$$

Jadi:

$$C = \frac{10^{-2} \times 8,85 \times 10^{-12} \times 1}{5 \times 10^{-3}}$$

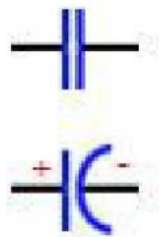
Kegunaan kapasitor dalam berbagai rangkaian listrik adalah: a. mencegah loncatan bunga api listrik pada rangkaian yang mengandung

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

kumparan, bila tiba-tiba arus listrik diputuskan dan dihubungkan. b. menyimpan muatan atau energi listrik dalam rangkaian penyalat elektronik c. memilih panjang gelombang pada radio penerima d. sebagai filter dalam rangkaian catu daya arus searah.



Gambar 3.20 Simbol Kapasitor

3.6.3 MACAM-MACAM KONSTRUKSI KAPASITOR

Berikut ini adalah beberapa macam konstruksi kapasitor:

1. KAPASITOR PITA POLIMER

Pada dasarnya kapasitor ini dibangun dari pita polimer sebagai dielektrik yang diletakkan diantara dua pita aluminium (*aluminium foil*) sebagai elektroda dan digulung untuk memperoleh luas elektroda yang diinginkan. Gulungan ini kemudiandimasukkan ke dalam tabung aluminium atau dilindungi dengan epoxy resin. Konstruksi lain adalah menggunakan lapisan aluminium yang diendapkan (melalui proses penguapan) langsung di permukaan pita polimer sebagai elektroda. Tebal pita polimer hanya beberapa mikron sedangkan tebal lapisan elektroda yang diendapkan di permukaan polimer adalah sekitar 0.025 mm; dengan demikian efisiensi volume menjadi tinggi.

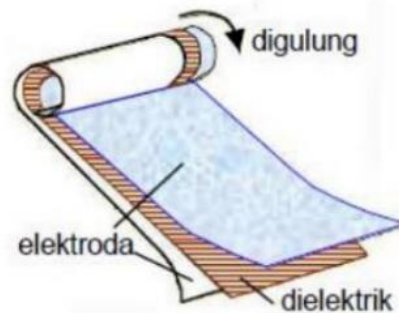
Polimer yang biasa digunakan adalah *polystyrene*, *polypropylene*, *polyester*, *polycarbonate*. Kapasitor jenis ini banyak dipakai. Kapasitor dengan dielektrikum *polystyrene* mempunyai faktor kerugian yang sangat rendah ($< 10^{-3}$). Kapasitansi yang bisa dicapai pada konstruksi

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

ini adalah antara 10^{-5} - 10^2 mF. Kertas dengan impregnasi juga sering digunakan juga sebagai dielektrik.



Gambar 3.21 Kapasitor Pita Polimer

2. KAPASITOR ELEKTROLIT ALUMINIUM

Kapasitor ini dibangun dari dua pita aluminium yang sangat murni dengan ketebalan sekitar 50 mm sebagai elektroda, dan diantara keduanya diletakkan kertas berpori, kemudian digulung membentuk silinder. Salah satu elektroda (yaitu anoda) mempunyai lapisan alumina dengan tebal sekitar 0.1 mm, yang dibentuk secara anodik. Gulungan ini dimasukkan ke dalam tabung silinder kemudian kertas berporinya di-impregnasi dengan suatu elektrolit (misalnya amonium pentaborat).

Dengan demikian tersusunlah kapasitor yang terdiri dari anoda pita aluminium, lapisan alumina sebagai dielektrik, serta elektrolit dan pita aluminium yang lain sebagai katoda. Dalam penggunaan anoda harus tetap berpotensial positif. Kapasitor ini dibuat dalam rentang nilai antara 10^{-1} sampai 10^4 mF.



Gambar 3.22 Kapasitor Elektrolit

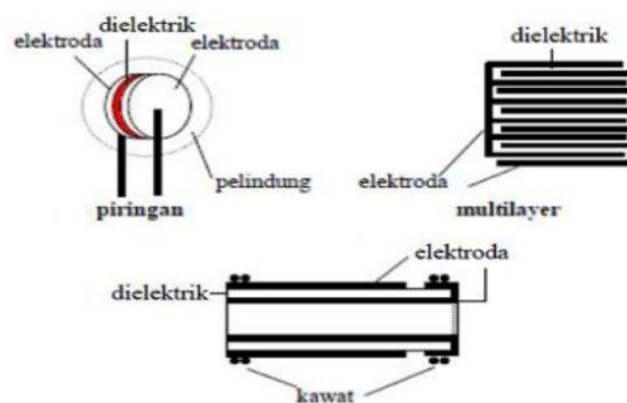
BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

3. KAPASITOR KERAMIK

Kapasitor keramik dibuat untuk penggunaan pada tegangan dan daya rendah maupun tegangan dan daya tinggi. Untuk tegangan rendah kita mengenal konstruksi piringan, konstruksi tabung, dan konstruksi multilayer.



Gambar 3.23 Kapasitor Keramik

4. KAPASITOR MIKA

Konstruksi yang umum terdiri dari beberapa lempeng mika dengan ketebalan antara 0.25 sampai 50 mm sebagai dielektrik dengan lapisan perak sebagai elektroda yang disusun dan diklem membentuk satu susunan kapasitor terhubung paralel. Susunan ini kemudian dibungkus dengan thermosetting resin untuk melindunginya dari kelembaban. Kapasitor jenis ini dibuat dalam rentang 10⁻⁵ sampai 10⁻¹ mF.



Gambar 3.24 Contoh Jenis Kapasitor

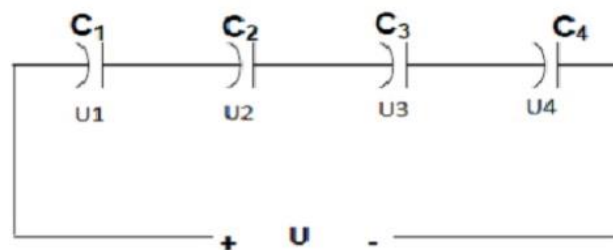
BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

3.6.4 RANGKAIAN SERI KAPASITOR

Sebagaimana hambatan, rangkaian kapasitor dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis konfigurasi yakni, seri dan paralel, akan tetapi aturannya berbeda dan bahkan kebalikan dari aturan resistor. Kapasitor ekuivalen (total atau pengganti dari sebuah rangkaian seri empat dapat dihitung sebagai berikut:



Gambar 3.25 Rangkaian Seri Kapasitor

Karena besarnya arus dalam sebuah rangkaian seri sama dalam setiap kapasitor sesuai dengan hukum Kirchoff, maka dengan demikian jumlah muatan yang mengalir pun sama sehingga muatan di C₁, C₂ dan seterusnya kita sebut saja dengan Q₁, Q₂, dst akan sama besar: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$.

Beda potensial total pada keempat kapasitor tersebut tidak lain adalah jumlah beda potensial dari masing-masing kapasitor yaitu: $U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$.

Karena hubungan: $U = Q/C$, sehingga tegangan total dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} + \frac{Q_4}{C_4}$$

Karena muatan pada tiap kapasitor sama, maka diperoleh besarnya kapasitor ekuivalen/total untuk rangkaian seri, yaitu:

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots$$

BAB III

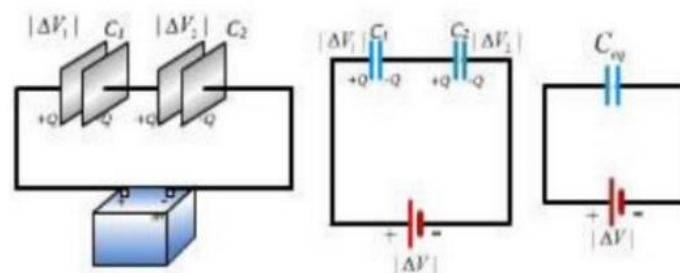
ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

$$C_4 = \frac{C_1 C_2 C_3 C_4}{C_2 C_3 C_4 + C_1 C_3 C_4 + C_1 C_2 C_4 + C_1 C_2 C_3}$$

3.6.5 RANGKAIAN SERI DUA KAPASITOR

Untuk memperjelas pembahasan di atas, berikut ini diulas lagi rangkaian seri dua kapasitor, dengan ilustrasi yang lebih rinci.



Gambar 3.26 Rangkaian Seri Kapasitor

Pada rangkaian seri kapasitor berlaku ketentuan sebagai berikut:

1. Muatan pada tiap-tiap kapasitor adalah sama, yaitu sama dengan muatan pada kapasitor pengganti $q_s = q_1 = q_2 = \dots$
2. Beda potensial pada ujung-ujung kapasitor pengganti adalah sama dengan jumlah beda potensial ujung-ujung tiap kapasitor

$$V_s = V_1 + V_2 + \dots$$

Besarnya kapasitas kapasitor pengganti rangkaian seri dari beberapa buah kapasitor dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_s = V_1 + V_2 + \dots$$

$$\frac{q_s}{C_s} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} + \dots$$

Karena $q_s = q_1 = q_2 = \dots$ maka:

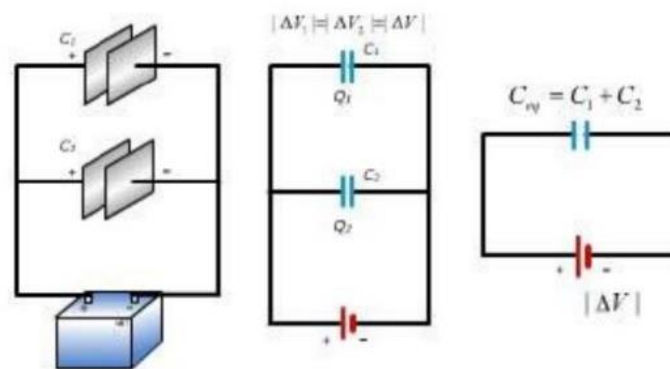
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

3.6.6 SUSUNAN PARALEL KAPASITOR



Gambar 3.27 Rangkaian Paralel Kapasitor

Pada rangkaian paralel kapasitor berlaku ketentuan sebagai berikut:

1. Beda potensial tiap-tiap kapasitor sama, yaitu sama dengan potensial sumber
 $V_p = V_1 = V_2$
2. Muatan kapasitor pengganti sama dengan jumlah muatan tiap-tiap kapasitor $q_p = q_1 + q_2$
3. Untuk menentukan besar kapasitas kapasitor pengganti susunan paralel CP dari beberapa buah kapasitor dapat dihitung $q_s = q_1 + q_2 + \dots$

$$V_p C_p = C_1 V_1 + C_2 V_2 + \dots$$

$$\text{Karena} \rightarrow V_p = V_1 = V_2 = \dots$$

$$\text{Maka} \rightarrow C_p = C_1 + C_2 + \dots$$

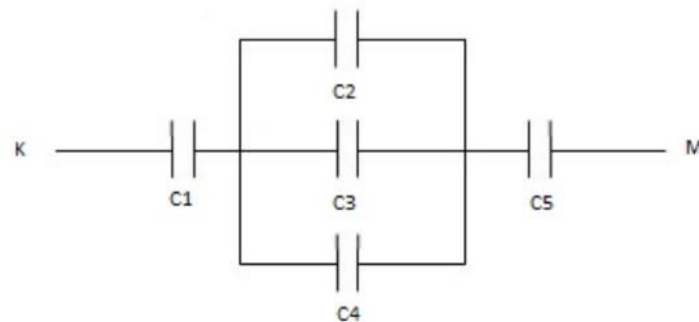
Contoh Soal

Dibawah ini tertera skema rangkaian 5 buah kapasitor yang sama besarnya. Tentukan kapasitas antara K dan M1!

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



Solusi:

Kapasitor ekivalen rangkaian paralel tiga kapasitor adalah:

$$C_p = 3C$$

Kapasitor ekivalen rangkaian seri dua kapasitor dan C_p adalah:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{3C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{7}{3C}$$

Jadi:

$$C_t = \frac{3}{7}C$$

3.7 RANGKAIAN RESISTOR DALAM SERI, PARALEL, DAN KOMBINASI

Untuk mempelajari materi ini, kalian harus melakukan pengamatan dan memeriksa parameter rangkaian arus searah yang terdiri dari beberapa resistor yang terhubung seri, paralel, dan kombinasi seri-paralel dalam sebuah eksperimen yang telah disiapkan oleh guru. Melalui eksperimen ini, kalian akan memeriksa parameter rangkaian arus searah meliputi arus, tegangan, dan resistansi dalam suatu rangkaian resistor yang terhubung seri, paralel, dan kombinasi seri-paralel. Untuk itu, kalian harus melakukan tugas ini secara berkelompok.

BAB III

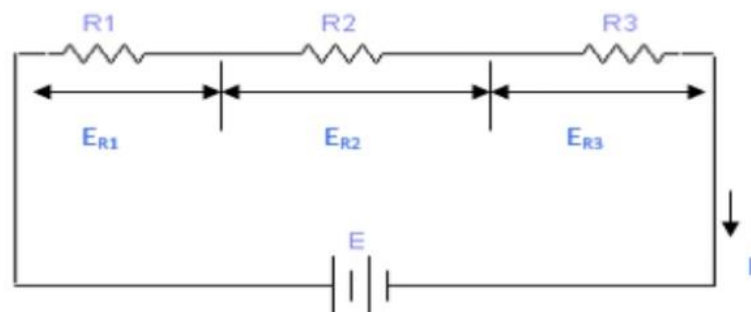
ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

1. RANGKAIAN SERI RESISTOR

Rangkaian seri adalah apabila beberapa resistor dihubungkan secara berturut-turut, yaitu ujung akhir dari resistor pertama disambung dengan ujung awal dari resistor kedua, dan seterusnya. Jika ujung awal dari resistor pertama dan ujung akhir resistor terakhir diberikan tegangan, maka arus akan mengalir berturut-turut melalui semua resistor yang besarnya sama. Jika tiga resistor dihubungkan seperti gambar di bawah ini maka disebut sebagai hubungan atau rangkaian seri resistor.

Gambar rangkaian:



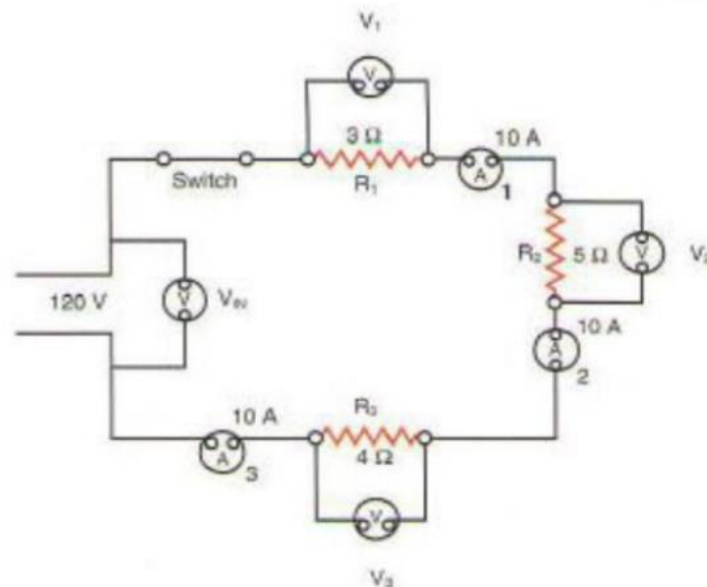
Gambar 3.28 Rangkaian Seri

Rangkaian listrik yang hanya memiliki jalur tunggal untuk aliran arus listrik disebut rangkaian seri. Dalam rangkaian seri resistor seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3.29, pada setiap resisten mengalir arus yang sama besarnya.

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



Gambar 3.29 Rangkaian Seri Tiga Resistor

Pada rangkaian seri, seluruh nilai resistansi saling ditambahkan untuk mendapatkan nilai resistansi total. Dalam hal ini, nilai tegangan total dari catu daya sama dengan jumlah tegangan yang ada pada setiap resistor.

1) Karakteristik Rangkaian Seri :

- Resistansi total R , dalam rangkaian seri merupakan penjumlahan seluruh resistansi yang ada di dalam rangkaian. Resistansi dalam rangkaian seri dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

- Arus yang mengalir dalam rangkaian seri selalu sama sepanjang lintasan arus yang ada dalam suatu rangkaian, sebab hanya ada satu lintasan arus dalam rangkaian seri. Arus di dalam rangkaian seri dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \dots = I_n$$

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

$$I = \frac{E}{R_T}$$

c) Besar tegangan listriknya:

1. Tegangan dalam rangkaian seri digunakan sepenuhnya oleh seluruh resistan yang ada di dalam rangkaian. Beban pada rangkaian seri harus berbagi tegangan yang disalurkan ke rangkaian. Jadi, tegangan yang disalurkan ke dalam rangkaian akan terbagi pada setiap beban listrik yang ada.
2. Tegangan yang diterima oleh setiap beban akan berubah tergantung nilai resistan beban.
3. Perubahan tegangan pada setiap beban disebut tegangan jatuh. Tegangan jatuh merupakan jumlah tegangan (tekanan listrik) yang digunakan atau hilang melalui pada setiap beban atau konduktor dalam proses pemindahan electron (arus listrik) melalui lintasan arus dalam rangkaian. Tegangan jatuh pada setiap beban proporsional dengan nilai resistannya.
4. Jumlah tegangan jatuh dalam suatu rangkaian seri sama dengan nilai tegangan yang dikenakan pada rangkaian tersebut. Hal ini dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$E_{R1} = I \times R_1$$

$$E_{R2} = I \times R_2$$

$$E_{R3} = I \times R_3$$

$$E_{Rn} = I \times R_n$$

$$E_T = E_{R1} + E_{R2} + E_{R3}$$

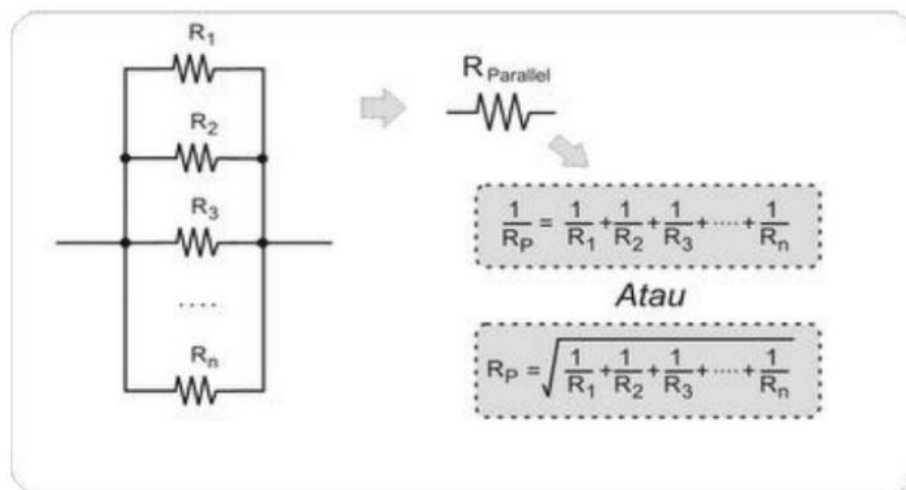
BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

2. RANGKAIAN PARALEL RESISTOR

Yang dimaksud rangkaian paralel jika beberapa resistor secara bersama dihubungkan antara dua titik yang dihubungkan antara tegangan yang sama. Dalam praktek rangkaian paralel, semua alat listrik yang ada di rumah dihubungkan secara paralel (lampu, setrika, pompa air, dll).



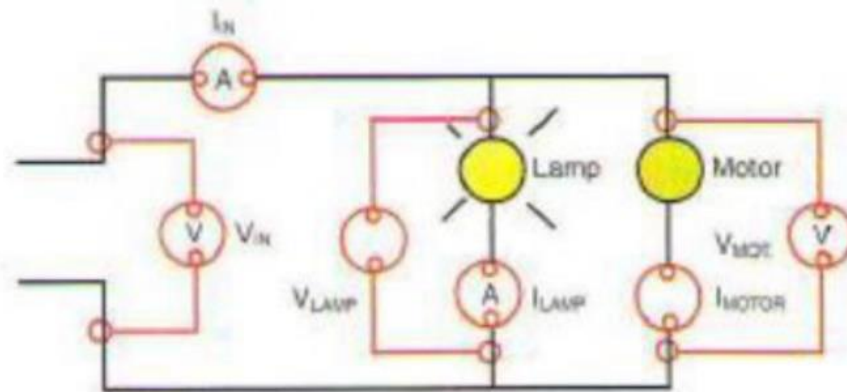
Gambar 3.30 Rangkaian Paralel

Suatu rangkaian listrik yang memungkinkan arus mengalir melalui satu atau lebih konduktor atau resistor atau rangkaian listrik ada waktu bersamaan disebut rangkaian paralel. Gambar 3.31 memperlihatkan contoh rangkaian listrik yang terdiri dari lampu dan motor yang tersusun secara paralel.

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



Gambar 3.31 Rangkaian Listrik Secara Paralel

Dalam rangkaian paralel, jumlah arus yang mengalir pada setiap cabang arus yakni arus yang mengalir melalui lampu dan melalui motor sama dengan arus input total yang dikeluarkan oleh catu daya. Arus yang mengalir pada setiap cabang arus tergantung pada nilai resistan yang ada pada rangkaian yang bersangkutan. Jika lampu memiliki resistan yang besarnya seperempat bagian dari nilai resistan yang dimiliki motor, maka $4/5$ bagian arus akan mengalir melalui lampu dan $1/5$ bagian arus akan mengalir melalui motor. Tegangan pada setiap cabang paralel sama.

1. Sifat-Sifat Rangkaian Paralel Resistor :

- 1) Beda potensial pada semua resistor adalah sama sebesar (U).
- 2) Sedang besar arus yang mengalir pada masing-masing resistor tergantung pada nilai resistansinya.
- 3) Jumlah aljabar arus cabang (I_1 , I_2 dan I_3) sama dengan besar arus total (I_T).
- 4) Nilai resistansi total atau resistansi ekuivalen (R_T) dari rangkaian paralel tiga resistor adalah akan lebih kecil nilainya dari nilai terkecil ketiga resistor tersebut. Secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut:

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

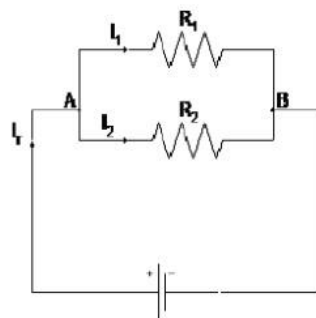
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$I = \frac{U}{R_T}$$

2. Pembagian Arus Dalam Sirkuit Paralel



Gambar 3.32 Pembagian Arus Dalam Sirkuit Paralel

Pembagian arus dalam sirkuit paralel dua resistor dalam ditentukan sebagai berikut:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \text{ dan } I_2 = \frac{U}{R_2}$$

Padahal: $I_2 = I_T \times I_1$, jadi

$$\frac{I_1}{I_T - I_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{Sehingga: } I_1 \times R_1 = (I_T - I_1)R_2$$

Arus setiap cabang: Dari persamaan terakhir di atas dapat digunakan untuk menentukan besar arus cabang I_1 dan I_2 , yaitu:

$$I_1 = I_T \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

$$I_2 = I_T \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Contoh:

Bila $R_1 = 5 \text{ ohm}$, dan $R_2 = 20 \text{ ohm}$ Tegangan batere = 12 volt
Tentukan I_1 dan I_2

Solusi:

$$R_T = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2)$$

$$R_T = (5 \times 20) / (5 + 20) = 4 \text{ ohm}$$

$$I_T = U / R_T = 12 / 4 = 3 \text{ A}$$

$$I_1 = 3 \times (20 / 25) = 12/5 = 2,4 \text{ A}$$

$$I_2 = 3 \times (5 / 25) = 3/5 = 0,6 \text{ A}$$

3. Karakteristik Rangkaian Paralel:

- a) Tegangan pada setiap cabang parallel selalu sama, tegangan di dalam rangkaian parallel dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$U_T = U_1 = U_2 = U_3 = \dots U_n$$

- b) Nilai resistan total atau resistan ekivalen (R_T) dari rangkaian parallel akan lebih kecil nilai resistan terkecil yang ada dalam rangkaian parallel. Secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \frac{1}{R_n}$$

- c) Karena tegangan jatuh pada setiap beban yang ada dalam cabang parallel sama, maka arus yang diterima oleh setiap beban yang ada dalam setiap cabang parallel akan berubah tergantung nilai resistan beban. Arus pada setiap cabang berbanding terbalik dengan nilai resistannya. Secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

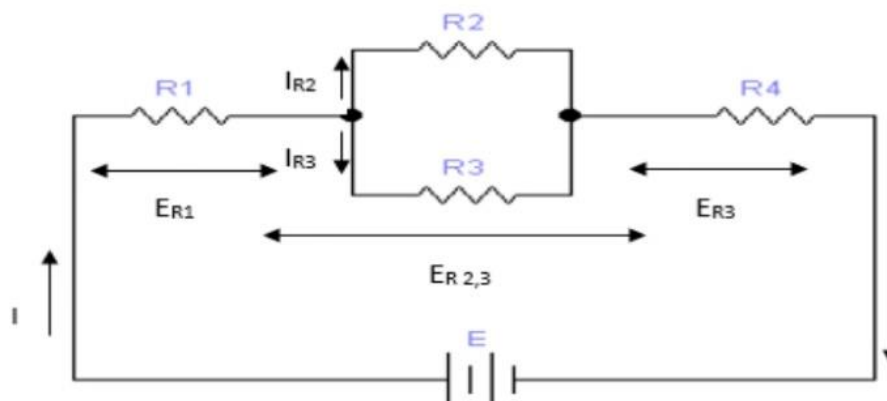
Jumlah arus dalam suatu rangkaian paralel sama dengan nilai arus pada setiap cabang paralel. Hal ini dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \dots = I_n$$

3. RANGKAIAN KOMBINASI SERI-PARALEL

Pada rangkaian kombinasi seri-paralel resistor, memiliki sifat dari rangkaian seri dan rangkaian paralel resistor. Dalam rangkaian kombinasi seri-paralel, maka arus yang mengalir pada setiap elemen pasif tidak semuanya sama, kecuali elemen pasif yang terhubung seri. Jumlah arus jalur lampu dan arus pada jalur motor sama dengan arus yang dikeluarkan oleh sumber.

Gambar rangkaian:



Gambar 3.33 Rangkaian Campuran

a) Besar tahanan totalnya adalah:

1. Pertama-tama kita cari dahulu tahanan paralel R2 dan R3

$$R_{2,3} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

2. Setelah kita hitung tahanan seri R 2,3, gambar rangkaian diatas menjadi seperti dibawah ini.

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



3. Maka tahanan totalnya adalah $R_T = R_1 + R_{2,3} + R_4$

b) Besar arus listriknya adalah:

$$I_T = \frac{E}{R_T}$$

Untuk arus pada cabang R2 dan R3 adalah

$$I_{R2} = \frac{E}{R_2} \quad I_{R3} = \frac{E}{R_3}$$

c) Besar tegangan listriknya adalah

$$E_{R1} = I \times R_1$$

$$E_{R2} = E_{R3} = I \times R_{\text{paralel } 2,3}$$

$$E_4 = I \times R_4$$

Dimana besar tegangan total adalah jumlah tegangan tiap-tiap tahanan.

$$E = E_{R1} + E_{R2,3} + E_{R4}$$

3.8 MENGANALISIS HUBUNGAN TEGANGAN DAN ARUS

Perbandingan selisih potensial atau tegangan (U) antara dua titik sembarang pada suatu konduktor yang dialiri arus listrik sebesar (I) adalah konstan jika temperatur konduktor tidak berubah. Secara matematika fenomena tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{U}{I} = \text{konstan}$$

BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

Selanjutnya konstanta tersebut dikenal sebagai nilai resistansi atau tahanan (R) dari konduktor antara dua yang disebutkan di atas. Sehingga formula matematikanya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{U}{I} = R$$

3.9 MEMERIKSA RANGKAIAN PERALIHAN RESISTOR-KAPASITOR (RC)

Marilah kita ungkapkan kembali pemahaman kita tentang kapasitor. Kapasitor adalah elemen pasif rangkaian yang dapat menyimpan energi. Kapasitor terbuat dari dua plat penghantar paralel yang mempunyai luas A (m^2) dan berjarak satu sama lain sebesar d (m). Dengan hubungan seperti itu maka bila kapasitor ini mendapat arus listrik maka akan membangkitkan tegangan pada kapasitronya, di mana besar nilai tegangan kapasitor adalah:

$$V = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$
$$i = C \times \frac{dv}{dt}$$

Di mana C adalah konstanta yang nilainya tergantung pada luas plat dan jarak pelat serta bahan isolasi yang terdapat diantara kedua plat tersebut. Secara matematik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C = \frac{\epsilon \times A}{d}$$

Dimana:

C disebut Kapasitansi yang diukur dalam satuan Farad

ϵ adalah permitivitas bahan dielektrikum.

Untuk udara nilai permitivitasnya adalah

$\epsilon = \epsilon_0 = 8.854 \text{ pF/m}$.

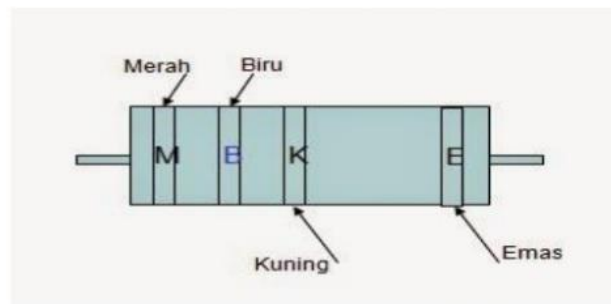
BAB III

ELEMEN PASIF

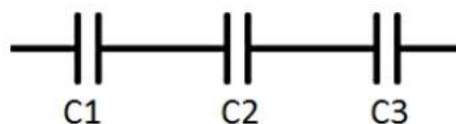
RANGKAIAN LISTRIK

3.10 LATIHAN SOAL

1. Sebuah kawat logam dengan panjang 1 cm dan diameter 5 mm serta resistivitasnya $1,76 \times 10^{-8}$ Ohm. Berapakah resistansi dari kawat tersebut?
2. Berapa nilai dari resistor apabila sebuah resistor menunjukkan warna-warna sebagai berikut:



3. Terdapat sebuah Kapasitor dengan mempunyai besaran kapasitas sebesar $0.8 \mu\text{F}$ yang dimuati oleh sebuah Baterai berkapasitas 20 Volt. Maka berapakah Muatan yg tersimpan didalam Kapasitor tersebut?
4. Terdapat sebuah Kapasitor Keping Sejajar dengan mempunyai Luas tiap kepingnya sebesar 2000 cm^2 dan terpisah sejauh 2 centimeter antara satu dengan lain. Berapakah nilai dari Kapasitas Kapasitor tersebut?
5. 2 buah kapasitor dirangkai seri dengan nilai $C_1 = 10 \mu\text{F}$, dan $C_2 = 15 \mu\text{F}$. berapa kah nilai kapasitas penggantinya?

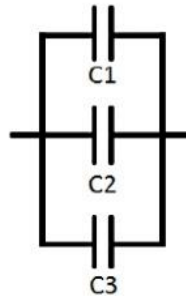


6. 3 buah kapasitor dirangkai paralel dengan nilai C_1 dan $C_2 = 1000 \mu\text{F}$, dan $C_3 = 150 \mu\text{F}$. hitunglah kapasitas penggantinya?

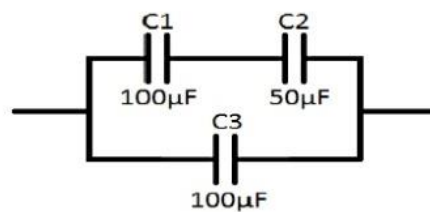
BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK



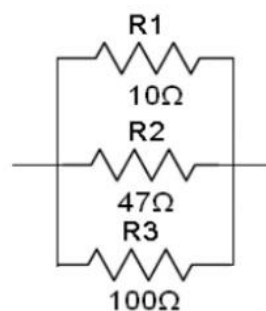
7. Berapa farad nilai kapasitas pengganti dari rangkaian berikut?



8. Tiga buah resistor akan dirangkai secara seri, masing-masing nilai resistor tersebut adalah $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 47\Omega$, $R_3 = 100\Omega$. berapakah nilai dari hambatan pengganti rangkaian tersebut?



9. Tiga buah resistor akan dirangkai secara paralel, nilai masing-masing resistor tersebut adalah $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 47\Omega$, $R_3 = 100\Omega$, berapakah nilai hambatan pengganti pada rangkaian paralel tersebut?

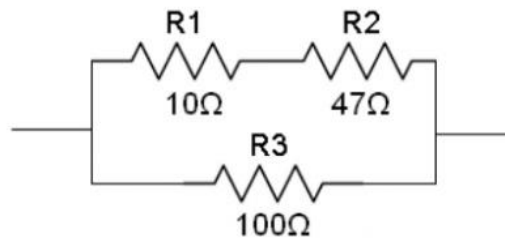


BAB III

ELEMEN PASIF

RANGKAIAN LISTRIK

10. Berapakah nilai hambatan pengganti pada rangkaian dibawah ini?





BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 4, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menganalisis rangkaian listrik arus sederhana menggunakan hukum Ohm dan hukum Kirchoff;
2. Mampu menjelaskan reduksi rangkaian resistif;
3. Mampu menganalisis rangkaian menggunakan teori superposisi, teori Thevenin dan teori Norton;
4. Mampu memahami transfer daya maksimum dan teori Maxwell ;
5. Mampu menjelaskan transformasi Star-Delta dan rangkaian jembatan.

b. Uraian Materi

4.1 REDUKSI RANGKAIAN RESISTIF

Metoda arus mata jala (mesh) dan tegangan simpul yang dikemukakan oleh Kirchoff merupakan cara yang paling utama dari analisis rangkaian arus searah dengan elemen pasif resistor (rangkaiannya resistif). Tetapi, dengan menghitung resistansi ekuivalen dari cabang-cabang seri dan parallel yang digabungkan dengan aturan-aturan pembagi tegangan pada rangkaian seri dan pembagian arus pada rangkaian parallel dapat memberikan cara lain guna menganalisis suatu rangkaian.

Namun cara ini tentu saja akan sangat membosankan karena biasanya memerlukan penggambaran melalui beberapa rangkaian tambahan. Apalagi lagi bila rangkaianannya mempunyai banyak cabang elemen. Meskipun demikian, proses reduksi rangkaian ini akan memberikan suatu gambaran yang jelas dari fungsi keseluruhan rangkaian mengenai tegangan, arus dan daya yang didisipasikan pada setiap elemen rangkaian.

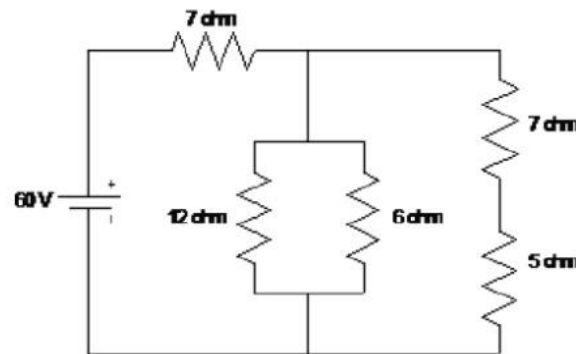
BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Contoh:

Hitung resisten ekivalen dari rangkaian resistif berikut ini dan daya total yang disalurkan oleh sumber 60 V dan daya yang diserap oleh masing-masing resistor yang ada di dalam jaringan.



Gambar 4.1 Sirkuit Kombinasi

Penyelesaian:

Tahanan total pada sisi a-b adalah seri antara tahanan 7 dan 5.

Didapat $R_{ab} = 12 \text{ ohm}$

Tahanan total pada sisi c-d adalah parallel antara tahanan 12, 6 dan 12

Didapat $R_{cd} = 12 // 6 // 12 = 3 \text{ ohm}$

Tahanan ekivalen rangkaian di atas adalah seri antara tahanan 7 dan 3.

Didapat $R_{ek} = 7 + 3 = 10 \text{ ohm}$.

Sehingga daya total yang diserap atau daya total yang disalurkan adalah:

$$P_t = \frac{U^2}{R_{ek}} = \frac{60^2}{10} = 360 \text{ watt}$$

Daya yang diserap pada tahanan total $R_{cd} = 3 \text{ ohm}$ adalah:

$$P_{Rek} = \frac{3}{10} \times 360 \text{ watt} = 108 \text{ watt}$$

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Daya yang diserap pada tahanan dalam = 7 ohm adalah:

$$P_{Rek} = \frac{7}{10} \times 360 \text{ watt} = 252 \text{ watt}$$

4.2 PENERAPAN HUKUM OHM DAN KIRCHOFF

Untuk menghitung besar arus atau tegangan pada suatu rangkaian sederhana dapat menggunakan hukum ohm dan hukum Kirchoff secara bersama-sama.

4.2.1 HUKUM OHM

Suatu fenomena menarik dalam rangkaian resistif adalah hubungan antara tegangan dan arus pada suatu resistor. Perbandingan selisih potensial atau tegangan (U) antara dua titik sembarang pada suatu resistor yang dialiri arus listrik sebesar (I) adalah konstan jika suhu resistor tidak berubah.

Satuan praktis resistor adalah Ω (ohm). Di mana bila akibat tegangan sebesar satu volt mengakibatkan mengalir arus listrik sebesar satu amper pada suatu bahan resistor maka nilai resistansi bahan tersebut adalah satu ohm. Pernyataan ini sering disebut sebagai Hukum Ohm, yaitu:

$$R = \frac{U}{I}$$

Dimana:

R: Nilai resistansi dari bahan resistor dalam satuan ohm

U: Tegangan dalam satuan volt, ada pula yang menggunakan simbol E untuk tegangan

I: Arus listrik dalam satuan amper

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Berikut ini diberikan beberapa contoh hubungan antara tegangan, resistansi, dan arus dalam suatu rangkaian listrik.

Contoh 1:

Tentukan nilai arus dalam rangkaian listrik yang terdiri dari sebuah resistor 10 ohm, dan mendapat tegangan sebesar 220 volt?

Solusi:

$$I = U/R$$

$$I = 220/10 = 22 \text{ A}$$

Contoh 2:

Tentukan nilai potensial (E) dalam rangkaian listrik yang terdiri dari sebuah resistor 48 ohm, dan dialiri arus sebesar 5 amper!

Solusi:

$$E = R \times I$$

$$E = 48 \times 5 = 240 \text{ Volt}$$

Contoh 3:

Tentukan nilai resistansi lampu pijar 100 watt, bila tegangannya 220 volt.

Solusi:

$$R = P / U$$

$$R = 100 / 220 = 0,45 \text{ ohm}$$

4.2.2 HUKUM KIRCHOFF

Hukum Kirchoff menyangkut sifat arus dalam suatu titik sambungan dan sifat tegangan dalam suatu loop atau rangkaian listrik. Sesuai dengan obyek yang diamati maka ada dua Hukum yang diperkenalkan oleh Kirchoff, yaitu:

BAB IV

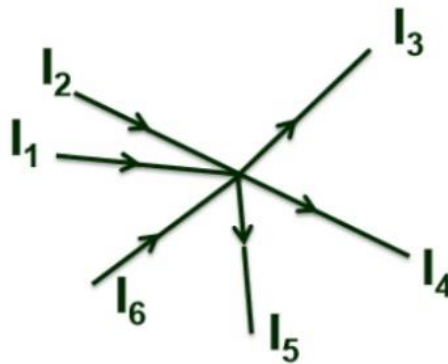
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

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

1. HUKUM DOT ATAU KCL (HUKUM KIRCHOFF I)

Hukum Kirchoff tentang arus lazim disebut juga dengan istilah Hukum Dot atau Hukum Kirchoff I. Hukum Kirchoff I yaitu jumlah kuat arus listrik yang memasuki suatu titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang keluar dari titik percabangan.



Gambar 4.2 Contoh Rangkaian Hukum Kirchoff I

$$\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar}$$

$$I_1 + I_2 + I_6 = I_3 + I_4 + I_5$$

Dengan:

I = arus listrik (A)

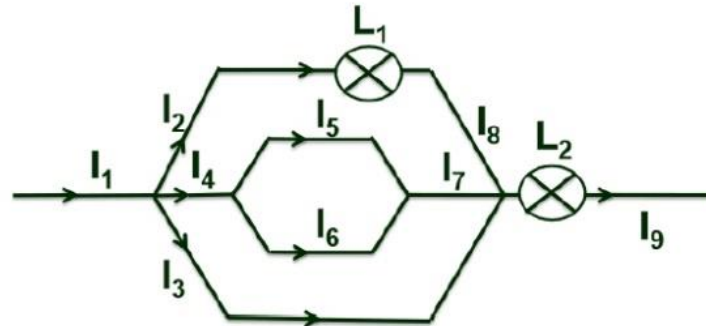
Jadi jumlah arus yang masuk ke titik sambungan = jumlah arus keluar dari titik tersebut

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Contoh perhitungan hukum Kirchoff I:



$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 + I_3 + I_4 & I_5 + I_6 &= I_7 \\ I_4 &= I_5 + I_6 & I_2 &= I_8 \\ I_1 &= I_9 & I_3 + I_7 + I_8 &= I_9 \end{aligned}$$

2. KVL (HUKUM KIRCHOFF II)

Hukum Kirchoff II yaitu jumlah gaya gerak listrik (ϵ) dengan penurunan tegangan (IR) dalam rangkaian tertutup sama dengan nol. Berdasarkan rangkaian pada gambar 4.3 persamaan hukum Kirchoff II dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sum \epsilon + \sum IR + \sum Ir = 0$$

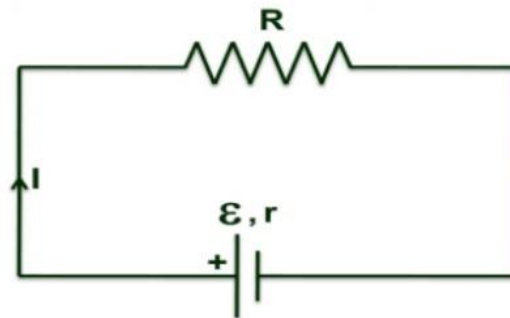
Atau

$$\sum V + \sum IR = 0$$

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

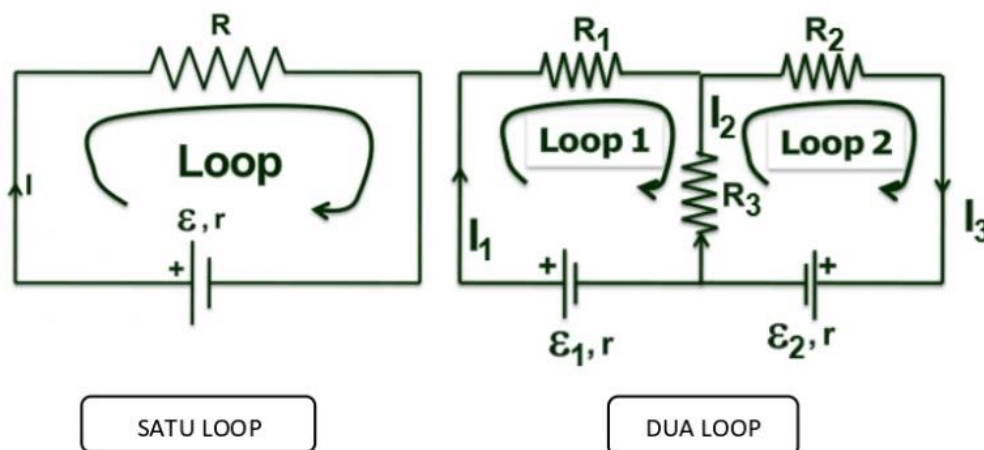


Gambar 4.3 Contoh Rangkaian Hukum Kirchoff II

Dalam menggunakan persamaan tersebut, kita harus memperhatikan hal-hal berikut:

- 1) Pilih semua loop untuk masing-masing rangkaian tertutup dalam arah tertentu (arah loop bebas).
- 2) Jika arah arus listrik sama dengan arah loop maka penurunan tegangan (IR atau Ir) adalah positif dan sebaliknya.
- 3) Jika arah lintasan loop bertemu kutub positif (potensial lebih tinggi) sumber tegangan, maka ggl ($\mathcal{E}$) atau tegangan (V) adalah positif dan sebaliknya.

4.2.3 CONTOH PERHITUNGAN HUKUM KIRCHOFF I DAN II



BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Langkah-langkah penyelesaian:

1. Tentukan pemisah arah arus listrik
2. Tentukan arah loop
3. Gunakan persamaan Hukum Kirchoff I dan II
 - a. Persamaan Hukum Kirchoff I

$$I_3 = I_1 + I_2$$

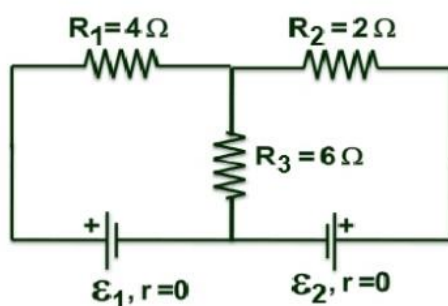
- b. Persamaan Hukum Kirchoff II di loop 1

$$-\varepsilon_1 + I_1 R_1 - I_2 R_3 + I_1 r = 0$$

- c. Persamaan Hukum Kirchoff II di loop 2

$$\varepsilon_2 + I_2 R_3 - I_3 R_2 + I_3 r = 0$$

Contoh:

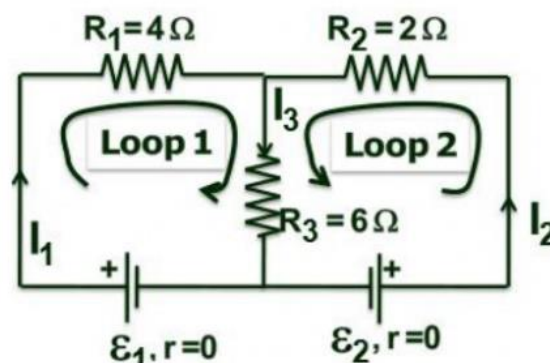


Perhatikan gambar berikut!

$$\varepsilon_1 = 8 \text{ volt}$$

$$\varepsilon_2 = 18 \text{ volt}$$

Tentukan arus listrik pada masing-masing cabang!



BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

$$\sum \varepsilon + \sum IR + \sum Ir = 0$$

Loop 1:

$$-\varepsilon_1 + I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_1 r = 0$$

$$-8 + I_1 4 + I_3 6 + I_1 0 = 0$$

$$-8 + 4I_1 + 6I_3 = 0$$

$$8 = 4I_1 + 6I_3$$

Loop 2:

$$-\varepsilon_2 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_1 r = 0$$

$$-18 + I_2 2 + I_3 6 + I_1 0 = 0$$

$$-18 + 2I_2 + 6I_3 = 0$$

$$18 = 2I_2 + 6I_3 \dots\dots\dots(2)$$

karena

$$I_3 = I_1 + I_2 \leftrightarrow I_1 = I_3 - I_2$$

maka

$$8 = 4(I_3 - I_2) + 6I_3$$

$$8 = 4I_3 - 4I_2 + 6I_3$$

$$8 = -4I_2 + 10I_3 \dots\dots\dots(4)$$

Selesaikan persamaan (2) dan (4)

$$18 = 2I_2 + 6I_3 \quad \left| \begin{array}{l} \times 2 \\ \times 1 \end{array} \right.$$

$$8 = -4I_2 + 10I_3 \quad \left| \begin{array}{l} \times 2 \\ \times 1 \end{array} \right.$$

$$36 = 4I_2 + 12I_3$$

$$8 = -4I_2 + 10I_3 \quad +$$

$$44 = 22I_3 \leftrightarrow I_3 = 44/22 = 2 \text{ A}$$

Sehingga

$$8 = -4I_2 + 10I_3$$

$$8 = -4I_2 + 10 \cdot 2$$

$$4I_2 = -8 + 10 \cdot 2$$

$$4I_2 = 12$$

$$I_2 = 12/4 = 3 \text{ A}$$

$$I_1 = I_3 - I_2$$

$$I_1 = 2 \text{ A} - 3 \text{ A} = -1 \text{ A}$$

Jadi

$$I_1 = -1 \text{ A},$$

$$I_2 = 3 \text{ A dan}$$

$$I_3 = 2 \text{ A}$$

BAB IV

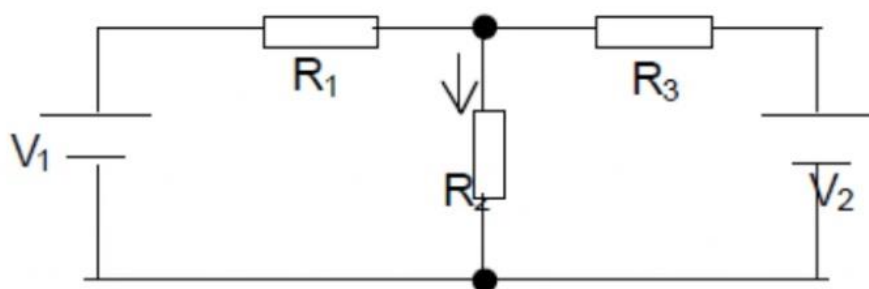
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

4.3 TEORI SUPERPOSISI

Teori superposisi digunakan untuk menganalisa rangkaian yang terdiri dari beberapa sumber dan tahanan. Sumber dapat berupa tegangan atau sumber arus. Teori superposisi memudahkan menentukan arus pada suatu cabang dengan menganggap sumber bekerja satu per satu. Arus total pada cabang tersebut merupakan jumlah aljabar dari arus tiap-tiap sumber dengan memperhatikan arah arus. Apabila mengerjakan satu sumber, maka sumber yang lain dihubung singkat (untuk sumber tegangan) dan dihubung terbuka untuk sumber arus.

Definisi: Arus yang mengalir dalam setiap cabang rangkaian yang ditimbulkan oleh beberapa buah sumber tegangan yang terdapat di dalam rangkaian tersebut, adalah jumlah aljabar dari arus-arus dalam cabang tersebut, jika sumber tegangannya bekerja sendiri-sendiri. Setiap sumber tegangan pada rangkaian dianggap bekerja sendirisendiri, sedang sumber tegangan yang lain sementara dapat dihubung singkat, lalu dihitung arus yang mengalir. Arus total yang mengalir dalam cabang adalah jumlah aljabar semua komponen arus tersebut. Untuk lebih jelasnya perhatikan rangkaian pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Rangkaian dengan Dua Sumber

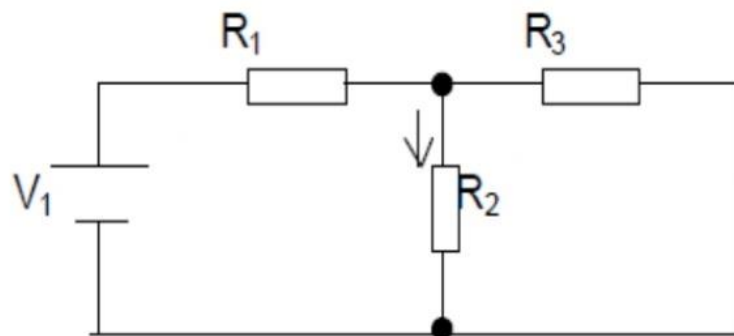
BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Untuk menghitung arus pada R2 dapat dilakukan dengan menghitung arus yang disebabkan V1 dan V2 secara bergantian kemudian dijumlahkan. Langkah – langkah menghitung arus pada R2 adalah sebagai berikut:

1. Arus oleh sumber tegangan V1 adalah I1, rangkaian ekivalen seperti gambar 4.5.

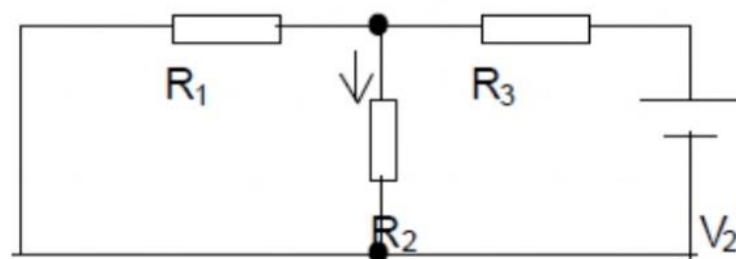


Gambar 4.5 Rangkaian Ekivalen

Dalam hal ini V2 dihubung singkat.

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1 + R_2 // R_3} \times \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

2. Menghitung arus oleh sumber tegangan V2 , V1 dihubung singkat maka rangkaian ekivalen sebagai berikut (seperti gambar 4.6) :



Gambar 4.6 Sumber Tegangan V1 Dihubung Singkat

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

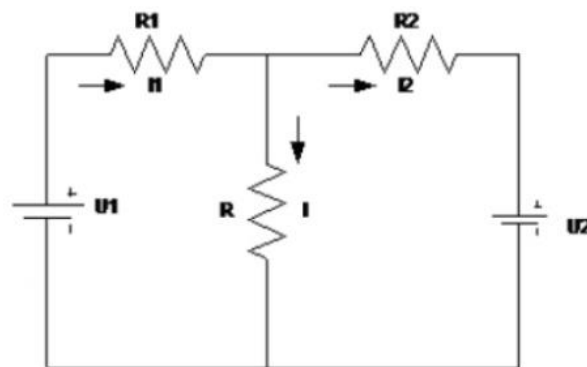
$$I_2 = \frac{V_2}{R_3 + R_2 // R_1} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

3. Arus yang mengalir pada R_2 yaitu I merupakan jumlah dari I_1 dan I_2 karena arahnya sama.

$$I = I_1 + I_2$$

Contoh:

1. Diberikan sebuah rangkaian kombinasi seperti gambar berikut. Rangkaian terdiri dari tiga resistor, dan dua buah sumber tegangan. Tentukan arus (I) yang mengalir pada resistor R .



(a)

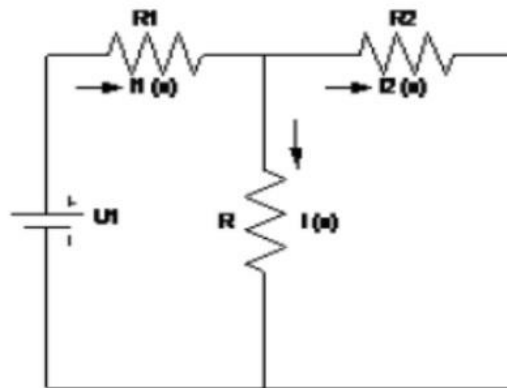
Solusi :

Langkah 1: Sumber tegangan U_2 dihubung singkat, sebagai berikut:

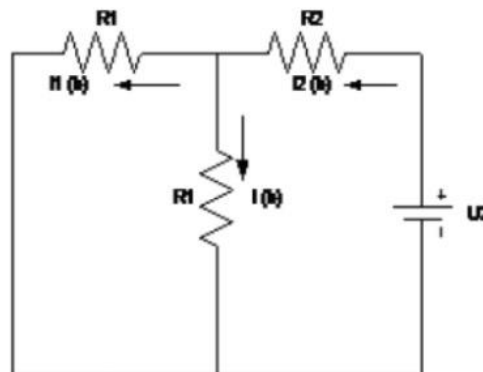
BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH



Langkah 2: Sumber tegangan U_1 dihubung singkat sebagai berikut:



Pada langkah satu tegangan U_2 dihubung singkat, kemudian arus pada setiap cabang rangkaian dihitung.

Pada langkah satu tegangan U_1 dihubung singkat, kemudian arus pada setiap cabang rangkaian dihitung. Maka didapat:

$$I_1 = I_1(a) - I_1(b)$$

$$I_2 = I_2(a) - I_2(b)$$

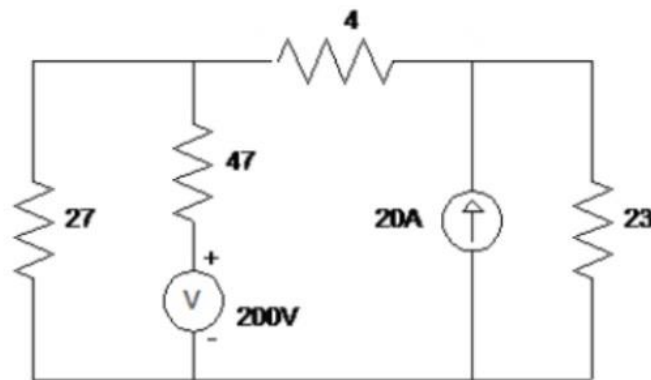
$$I = I(a) - I(b)$$

2. Hitung arus yang melewati tahanan 23Ω dalam rangkaian berikut ini dengan menerapkan prinsip superposisi:

BAB IV

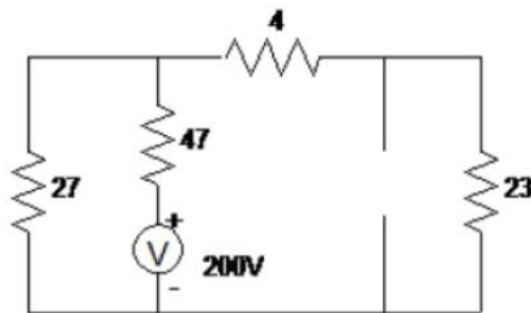
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH



Penyelesaian:

Dengan asumsi sumber tegangan 200 V bekerja sendiri, maka sumber arus 20 A diganti dengan sebuah rangkaian terbuka. Sehingga rangkaiannya menjadi sebagai berikut:



$$R_{ek} = 47 + \frac{(20)(4 + 23)}{54} = 60,5\Omega$$

$$I_T = \frac{200}{60,5} = 3,31A$$

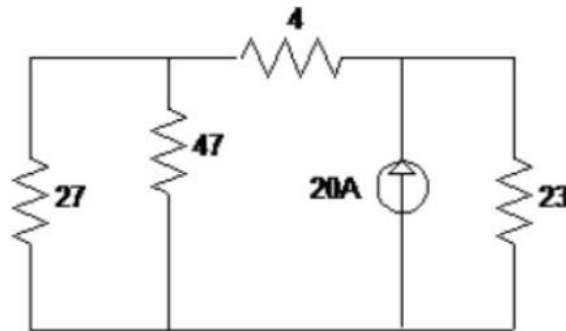
$$I_{23} = \frac{27}{54} \times 3,31 = 1,65A$$

Bila sumber arus 20 A bekerja sendiri, maka sumber 200V diganti dengan sebuah hubung singkat:

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH



$$R_{ek} = 4 + \frac{(27)(47)}{74} = 21,15\Omega$$

$$I_{23} = \frac{21,15}{21,15 + 23} \times 20 = 9,58A$$

Jadi arus total dalam tahanan 23Ω adalah :

$$I_{23} = 1,65 + 9,58 = 11,23A$$

4.4 TEORI THEVENIN DAN NORTON

Sebuah rangkaian atau jaringan linear, aktif dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan satu sumber tegangan dan satu resistan seri (Theorema Thevenin) atau satu sumber arus dan satu resistan parallel (Theorema Norton). Tegangannya disebut sebagai tegangan pengganti UT dan sumber arusnya disebut sumber arus pengganti IT sedang kedua resistannya sama.

Teori Thevenin dan Norton hanya diterapkan untuk rangkaian dua terminal, yang terdiri dari elemen resistan dan sumber tegangan konstan.

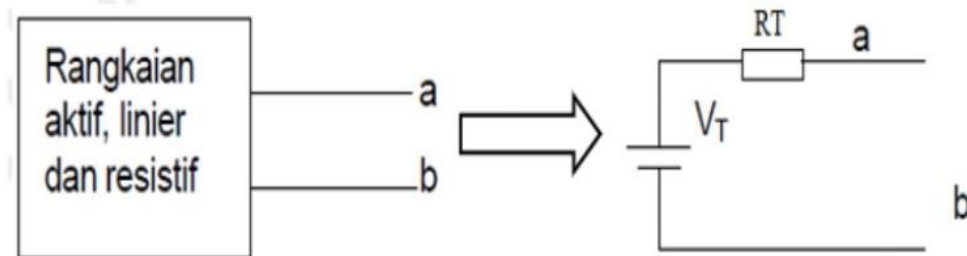
4.4.1 TEORI THEVENIN

Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan dan sebuah tahanan yang diseri, perhatikan gambar 4.7.

BAB IV

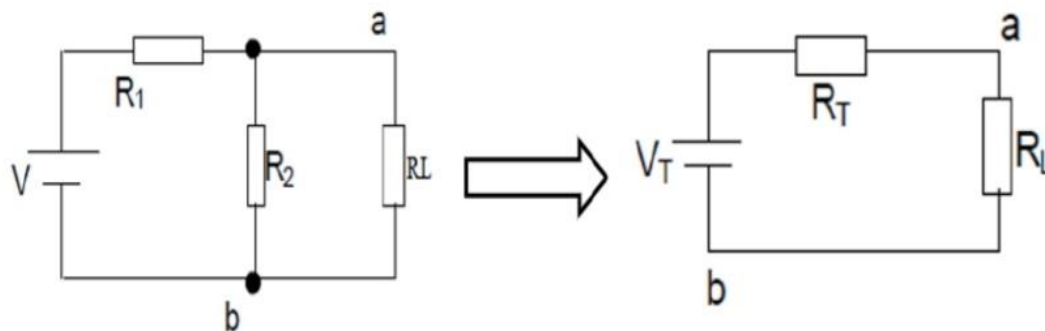
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH



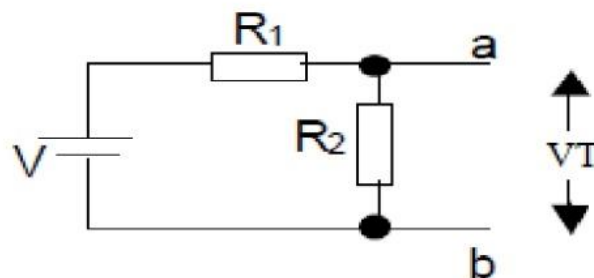
Gambar 4.7 Rangkaian dengan Sumber Tegangan Pengganti

V_T disebut tegangan pengganti Thevenin, R_T disebut tahanan pengganti Thevenin. Sebagai contoh perhatikan rangkaian pada gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Rangkaian dengan R Pengganti

Untuk menghitung V_T beban R_L dilepas, tegangan antara a dan b tanpa R_L merupakan tegangan V_T . (perhatikan gambar 4.9)



Gambar 4.9 Rangkaian untuk Menghitung V_T

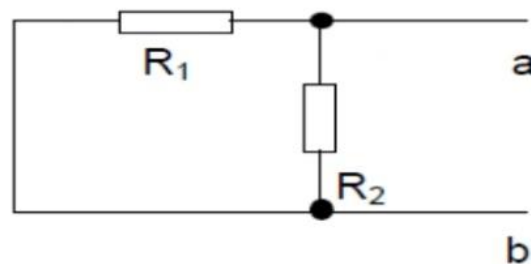
$$V_T = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V$$

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Untuk menghitung R_T dengan mencari tahanan antara a dan b (dengan sumber tegangan dihubungkan singkat). Hal ini dapat diperjelas dengan melihat gambar 4.10 di bawah ini.

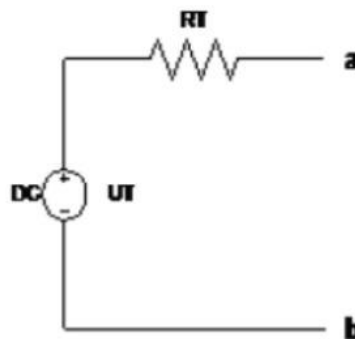


Gambar 4.10 Menghitung R_T dengan Sumber Tegangan Dihubung Singkat

$$R_T = R_1 // R_2$$

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Menurut Thevenin, sebuah rangkaian aktif dua terminal dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan UT dan Resistan R_T yang terhubung seri (gambar 4.11).



Gambar 4.11 Sirkuit Ekuivalen Thevenin

Mana U_T merupakan tegangan sirkuit terbuka dari rangkaian dua terminal (U_{ab}) dan R_T merupakan resistansi total dilihat dari terminal

BAB IV

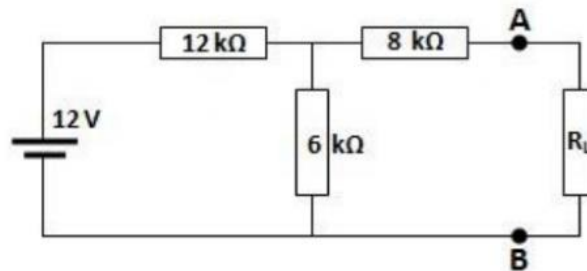
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

a-b ketika sumber tegangan dari rangkaian dua terminal tersebut dihubungkan singkat.

Contoh 1:

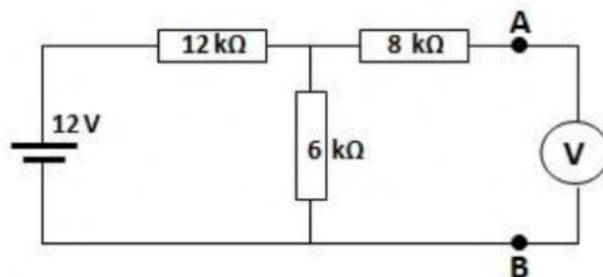
Hitung arus beban untuk besar hambatan beban $R_L = 12\text{ k}\Omega$, $6\text{ k}\Omega$ dan $8\text{ k}\Omega$ pada rangkaian berikut ini. Gunakan Teorema Thevenin!



Jawab:

Langkah pertama, hitung besar tegangan Thevenin dengan cara melepas sumber tegangan dan menggantikannya dengan sebuah penghantar.

Tegangan diukur atau dihitung pada terminal beban A-B seperti pada gambar berikut ini.



Besar tegangan Thevenin dapat dihitung:

$$V_T = \frac{6\text{ k}\Omega}{12\text{ k}\Omega + 6\text{ k}\Omega} \times 12\text{ V} = 4\text{ V}$$

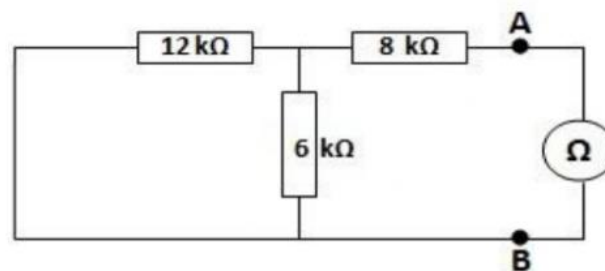
BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Bila hambatan beban dilepas, maka tampak rangkaian menjadi rangkaian pembagi tegangan antara resistor $12\text{ k}\Omega$ dengan resistor $6\text{ k}\Omega$ sedangkan hambatan $8\text{ k}\Omega$ tidak berpengaruh ke tegangan, hanya sebatas sebagai pembatas arus.

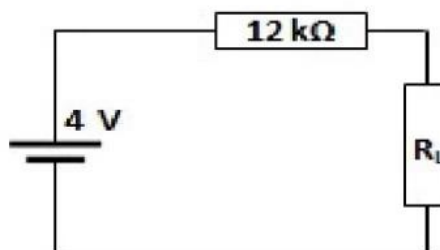
Langkah kedua adalah mengukur atau menghitung hambatan Thevenin dengan cara mengganti sumber arus dengan sebuah penghantar seperti pada gambar berikut ini.



Besar hambatan Thevenin dapat dihitung:

$$R_T = \frac{6 \times 12}{6 + 12} + 8 = 12\text{ k}\Omega$$

Langkah ketiga sederhanakan menjadi rangkaian Thevenin



Dengan R_L bervariasi yaitu : $12\text{ k}\Omega$, $6\text{ k}\Omega$ dan $8\text{ k}\Omega$. Maka besar arus yang melewati beban dapat dihitung:

BAB IV

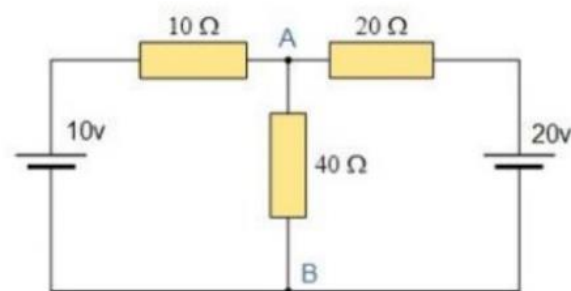
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Hambatan beban (R_L)	Arus listrik (mA)
12k Ω	$\frac{4}{12 + 12} = 0,166$
6k Ω	$\frac{4}{12 + 6} = 0,222$
8k Ω	$\frac{4}{12 + 8} = 0,2$

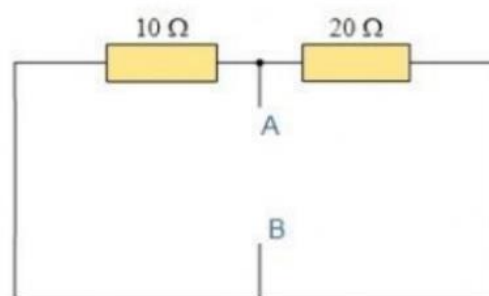
Contoh 2:

Hitung arus yang mengalir melalui titik A-B (resistor 40 Ohm), gunakan teori Thevenin!



Jawab:

Pertama-tama hitung hambatan Thevenin pada titik AB seperti pada gambar berikut ini.



BAB IV

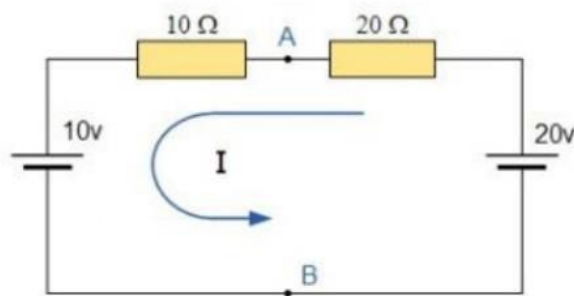
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Besar hambatan A-B adalah:

$$R_T = \frac{10 \times 12}{10 + 12} = 6,67\Omega$$

Langkah kedua, hitung tegangan Thevenin seperti pada gambar berikut ini.



Gunakan hukum Kirchoff untuk menghitung tegangan pada titik AB.

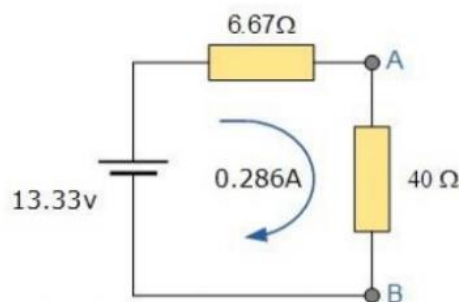
$$I \times 10 + I \times 20 + 10 - 20 = 0$$

$$I = \frac{20 - 10}{10 + 20} = \frac{10}{30} = 0,33A$$

Maka tegangan pada titik AB:

$$V_T = V_{AB} = 20V - (0,33A \times 20\Omega) = 13,33V$$

Langkah ketiga sederhanakan menjadi rangkaian Thevenin seperti pada gambar berikut ini.



Maka arus yang mengalir melalui titik AB adalah:

BAB IV

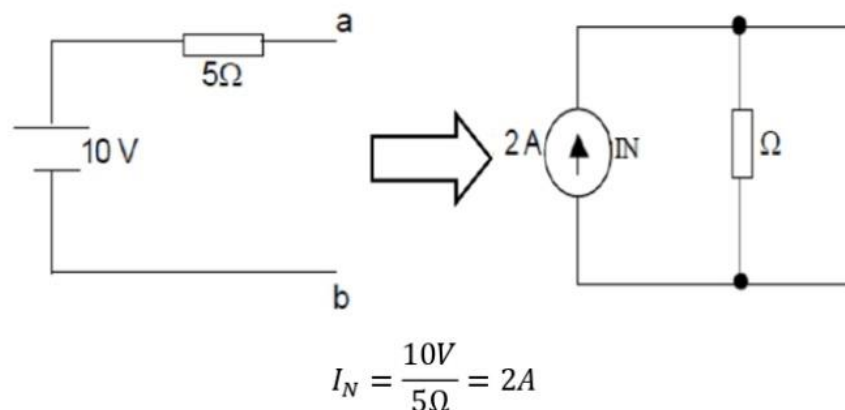
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

$$I_{AB} = \frac{13,33V}{6,67\Omega + 40\Omega} = 0,286A$$

4.4.2 TEORI NORTON

Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber arus dan sebuah tahanan yang diparalel dengan sumber arus. Untuk menghitung sumber arus beban dilepas lalu dicari arus hubung singkat. Sedangkan untuk menghitung tahanan pengganti caranya sama dengan mencari tahanan pengganti Thevenin. Antara teori Thevenin dan Norton mempunyai hubungan yang sangat erat. Jika rangkaian pengganti Thevenin sudah dihitung maka rangkaian pengganti Norton mudah ditentukan. Misalnya rangkaian pengganti Thevenin di atas diganti Norton menjadi seperti gambar 4.12 berikut ini.



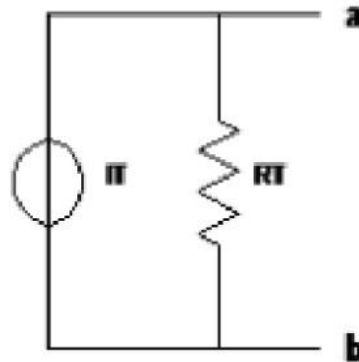
Gambar 4.12 Ekuivalen Teori Norton

Menurut Norton, sebuah rangkaian dengan dua terminal dapat diganti dengan sebuah sumber arus konstan I_N dan sebuah resistansi paralel R_N .

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

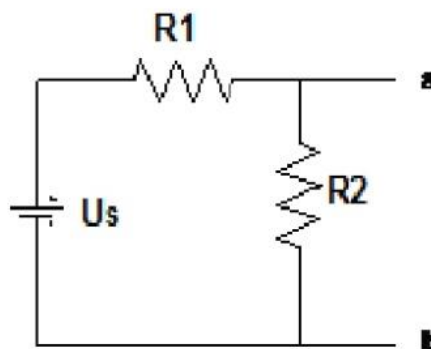


Gambar 4.13 Sirkit Ekivalen Norton

Di mana I_T merupakan arus hubung singkat yaitu arus ketika terminal a-b dihubungkan singkat dan R_T merupakan resistansi total dilihat dari terminal a-b ketika sumber tegangan dari rangkaian dua terminal tersebut dihubungkan singkat.

Contoh 1:

Tentukan sirkit ekivalen thevenin dan norton, dari suatu rangkaian aktif dua terminal yang memiliki dua resistor $R_1=10\text{ ohm}$, $R_2=30\text{ ohm}$, dan $U_s = 12\text{V}$, seperti gambar berikut.



Solusi:

Menurut thevenin, sebuah rangkaian dua terminal dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan U_T , yaitu tegangan sirkit terbuka pada

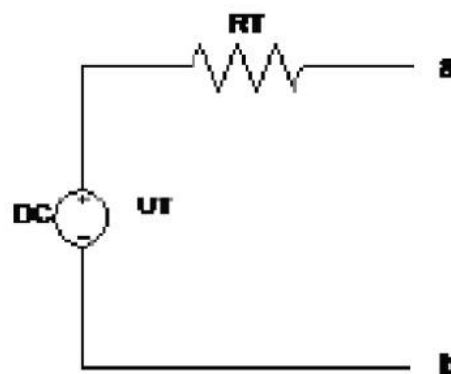
BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

terminal a-b dan Resistan R_T , yang terhubung seri, di mana R_T adalah resistansi total ketika U_s dihubung singkat ($R_1 // R_2$).

Sirkuit ekivalen thevenin adalah:



Dimana:

$$U_T = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U_s = \frac{30}{10 + 30} \times 12 = 9V$$

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 30}{10 + 30} = 7,5V$$

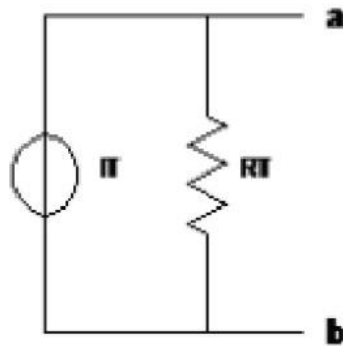
Menurut Norton, sebuah rangkaian dengan dua terminal dapat diganti dengan sebuah sumber arus konstan I_T dan sebuah resistan paralel R_T . Di mana I_T merupakan arus hubung singkat yaitu arus ketika terminal a-b dihubung singkat dan R_T merupakan resistansi total dilihat dari terminal a-b ketika sumber tegangan dari rangkaian dua terminal tersebut dihubung singkat.

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Sirkit ekivalen Norton:



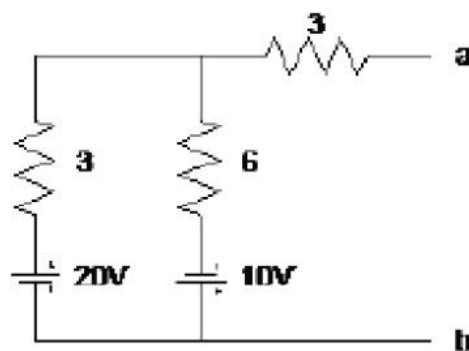
Dimana:

$$I_T = \frac{U_S}{R_1} = \frac{12}{10} = 1,2V$$

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 30}{10 + 30} = 7,5V$$

Contoh 2:

Tentukan sirkit ekivalen thevenin, dari suatu rangkaian aktif dua terminal, seperti gambar berikut.



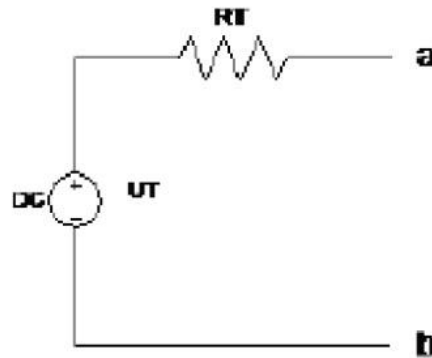
BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Solusi:

Rangkaian ekivalen thevenin:



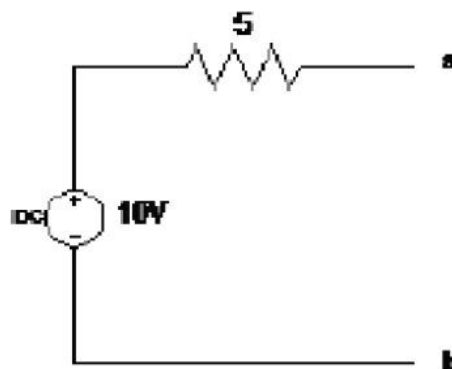
Dimana:

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 5V$$

Tegangan pengganti Thevenin :

$$U_T = 10 \text{ V}$$

Sedangkan rangkaian pengganti Norton/thevenin adalah sebagai berikut:

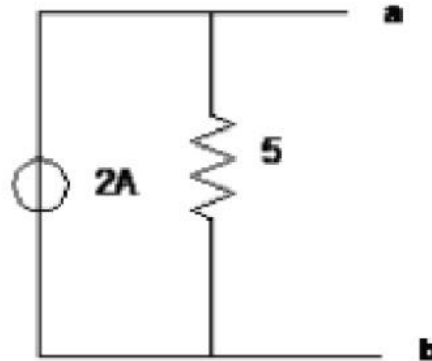


(a) Rangkaian Pengganti Thevenin

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH



(b) Rangkaian Pengganti Norton

Untuk menentukan besarnya sumber arus konstan pada rangkaian pengganti Norton dapat dilakukan sebagai berikut. Hubung singkat terminal ab pada rangkaian pengganti Thevenin. Sehingga kita dapat menghitung arus yang mengalir pada rangkaiannya yaitu : $I = 10 / 5 = 2$. A. Arus sebesar 2 A ini adalah sumber arus konstan untuk rangkaian pengganti Norton.

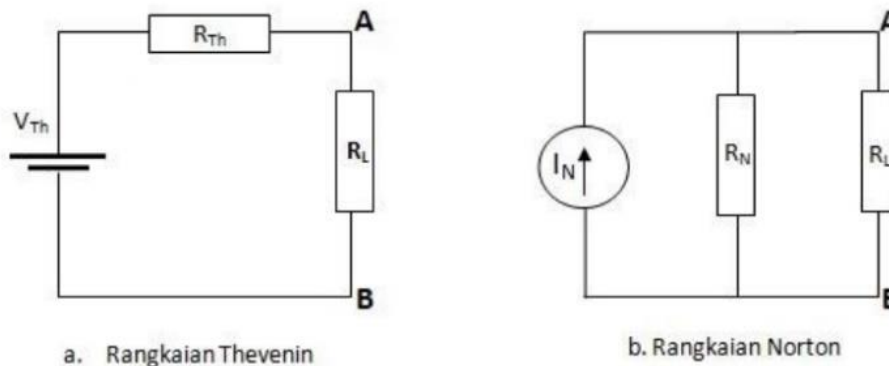
4.4.3 HUBUNGAN THEVENIN DENGAN NORTON

Perbedaan antara teori Norton dengan Thevenin adalah pada penggunaan sumber arus pada teori Norton dan sumber tegangan pada teori Thevenin. Pada teori Norton hambatan dipasang paralel dengan sumber arus sedangkan pada teori Thevenin Hambatan dipasang seri dengan sumber tegangan. Gambar 4 berikut ini menunjukkan secara skema perbedaan teori rangkaian Norton dan teori rangkaian Thevenin.

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH



Gambar 4.14 Perbedaan Teori Rangkaian Thevenin dan Norton

Arus Norton didefinisikan sebagai arus beban ketika beban dihubungsingkatkan atau disebut arus hubungan singkat. Arus Norton ditulis dengan simbol I_N . Hambatan Norton adalah hambatan yang diukur atau dihitung ketika sumber arus dikurangi hingga nol dan hambatan beban dilepas. Hambatan Norton sama dengan hambatan thevenin. Pada Teori rangkaian Thevenin kita menghitung arus beban (I_L) sedangkan pada teori rangkaian Norton kita menghitung tegangan beban (V_L). Tegangan beban pada rangkaian Norton dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_L = I_N \times \frac{R_N R_L}{R_N + R_L}$$

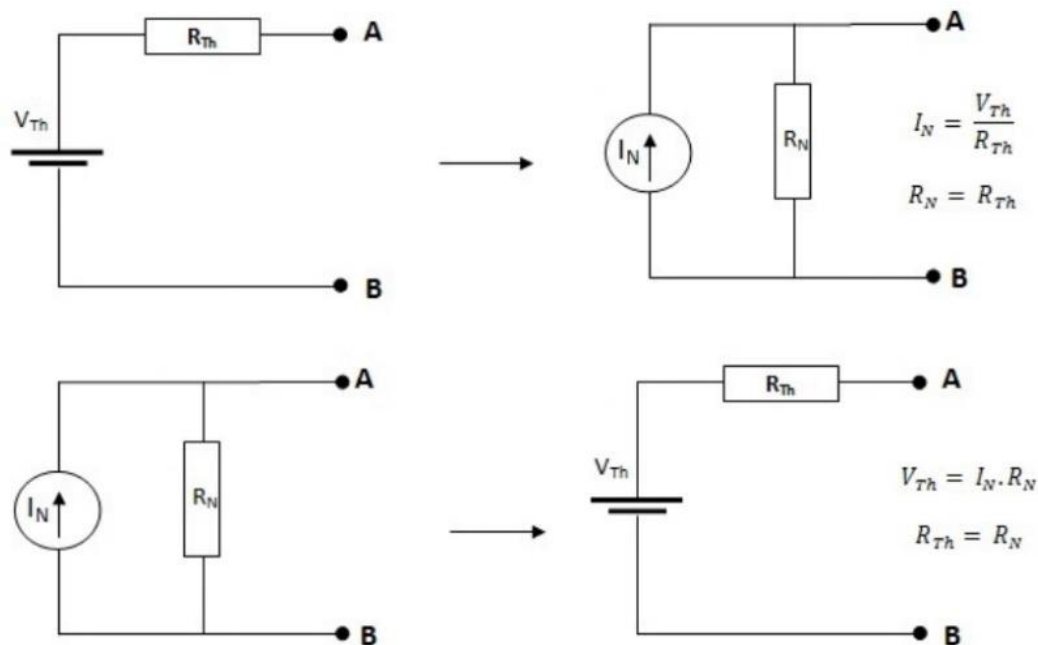
Dimana: V_L = tegangan beban ; I_N = arus Norton ; R_N = hambatan Norton dan R_L = hambatan beban.

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Hubungan Thevenin dengan Norton dapat dilihat pada gambar berikut ini.



4.5 TRANSFER DAYA MAKSIMUM

Teori ini pada umumnya digunakan secara khusus untuk menganalisa jaringan komunikasi. Efisiensi keseluruhan dari suatu jaringan yang mengupah daya maksimum kepada setiap cabang adalah 50%. Oleh karena itu penerapan teori ini untuk jaringan transmisi daya dan distribusi sangat terbatas. Di mana yang diharapkan pada jaringan transmisi dan distribusi adalah efisiensi yang tinggi dan bukannya pemindahan daya maksimum. Dalam kasus-kasus jaringan komunikasi, seringkali suatu jaringan ditujukan untuk menerima atau mengirimkan daya maksimum sekalipun efisiensinya kurang. Misalkan jika daya yang dipindahkan tersebut hanya dalam ukuran *miliwatt* atau *microwatt*.

Masalah-masalah pemindahan daya maksimum adalah menyangkut pengerjaan kawat-kawat transmisi dan antene yang cukup kritis. Penerapan

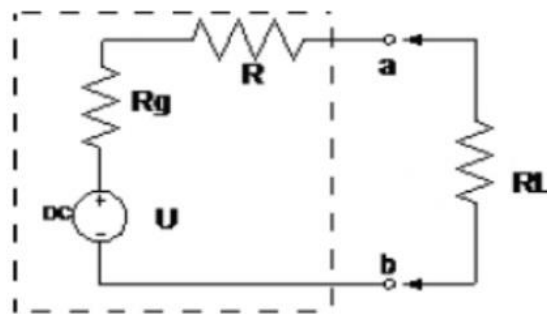
BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

pada jaringan arus searah (DC), maka teori ini dapat ditetapkan sebagai berikut: Suatu beban resistif akan mengambil daya maksimum dari suatu jaringan, jika beban tahanan tersebut sama dengan tahanan dari jaringan, dilihat dari terminal out put, dengan semua sumber tegangan ditiadakan dan hanya tahanan-tahanan dalamnya yang tinggal.

Contoh:



Gambar 4.14 Sirkit Ekivalen Jaringan Listrik

Ket:

R_g = tahanan dalam generator

R = tahanan penghantar

R_L = tahanan beban

$R_g + R$ = tahanan jaringan

Menurut teori ini maka R_L akan mengambil daya maksimum dari jaringan jika $R_L = R_i$ di mana R_i adalah tahanan total jaringan dalam kasus ini $R_g + R$.

Analisis:

Arus rangkaian adalah:

$$I = \frac{U}{R_L + R_i}$$

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Daya yang diambil beban adalah:

$$P_L = I^2 R_L = \frac{U^2 R_L}{(R_L + R_i)^2} \dots (1)$$

Untuk mencapai P_L menjadi maksimum, maka:

$$\frac{dP_L}{dR_L} = 0$$

Dengan men-deferensialkan persamaan (1) di atas, didapatkan:

$$\begin{aligned} \frac{dP_L}{dR_L} &= U^2 \left\{ \frac{1}{(R_L + R_i)^2} + R_L \left(\frac{-2}{(R_L + R_i)^3} \right) \right\} \\ &= U^2 \left\{ \frac{1}{(R_L + R_i)^2} + R_L \left(\frac{-2R_L}{(R_L + R_i)^3} \right) \right\} \end{aligned}$$

Selanjutnya didapatkan:

$$\begin{aligned} \frac{dU^2 R_L (R_L + R_i)^{-2}}{dR_L} &= 0 \\ \frac{\{U^2 (R_L + R_i)^{-2} + U^2 R_L = 2(R_L + R_i)^{-3}\} dR_L}{dR_L} \\ \frac{U^2}{(R_L + R_i)^2} - \frac{2R_L U^2}{(R_L + R_i)^3} &= 0 \\ U^2 \left\{ \frac{1}{(R_L + R_i)^2} - \frac{2R_L}{(R_L + R_i)^3} \right\} &= 0 \end{aligned}$$

Akhirnya didapatkan : $2 R_L = R_L + R_i$ atau $R_L = R_i$ (terbukti)

4.6 TEORI MAXWELL

Untuk mengatasi rasa bosan seperti yang dijelaskan di atas maka Maxwell memperkenalkan suatu metoda yang disebutnya sebagai metoda arus-arus loop (current-loop) untuk menyelesaikan permasalahan jaringan listrik yang rumit. Dalam metode ini Maxwell mengembangkan aturan-aturan yang telah dikemukakan oleh Kirchoff dalam Hukum Kirchoff

BAB IV

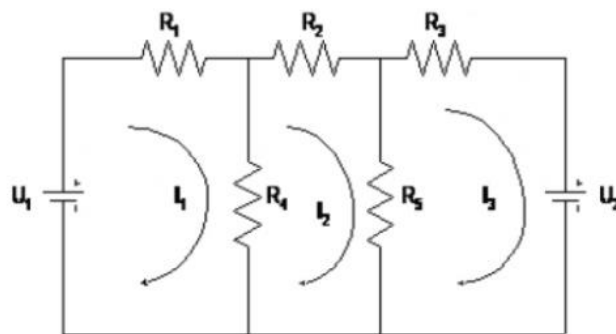
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

tegangan dan menerapkannya melalui loop-loop yang dibentuk pada rangkaian yang bersangkutan.

Dengan menerapkan arah arus loop maka arah arus pada setiap cabang resistor secara otomatis dapat mengikuti arah loop tersebut. Sehingga kita tidak perlu memperkirakan lagi secara khusus arah arus setiap cabang.

Berikut ini diberikan contoh aplikasinya.



Gambar 4.15 Sirkit Paralel 3 Loop

Dari gambar diketahui suatu rangkaian listrik yang terdiri dari dua buah sumber tegangan (baterai) U_1 dan U_2 dan lima buah resistor R_1 , R_2 , R_3 , R_4 dan R_5 yang tersambung secara seri dan paralel.

Untuk menyelesaikan masalah ini, maka Maxwell membuat perkiraan arus loop sebanyak tiga buah loop dengan arah arus searah jarum jam, yaitu loop pertama dengan arus I_1 , loop kedua dengan arus I_2 dan loop ketiga dengan arus I_3 .

Dengan arus loop ini kita akan mudah menentukan arus pada setiap cabangnya. Misalnya: arus pada R_1 adalah I_1 , pada R_4 adalah $I_1 - I_2$, pada R_2 adalah I_2 , pada R_5 adalah $I_2 - I_3$ dan pada R_3 adalah I_3 .

Dengan menerapkan hukum tegangan dari Kirchoff kepada ketiga loop tersebut maka kita dapatkan:

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Loop I

$$U_1 - I_1 \cdot R_1 - (I_1 - I_2) \cdot R_4 = 0$$
$$I_1(R_1 + R_4) - I_2 \cdot R_4 - U_1 = 0$$

Loop II

$$-I_2 \cdot R_2 - (I_2 - I_3) \cdot R_5 - (I_2 - I_1) \cdot R_4 = 0$$
$$I_1 \cdot R_4 - I_2(R_2 + R_4 + R_5) + I_3 \cdot R_5 = 0$$

Loop III

$$-I_3 \cdot R_3 - U_2 - (I_3 - I_2) \cdot R_5 = 0$$
$$I_2 \cdot R_5 - I_3(R_3 + R_5) - U_2 = 0$$

Dengan menyelesaikan ketiga persamaan loop tersebut akan kita dapatkan semua arus cabang yang ada pada rangkaian tersebut.

4.7 ARUS MATA JALA DAN MATRIKS

Persamaan simultan n dari sebuah jaringan mata jala dapat dituliskan dalam bentuk matriks. Elemen-elemen matriks dapat digunakan dalam bentuk umum sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}$$

Bila kita terapkan ke contoh aplikasi metoda loop dari Maxwell di atas maka kita dapatkan sebagai berikut:

- 1) Elemen R11 (baris 1, kolom 1) adalah jumlah dari semua tahanan di mana arus mata jala I1 melewatinya yakni R1 dan R4. Dengan cara yang sama, elemen R22 (baris 2, kolom 2) dan R23 (baris 2, kolom 3) adalah jumlah dari semua tahanan di mana arus I2 dan I3 melewatinya.
- 2) Elemen R12 (baris 1, kolom2) adalah jumlah dari semua tahanan di mana arus mata jala I1 dan I2 melewatinya. Tanda R12 adalah positif jika kedua

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

arus dalam arah yang sama melalui masing-masing tahanan dan negatif bila mereka dalam arah yang berlawanan.

- 3) Dalam contoh di atas R4 adalah satu-satunya tahanan milik bersama bagi arus I1 dan I2 dan arah-arahnya adalah melawan arah dalam R4 sehingga tandanya adalah negatif. Dengan cara yang sama, elemen R21, R23, R13 dan R31 adalah penjumlahan dari tahanan-tahanan bersama bagi kedua arus mata jala yang ditunjukkan oleh angka subskrip-nya.

Matrik arus tidak memerlukan penjelasan, karena elemen-elemen berada dalam sebuah kolom tunggal dengan angka subskrip 1, 2 dan 3. untuk memperlihatkan arus mata jala yang bersangkutan.

Elemen U1 dalam matriks tegangan adalah penjumlahan dari semua sumber tegangan yang mengerakkan arus mata jala I1. Di dalam menghitung penjumlahan, sebuah tegangan dihitung positif bila I1 lewat dari terminal negatif ke terminal positif dari sumber, jika tidak maka dihitung negatif. Dengan kata lain, sebuah tegangan adalah positif jika sumber menggerakkan arus dalam arah yang sama dengan arus mata jala.

Dalam contoh di atas, mata jala 1 memiliki satu sumber tegangan U1 menggerakkan arus dalam arah I1, mata jala 2 tidak memiliki sumber dan mata jala 3 memiliki sumber U2 menggerakkan arus berlawanan dengan arah I3 sehingga membuat U3 menjadi negatif. Untuk lebih jelasnya perhatikan hasil berikut ini:

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_4 & -R_4 & 0 \\ -R_4 & R_2 + R_4 + R_5 & -R_5 \\ 0 & -R_5 & R_5 + R_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ 0 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Persamaan matriks yang didapat dari metode arus mata jala dapat diselesaikan dengan berbagai cara. Salah satu yang banyak disukai adalah metode determinan dari Cramer, sebagai berikut:

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Arus I_1 yang tidak diketahui diperoleh sebagai perbandingan antara dua determinan. Determinan penyebut memiliki elemen-elemen dari matriks tahanan. Ini bisa ditunjukkan sebagai determinan dari koefisien-koefisien dan diberi simbol ΔR . Determinan pembilang memiliki elemen yang sama seperti ΔR kecuali dalam kolom pertama di mana elemen matriks tegangan menggantikan elemen determinan koefisien. Jadi dapat dituliskan sebagai berikut:

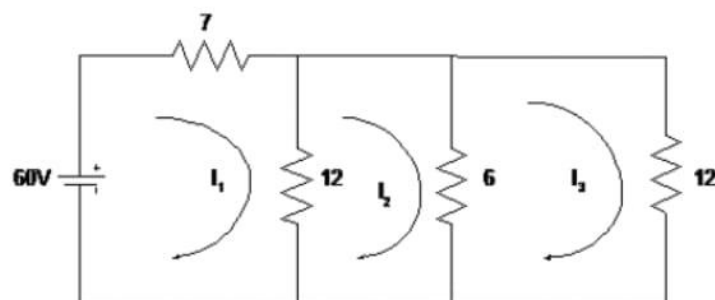
$$I_1 = \frac{\begin{bmatrix} U_1 & R_{12} & R_{13} \\ U_2 & R_{22} & R_{23} \\ U_3 & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix}} = \frac{1}{\Delta R} \begin{bmatrix} U_1 & R_{12} & R_{13} \\ U_2 & R_{22} & R_{23} \\ U_3 & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix}$$

$$I_2 = \frac{1}{\Delta R} \begin{bmatrix} R_{11} & U_1 & R_{13} \\ R_{21} & U_2 & R_{23} \\ R_{31} & U_3 & R_{33} \end{bmatrix}$$

$$I_3 = \frac{1}{\Delta R} \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & U_1 \\ R_{21} & R_{22} & U_2 \\ R_{31} & R_{32} & U_3 \end{bmatrix}$$

Contoh Soal :

Tentukan parameter arus mata jala pada rangkaian berikut ini:



BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Penyelesaian :

Penerapan hukum tegangan Kirchoff pada masing-masing mata jala menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$60 = 7 I_1 + 12 (I_1 - I_2)$$

$$0 = 12 (I_2 - I_1) + 6 (I_2 - I_3)$$

$$0 = 6 (I_3 - I_2) + I_2 \cdot I_3$$

Persamaan Matriks-nya didapat sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 19 & -12 & 0 \\ -12 & 18 & -6 \\ 0 & -6 & 18 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 60 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sesuai aturan Cramer kita dapatkan harga I_1 yaitu :

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 60 & -12 & 0 \\ 0 & 18 & -6 \\ 0 & -6 & 18 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 19 & -12 & 0 \\ -12 & 18 & -6 \\ 0 & -6 & 18 \end{vmatrix}} = \frac{17280}{2880} = 6A$$

4.8 TRANSFORMASI DELTA – STAR

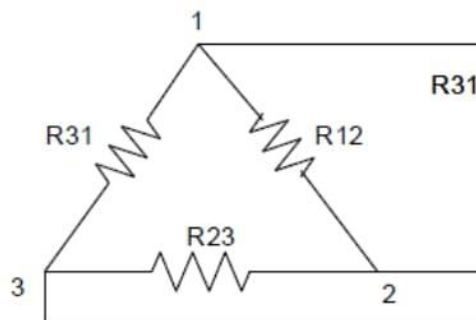
Penerapan hukum Kirchoff pada penyelesaian jaringan-jaringan yang mempunyai banyak cabang-cabang paralel, akan menjumpai banyak persamaan yang harus diselesaikan sekaligus sehingga seringkali membuat sulit penyelesaiannya. Penerapan teori Transformasi segitiga bintang atau sebaliknya dapat mengatasi masalah tersebut di atas. Jaringan yang kompleks seperti itu dapat disederhanakan dengan mengganti cabang-cabang atau rangkaian yang tersambung segitiga dengan rangkaian yang tersambung dalam bintang yang ekuivalen dengan rangkaian segitiganya atau sebaliknya.

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

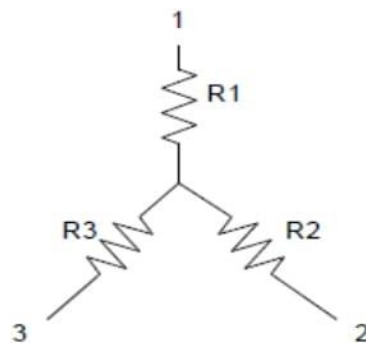
ARUS SEARAH

Misalnya diketahui tiga buah resistor R_{12} , R_{23} dan R_{31} tersambung dalam segitiga seperti gambar berikut ini:



Gambar 4.16 Sambungan Delta

Rangkaian segitiga seperti di atas dapat diganti dengan rangkaian bintang dengan R_1 , R_2 dan R_3 di mana kedua rangkaian tersebut ekuivalen.



Gambar 4.17 Sambungan Star

Kedua macam sambungan tersebut di atas dikatakan ekuivalen secara listrik, jika resistor yang diukur antara setiap pasang terminal mempunyai harga yang sama bagi kedua macam sambungan tersebut.

Perhatikan sambungan segitiga, antara terminal 1 dan 2 terdapat dua jalur paralel, yaitu antara R_{12} paralel dengan jumlah $(R_{23} + R_{31})$. Sehingga tahanan antara terminal 1 dan 2 adalah:

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

$$= \frac{R_{12}x(R_{23} + R_{31})}{R_{12} + (R_{23} + R_{31})}$$

Perhatikan sambungan bintang, antara terminal 1 dan 2 terdapat terdapat dua jalur dalam seri yaitu R1 dan R2 atau tahanan totalnya menjadi:

$$= R_1 + R_2$$

Tahanan antara terminal 1 dan 2 baik dalam segitiga maupun dalam bintang harus sama, sehingga:

$$R_1 + R_2 = \frac{R_{12}x(R_{23} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \dots (1)$$

Begitu pula untuk terminal 2 dan 3 serta terminal 3 dan 1, didapatkan harga:

$$R_2 + R_3 = \frac{R_{23}x(R_{31} + R_{12})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \dots (2)$$

$$R_2 + R_3 = \frac{R_{31}x(R_{12} + R_{23})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \dots (3)$$

Untuk menyelesaikan persamaan tersebut, dilakukan sebagai berikut :

Persamaan (1) dikurangi dengan persamaan (2) dan hasilnya ditambah dengan persamaan (3), maka akan didapatkan harga-harga elemen dalam bintang, yaitu : R1, R2 dan R3 sebagai berikut:

Harga R1 adalah:

$$R_1 = \frac{R_{31}xR_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \dots (4)$$

Harga R2 adalah:

$$R_2 = \frac{R_{12}xR_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \dots (5)$$

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Harga R_3 adalah:

$$R_3 = \frac{R_{31} \times R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \dots (5)$$

Perhatikan:

Dari ketiga persamaan di atas, nampaklah bahwa setiap pembilang (*numerator*) adalah hasil kali dari kedua sisi segitiga yang bertemu pada titik dalam bintang, sehingga dapat didefinisikan sebagai berikut:

Tahanan masing-masing lengan bintang sama dengan hasil kali tahanan-tahanan dari dua buah sisi segitiga yang bertemu pada ujung-ujungnya, dibagi dengan jumlah dari ketiga buah tahanan-tahanan dalam delta.

4.9 TRANSFORMASI STAR - DELTA

Transformasi dari rangkaian bintang ke segitiga lebih mudah dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan (1), (2) dan (3) di atas sebagai berikut:

Kita kalikan persamaan (1) dan (2). Persamaan (2) dan (3) dan persamaan (3) dan (1).

$$R_1 \cdot R_2 = \left\{ \frac{R_{31} \times R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \right\} \left\{ \frac{R_{12} \times R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \right\}$$

$$R_1 \cdot R_2 = \frac{(R_{12})^2 \cdot R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 \cdot R_3 = \left\{ \frac{R_{12} \times R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \right\} \left\{ \frac{R_{31} \times R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \right\}$$

$$R_2 \cdot R_3 = \frac{(R_{23})^2 \cdot R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_1 \cdot R_3 = \left\{ \frac{R_{31} \times R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \right\} \left\{ \frac{R_{31} \times R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \right\}$$

$$R_1 \cdot R_3 = \frac{(R_{31})^2 \cdot R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

Hasil ketiga perkalian tersebut saling ditambahkan kemudian disederhanakan. Setelah itu masing-masing dibagi dengan persamaan (4), (5) dan (6).

Hasil akhirnya didapatkan sebagai berikut:

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_3}$$

$$R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_1}$$

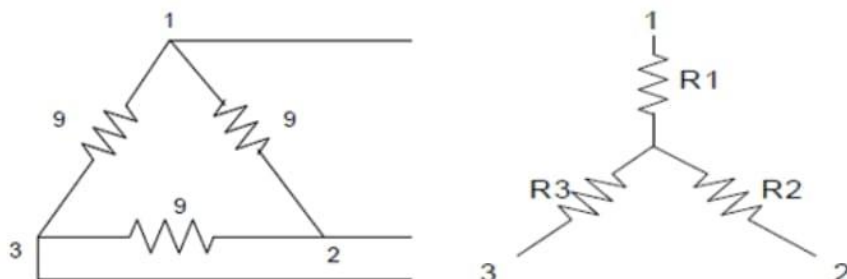
$$R_{31} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_2}$$

Perhatikan:

Tahanan segitiga ekuivalen antara dua terminal adalah jumlah dari hasil kali dua tahanan-tahanan dalam bintang pada terminal tersebut dibagi dengan tahanan bintang ketiga.

Contoh 1:

Tentukan tahanan ekuivalen dalam bintang dari rangkaian segitiga berikut ini:



Penyelesaian:

$$R_1 = \frac{9 \times 9}{9 + 9 + 9} = \frac{81}{27} = 3$$

$$R_2 = \frac{9 \times 9}{9 + 9 + 9} = \frac{81}{27} = 3$$

BAB IV

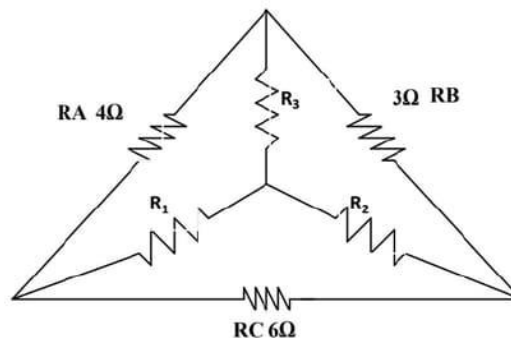
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

$$R_3 = \frac{9 \times 9}{9 + 9 + 9} = \frac{81}{27} = 3$$

Contoh 2:

Perhatikan gambar dibawah ini, tentukan R_1, R_2, R_3 !



Penyelesaian:

$$R_1 = \frac{R_A \times R_C}{R_A + R_B + R_C}$$
$$= \frac{4 \times 6}{4 + 3 + 6} = \frac{24}{13} = 1,84$$

$$R_2 = \frac{R_B \times R_C}{R_A + R_B + R_C}$$
$$= \frac{3 \times 6}{4 + 3 + 6} = \frac{18}{13} = 1,38$$

$$R_3 = \frac{R_A \times R_B}{R_A + R_B + R_C}$$
$$= \frac{4 \times 3}{4 + 3 + 6} = \frac{12}{13} = 0,92$$

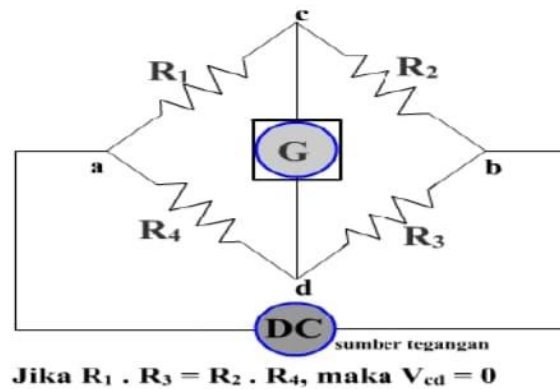
4.10 RANGKAIAN JEMBATAN

Jembatan wheatstone adalah susunan komponen komponen elektronika yang berupa resistor dan catu daya seperti tampak pada gambar berikut ;

BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH



Gambar 4.18 Rangkaian Jembatan

Hasil kali antara resistor-resistor berhadapan yang satu akan sama dengan hasil kali resistor-resistor berhadapan lainnya jika beda potensial antara c dan d bernilai nol. Persamaan $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$ dapat diturunkan dengan menerapkan Hukum Kirchoff dalam rangkaian tersebut.

Rangkaian jembatan digunakan untuk mengukur nilai suatu hambatan dengan cara mengusahakan arus yang mengalir pada galvanometer = nol (karena potensial di ujung-ujung galvanometer sama besar).

Jadi berlaku rumus perkalian silang hambatan : $R_1 R_3 = R_2 R_x$

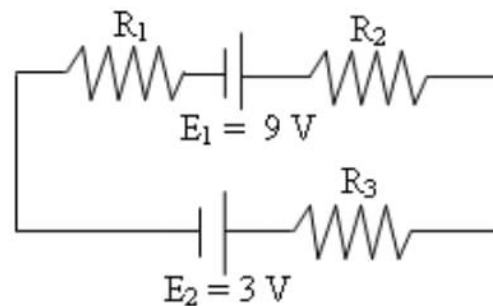
4.11 LATIHAN SOAL

1. Tentukan nilai potensial (E) dalam rangkaian listrik yang terdiri dari sebuah resistor 84 ohm, dan dialiri arus sebesar 4 amper!
2. Tentukan nilai arus dalam rangkaian listrik yang terdiri dari sebuah resistor 5 ohm, dan mendapat tegangan sebesar 100 volt?
3. Perhatikan gambar rangkaian tertutup dibawah ini!

BAB IV

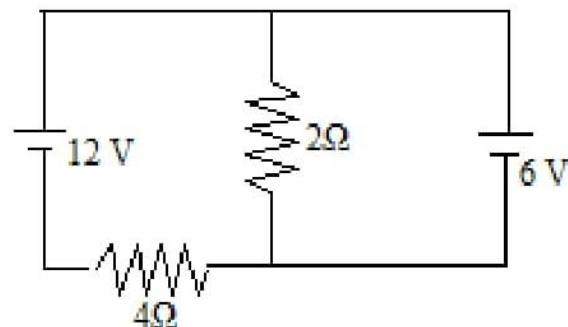
RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

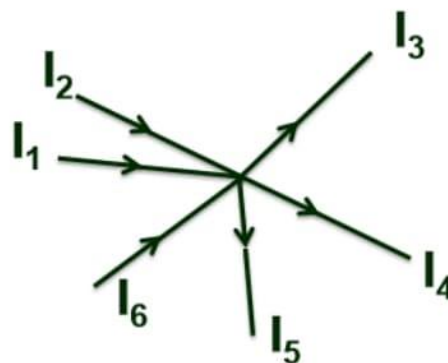


Apabila $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ dan $R_3 = 6\Omega$, maka kuat arus yang mengalir pada rangkaian adalah ...

4. Pada rangkaian listrik di bawah ini diberikan diberikan $R_1 = 4\Omega$ dan $R_2 = 2\Omega$. Jika saklar S ditutup, tentukan besarnya daya pada R_1 !



5. Diketahui nilai $I_1 = 4A$, $I_2 = 6A$, $I_4 = 7A$, $I_5 = 5A$, dan $I_6 = 10A$. Berapakah nilai I_3 pada rangkaian tersebut!

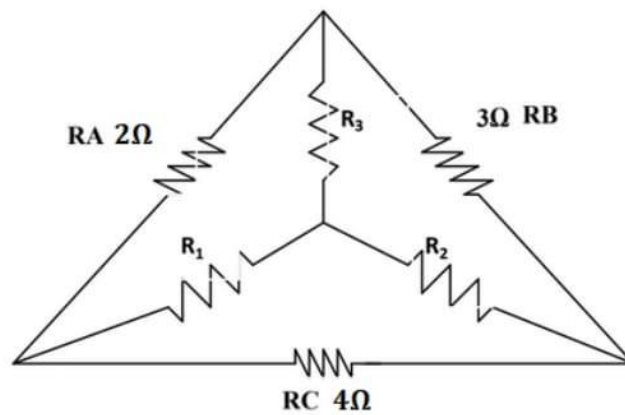


BAB IV

RANGKAIAN LISTRIK

ARUS SEARAH

6. Perhatikan gambar dibawah ini, tentukan R_1, R_2, R_3 !





BAB V

ELEMEN AKTIF

BAB V

ELEMEN AKTIF

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 5, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menyebutkan jenis-jenis komponen aktif dengan benar;
2. Mampu menggambar simbol komponen aktif dengan benar;
3. Mampu menjelaskan karakteristik komponen aktif dengan benar;
4. Mampu mengidentifikasi komponen aktif dengan cermat;
5. Mampu menentukan kaki-kaki komponen aktif dengan benar sesuai dengan prosedur;
6. Mampu mengklasifikasikan komponen aktif sesuai dengan jenisnya.

b. Uraian Materi

5.1 DIODA

Dioda ini berasal dari dua kata *Duo* dan *Electrode* yang berarti dua elektroda, yaitu *Anoda* yang berpolaritas positif dan Katoda yang berpolaritas negatif. Secara umum dioda disimbolkan dan bentuk fisiknya seperti terlihat pada gambar. Salah satu aplikasi penggunaan dioda dalam ilmu kelistrikan adalah sebagai penyearah arus (*rectifier*) dari arus bolak-balik ke arus searah. Dioda merupakan piranti *non-linier* karena grafik arus terhadap tegangan bukan berupa garis lurus, hal ini karena adanya potensial penghalang (*Potential Barrier*). Ketika tegangan dioda lebih kecil dari tegangan penghambat tersebut maka arus dioda akan kecil, ketika tegangan dioda melebihi potensial penghalang arus dioda akan naik secara cepat. Dioda memiliki fungsi yang unik yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja.

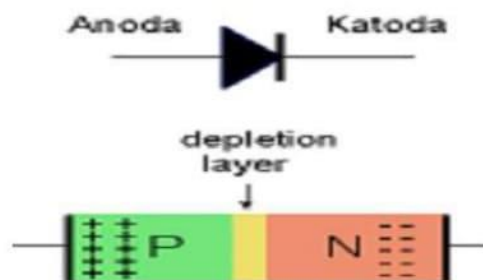
BAB V

ELEMEN AKTIF



Gambar 5.1 Macam-Macam Bentuk Dioda

Struktur dioda tidak lain adalah sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N.



Gambar 5.2 Dioda

5.1.1 KARAKTERISTIK DIODA

Terdapat dua karakteristik diode yaitu dioda bias maju dan diode bias mundur berikut adalah penjelasannya:

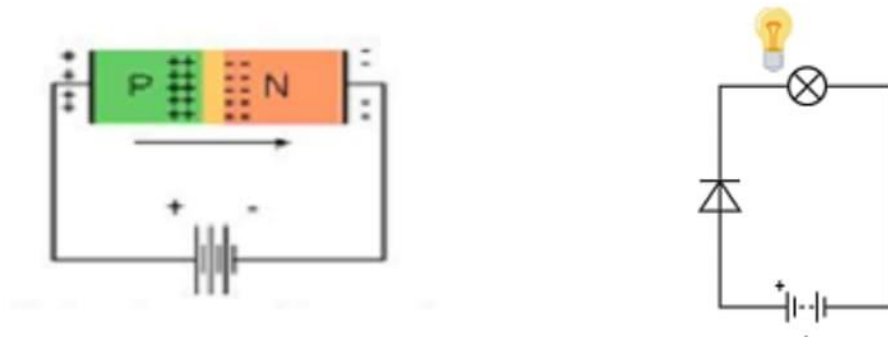
1. BIAS MAJU

Jika anoda dihubungkan dengan kutub positif sumber searah dan katodanya dihubungkan dengan kutub negatifnya seperti terlihat

BAB V

ELEMEN AKTIF

pada gambar 5.3, maka rangkaian tersebut dikenal sebagai rangkaian bias maju (*Forward-Bias*).

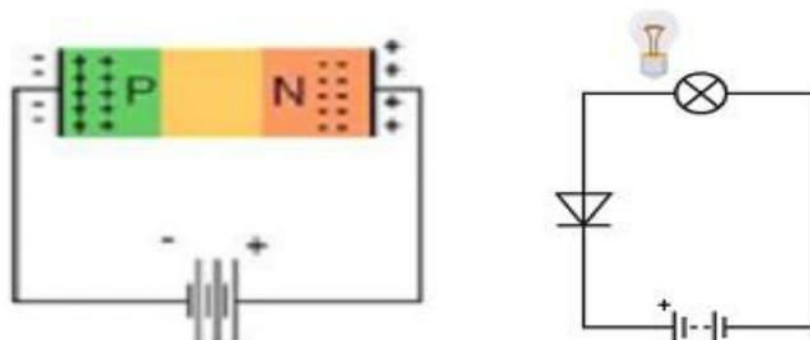


Gambar 5.3 Dioda Bias Maju

Pada kondisi seperti ini arus akan mengalir dari anoda menuju katoda. Tegangan dimana dioda mulai mengalirkan arus disebut sebagai tegangan kerja dioda (U_d). Untuk dioda silikon $U_d \pm 0,7$ volt sedangkan untuk dioda germanium $U_d \pm 0,3$ volt.

2. BIAS MUNDUR

Jika kedua elektroda dioda tersebut kita hubungkan secara terbalik (berlawanan polaritas), yaitu anoda dihubungkan dengan sumber negatif sumber searah sedangkan katoda dihubungkan dengan sumber positifnya, maka bias demikian disebut bias mundur (*Reverse-Bias*) seperti diperlihatkan pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Dioda Bias Mundur

BAB V

ELEMEN AKTIF

Pada saat *reverse* ini dioda akan mempunyai nilai hambatan yang besar, sehingga arus tidak akan atau sedikit mengalir dalam orde mikroampere. Pada bias mundur dioda bekerja bagaikan kawat yang terputus dan membuat tegangan yang jatuh pada dioda akan sama dengan tegangan *supply*. Coba perhatikan gambar 5.4 diilustrasikan dengan beban, maka jika kondisi dioda bias mundur atau maka lampu tidak akan menyala. Jika tegangan sumber dinaikkan lebih besar lagi, maka suatu saat tertentu secara tiba-tiba arus akan naik secara linear. Tegangan saat arus mengalir secara linear ini dikenal sebagai tegangan patahan (*Breakdown Voltage*). Tegangan ini jika terus diperbesar akan mengakibatkan kerusakan pada dioda dan untuk itu tegangan ini dibatasi hingga tegangan nominal yang dikenal dengan nama *Peak Inverse Voltage* disingkat PIV

5.1.2 CARA MENGUKUR DIODA DENGAN MULTIMETER DIGITAL

Atur selektor multimeter pada posisi *testing* dioda. Hubung singkat kedua ujung led dan catat angka yang tertera. Catat angka yang tertera ketika kedua led dipisahkan. Saat ini pengetesan dioda berlangsung seperti gambar 5.5 di bawah ini. Pengujian Dioda seperti halnya kita menguji sebuah saklar. Saat saklar pada posisi terhubung “ON” (sama dengan kaki Anoda dioda dihubungkan dengan led Merah +), maka pada multimeter akan menunjukkan sebuah nilai resistansi dalam satuan Ohm. Namun saat saklar pada posisi “OFF” (sama dengan kaki Anoda dioda dihubungkan dengan led Hitam -), maka multimeter akan menunjukkan nilai resistansi yang tinggi (sama dengan tidak terhubung).

BAB V

ELEMEN AKTIF



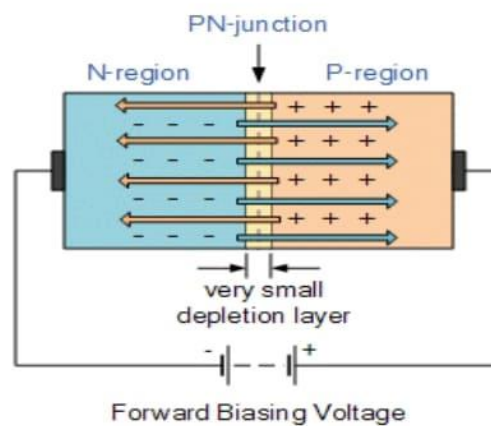
Gambar 5.5 Multimeter Pengetes Dioda

Keadaan pengetesan akan arah maju bila led merah atau positif dihubungkan dengan ujung anoda dioda dan led yang berwarna hitam dihubungkan dengan kaki katoda. Untuk arah mundur lakukan secara kebalikannya.

5.1.3 JENIS-JENIS DIODA

Jenis-jenis dioda dan aplikasinya adalah sebagai berikut.

1. *PN Junction Diode*



Gambar 5.6 Multimeter Pengetes Dioda

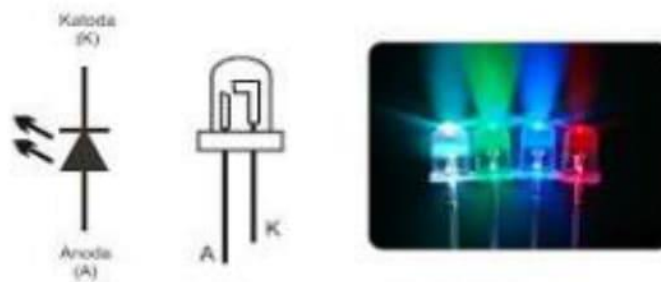
BAB V

ELEMEN AKTIF

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

2. *Light Emitting Diode (LED)*

Dioda Emisi Cahaya biasa disingkat LED (*Light Emitting Diode*) dikenal dengan istilah lain *Solid State Lamp* adalah piranti elektronik gabungan elektronik dengan optic (lensa) dan akhirnya dikenal juga sebagai keluarga *Opto-Electronic*. LED adalah dioda yang dapat mengeluarkan cahaya bila diberikan forward bias. Simbol dan bentuk fisiknya diperlihatkan seperti gambar 5.7. LED saat ini umum digunakan sebagai alat penerangan dan beberapa jenis digunakan untuk menggantikan lampu *fluorescent*.



Gambar 5.7 Konstruksi dan Simbol LED

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan LED adalah *Galium Arsenida* (GaAs) atau *Galium Arsenida Phospida* (GaAsP) atau juga *Galium Phospida* (GaP) yang dapat memancarkan cahaya dengan warna yang berbeda. Bahan GaAs memancarkan warna infra-merah, Bahan GaAsP warna merah atau kuning sedangkan bahan GaAsP dengan warna merah atau hijau. LED mempunyai batas

BAB V

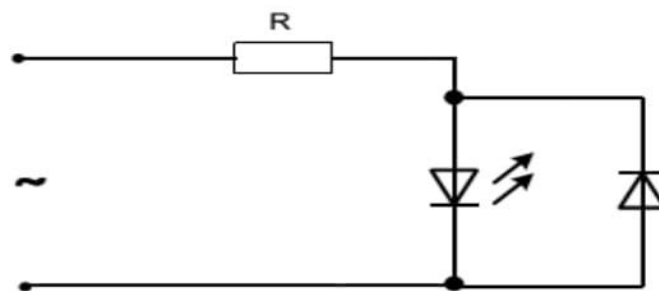
ELEMEN AKTIF

kemampuan arus maupun tegangan yang dibedakan berdasarkan warna seperti pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Batas Kemampuan Arus Maupun Tegangan Pada LED

No	Warna	Tegangan Maju
1	Merah	1,8 Volt
2	Orange	2,0 Volt
3	Kuning	2,1 Volt
4	Hijau	2,2 Volt

Jika LED digunakan sebagai indikator cahaya dalam suatu rangkaian arus bolak-balik, biasanya dihubungkan paralel dengan sebuah dioda penyearah secara terbalik (anti-paralel) seperti terlihat pada gambar 5.8.

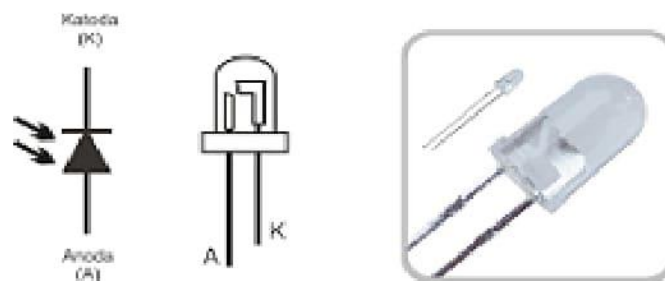


Gambar 5.8 LED Sebagai Indikator Sumber AC

BAB V

ELEMEN AKTIF

3. *Photo Dioda*



Gambar 5.9 *Photo Dioda*

Bila diperhatikan, simbol *Photo Dioda* hampir mirip dengan simbol LED, bedanya adalah simbol LED memiliki anak panah ke arah luar yang artinya memancarkan cahaya. Sedangkan pada simbol *Photo Dioda* memiliki arah anak panah ke dalam, ini artinya *Photo Dioda* menerima cahaya dari luar. Namun pada bentuk fisik antara LED dan *Photo dioda* memiliki kesamaan. Dioda cahaya ini bekerja pada daerah *reverse*, jadi hanya arus bocor saja yang melewatinya. Dalam keadaan gelap, arus yang mengalir sekitar $10\ \mu\text{A}$ untuk dioda cahaya dengan bahan dasar germanium dan $1\ \mu\text{A}$ untuk bahan silikon.

4. *Dioda Zener*

Dioda zener adalah merupakan dioda yang terbuat dari bahan silikon dan dikenal sebagai *Voltage Regulation Diode* yang bekerja pada daerah *reverse* bias di daerah breakdown-nya. Kemampuan dioda zener berkisar mulai 2,4 volt sampai 200 volt dengan disipasi daya $\frac{1}{4}$ sampai 500 W.

BAB V

ELEMEN AKTIF



Gambar 5.10 Dioda Zener

Memiliki karakteristik khusus yang mengizinkan efek breakdown saat *reverse* bias. Dioda ini dapat menghasilkan tegangan yang tetap dan umum digunakan sebagai penghasil tegangan referensi di rangkaian elektronik.

5.1.4 DIODA SEBAGAI PENYEARAH

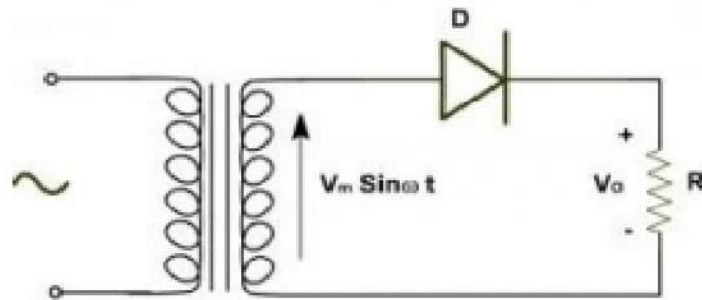
Berdasarkan sifat-sifat dioda, maka dioda dapat dimanfaatkan sebagai alat penyearah arus bolak-balik (*rectifier*). Ada dua macam penyearah yang dikenal, yaitu:

1. Penyearah Setengah Gelombang (*Half-Wave Rectifier*)

Rangkaian dasar penyearah setengah gelombang diperlihatkan pada gambar 5.11 dimana sisi primer transformator tersambung dengan sumber bolak-balik (AC), sedangkan sisi sekunder dihubungkan seri dengan sebuah dioda dan tahanan beban (RL).

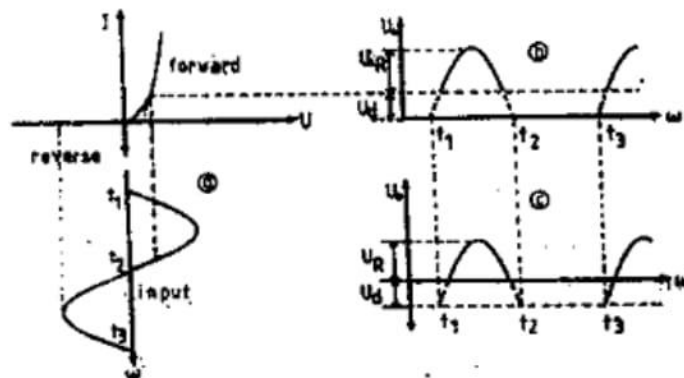
BAB V

ELEMEN AKTIF



Gambar 5.11 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

Jika saklar S ditutup, maka saat $t_1 - t_2$ keadaan di titik A misal berpolaritas positif, maka pada setengah periode ini dioda ada dalam kondisi menghantar sehingga arus IRL mengalir. Arus tersebut akan melewati tahanan RL sehingga antara titik C dan D terbangkit tegangan yang sebanding dengan besarnya arus yang mengalir.



Gambar 5.12 Proses Penyearahan Setengah Gelombang

Pada saat $t_2 - t_3$ titik B sedang dalam polaritas negatif dan dioda dalam kondisi menghambat, sehingga RL dialiri arus reverse yang relatif kecil dan sering diabaikan. Jika titik A kembali positif pada saat $t_3 - t_4$, maka proses serupa akan terulang sehingga pada RL akan terdapat pulsa positif saja. Proses perubahan tegangan bolak-balik menjadi pulsa searah ini disebut penyearahan dan dikarenakan hanya

BAB V

ELEMEN AKTIF

setengah periode saja yang dapat dimanfaatkan, maka penyearah seperti ini dikenal sebagai Penyearah Setengah Gelombang. Guna menghitung besar harga rata-rata signal yang disearahkan dapat digunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$U_{dc} = U_m / \pi = 0,318 U_m$$

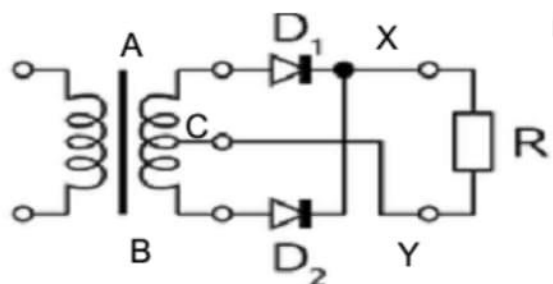
Dimana:

U_m = harga maksimum tegangan AC

U_{dc} = Harga rata-rata tegangan DC

2. Penyearah Gelombang Penuh (Full-Wave Rectifier)

Ada dua macam penyearah gelombang penuh, yaitu sistem titik-tengah (*centre-tap*) dan sistem jembatan (*bridge*). Penyearah sistem titik-tengah menggunakan transformator *centre-tap*, dimana jumlah lilitan antara titik AC sama dengan jumlah lilitan pada titik CB.

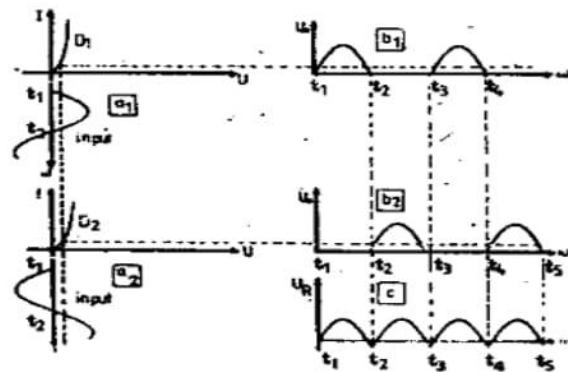


Gambar 5.13 Sistem *Centre-tap*

Ujung A dihubungkan pada dioda D1 dan ujung B pada dioda D2. Ujung lain dari dioda ini dihubungkan pada titik yang sama dari ujung tahanan RL di titik X dan ujung titik Y disambungkan ke titik tengah transformator C. Kerja penyearah ini dapat dilihat pada gambar 5.14 dimana kurva a1 dan a2 menunjukkan tegangan yang masuk pada dioda D1 dan D2 yang selalu berlawanan fasa dan sama besarnya.

BAB V

ELEMEN AKTIF



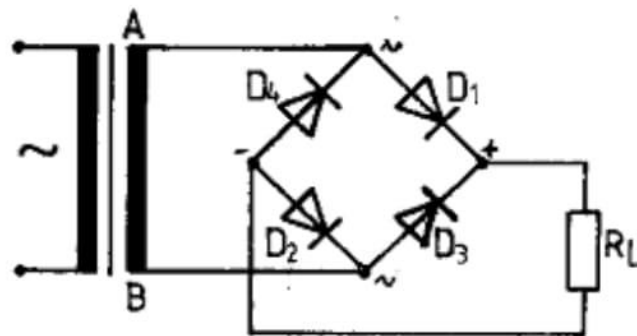
Gambar 5.14 Proses Penyearahan Gelombang Penuh

Pada saat $t_1 - t_2$ ujung A sedang berpolaritas positif, sedangkan ujung B negatif sehingga pada saat ini dioda D1 yang sedang menghantar (kurva b_1 saat $t_1 - t_2$), sedangkan D2 tidak menghantar (kurva b_2 saat t_1-t_2). Pada saat $t_2 - t_3$ ujung A berpolaritas negatif sedang ujung B positif sehingga pada saat ini dioda D2 yang menghantar (kurva b_2 saat $t_2 - t_3$) sedang D1 tidak menghantar (kurva b_1 saat $t_2 - t_3$). Dengan demikian kedua dioda tersebut secara bergantian setiap setengah periode dan tahanan RL sertiap saat selalu dilewati arus (kuva c) yang berbentuk pulsa positif. Dikarenakan satu gelombang penuh tegangan bolak-balik telah dimanfaatkan, maka rangkaian ini dinamakan penyearah gelombang penuh. Kelebihan penyearah gelombang penuh dari penyearah setengah gelombang adalah menghasilkan tegangan rata-rata (U_{dc}) dua kali lipat atau dituliskan sebagai berikut : $U_{dc} = 2 \times 0,318 U_m = 0,636 U_m$

Untuk penyearah gelombang penuh Sistem Jembatan diperlukan empat buah dioda yang dipasang sedemikian rupa seperti diperlihatkan pada gambar 5.15.

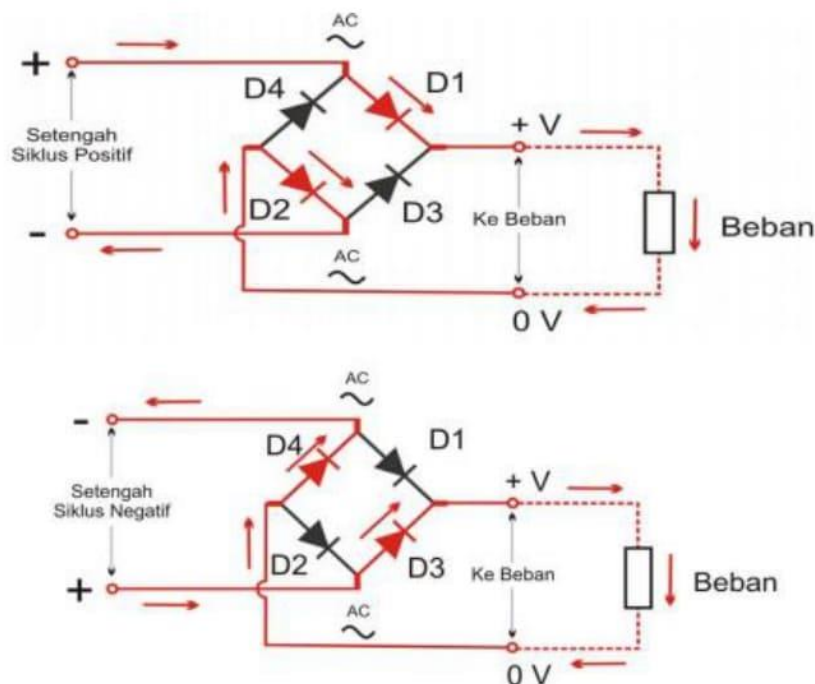
BAB V

ELEMEN AKTIF



Gambar 5.15 Penyearah Sistem Jembatan

Ketika titik A sedang positif, dioda D1 dan D2 berada dalam kondisi menghantar, sedang dioda D3 dan D4 tidak menghantar perhatikan gambar 5.16. Guna memudahkan anda mengetahui bagaimana sistem ini bekerja, maka ikuti gambar dimana ketika titik A sedang negatif, dioda yang menghantar adalah dioda D3 dan D4 , sedang D1 dan D2 tidak menghantar.



Gambar 5.16 Proses Kerja Sistem Jembatan

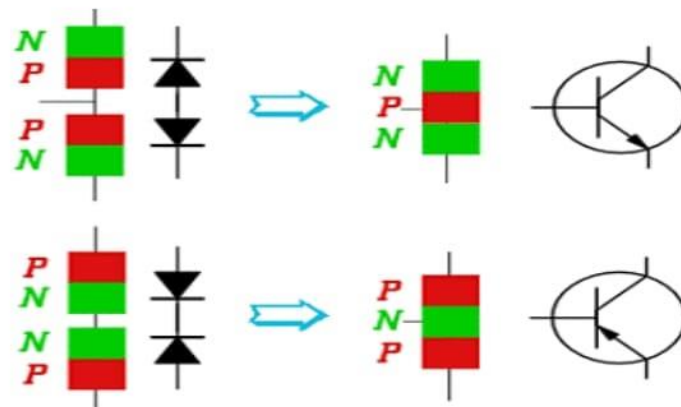
BAB V

ELEMEN AKTIF

Dengan demikian pada setiap setengah periode tegangan bolak-balik ada dua buah dioda yang bekerja secara serempak sedangkan dua buah lainnya tidak bekerja. Adapun hasil penyearahan dari sistem ini adalah mirip dengan sistem Titik-Tengah.

5.2 TRANSISTOR

Transistor adalah piranti elektronik yang menggantikan fungsi tabung elektron-*trioda*, dimana transistor ini mempunyai tiga elektroda, yaitu *Emitter*, *Collector* dan *Base*. Fungsi utama atau tujuan utama pembuatan transistor adalah sebagai penguat (*amplifier*), namun dikarenakan sifatnya, transistor ini dapat digunakan sebagai saklar elektronis. Susunan fisik transistor adalah merupakan gandengan dari bahan semikonduktor tipe P dan N seperti digambarkan pada gambar 5.17.



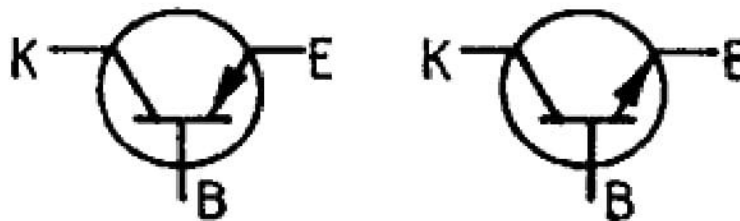
Gambar 5.17 Susunan Fisik Lapis Transistor

Sedangkan gambar rangkaian penggantinya sama dengan dua buah dioda yang dipasang saling bertolak seperti terlihat pada gambar 5.17. Gambar 5.18 berikut memperlihatkan beberapa bangun fisik dan konstruksi transistor bipolar, dikatakan bipolar karena terdapat dua pembawa muatan, yaitu elektron bebas dan *hole*. Sedangkan jenisnya ada dua macam, yaitu jenis PNP dan NPN yang simbolnya diperlihatkan pada gambar 5.19.

ELEMEN AKTIF



Gambar 5.18 Bangun Fisik dan Konstruksi Transistor Bipolar



Gambar 5.19 Simbol transistor

Kedua jenis PNP dan NPN tidak ada bedanya, kecuali hanya pada cara pemberian biasnya saja. Bentuk fisik transistor ini bermacam-macam kemasan, namun pada dasarnya karena transistor ini tidak tahan terhadap temperatur, maka tabungnya biasanya terbuat dari bahan logam sebagai peredam panas bahkan sering dibantu dengan pelindung (peredam) panas (*heat-sink*).

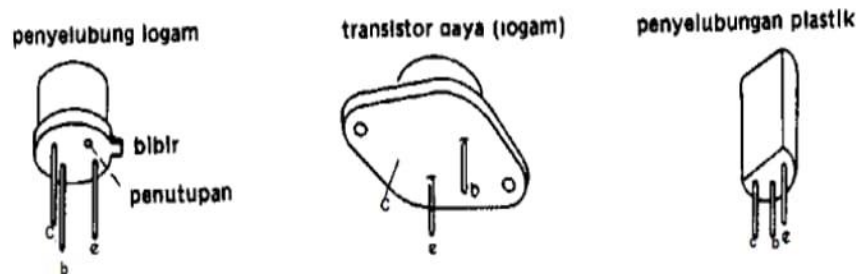
5.2.1 PENENTUAN ELEKTRODA TRANSISTOR

Spesifikasi transistor yang lengkap dapat anda peroleh dari buku petunjuk transistor, dimana dalam buku tersebut akan anda peroleh karakteristik fisik dan listrik suatu jenis transistor bahkan dilengkapi dengan transistor ekuivalennya. Berikut ini adalah gambaran

BAB V

ELEMEN AKTIF

spesifikasi transistor yang banyak digunakan khususnya dalam penentuan elektroda dari transistor tersebut.



Gambar 5.20 Elektroda Transistor

5.2.2 PENGKODEAN TRANSISTOR

Hampir sama dengan pengkodean pada dioda, maka huruf pertama menyatakan bahan dasar transistor tersebut, A = Germanium dan B = Silikon, sedangkan huruf kedua menyatakan penerapannya. Berikut ini adalah huruf-huruf kedua yang dimaksud: C = transistor frekuensi rendah D = transistor daya untuk frekuensi rendah F = transistor frekuensi tinggi L = transistor daya frekuensi tinggi.

Contoh penerapan kode ini diantaranya adalah BF 121, AD 101, BC 108 dan ASY 12.

5.2.3 PENGUJIAN TRANSISTOR

Dengan menganggap transistor adalah gabungan dua buah dioda, maka anda dapat menguji kemungkinan kerusakan suatu transistor dengan menggunakan ohmmeter dari suatu multitester. Kemungkinan terjadinya kerusakan transistor ada tiga penyebab yaitu:

1. Salah pemasangan pada rangkaian;
2. Penanganan yang tidak tepat saat pemasangan;
3. Pengujian yang tidak professional Sedangkan kemungkinan

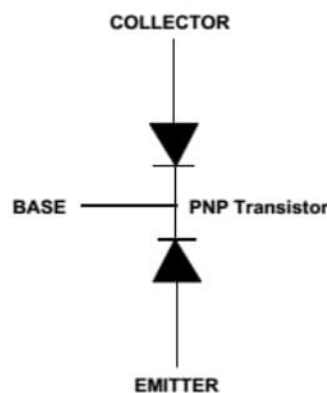
kerusakan transistor juga ada tiga jenis, yaitu:

BAB V

ELEMEN AKTIF

- a. Pemutusan
- b. Hubung singkat
- c. Kebocoran

Pada pengujian transistor kita tidak hanya menguji antara kedua dioda tersebut, tapi kita juga harus melakukan pengujian pada elektroda kolektor dan emiternya. Gambar 5.21 memperlihatkan kembali rangkaian dioda transistor PNP yang akan dijadikan referensi pengujian transistor.



Gambar 5.21 Dioda Transistor

Cara pengujian lain transistor adalah dengan menggunakan alat elektronik yang dikenal sebagai Transistor Checker.

Kondisi transistor dapat juga anda uji ketika transistor tersebut sedang bekerja dalam suatu rangkaian, yaitu dengan mengukur tegangan antara basis dan emiter. Tegangan antara basis dan emiter ini normalnya untuk transistor germanium adalah 0,3 volt sedangkan tegangan basis emiter untuk jenis silikon sekitar 0,6 volt. Jika jauh lebih rendah atau lebih tinggi dari harga tersebut, maka transistor tersebut sedang dalam kondisi tidak normal atau rusak.

BAB V

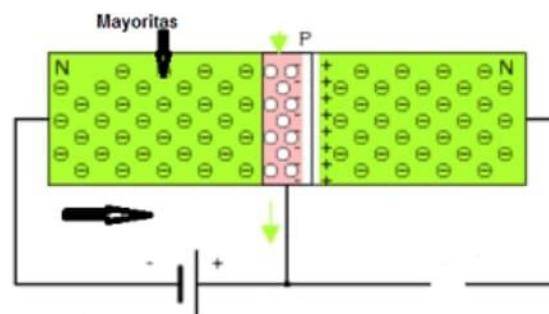
ELEMEN AKTIF

5.2.4 NILAI BATAS SUATU TRANSISTOR

Sebagaimana telah disebutkan bahwa bahan semikonduktor akan berubah sifat jika menerima panas yang berlebihan. Suhu maksimal suatu transistor Germanium adalah sekitar 75°C sedangkan jenis Silikon sekitar 150°C . Daya yang disalurkan pada sebuah transistor harus sedemikian rupa sehingga suhu maksimalnya tidak dilampaui dan untuk itu diperlukan bantuan pendingin baik dengan *Heat Sink* atau dengan kipas kecil (*Fan*). Pada saat penyolderan kaki-kaki transistor, harus dipertimbangkan juga temperatur solder dan selain itu biasanya digunakan alat pembantu dengan jepitan (tang) guna pengalihan penyaluran panas. Peralihan panas transistor ke pendingin yang baik adalah dengan bantuan *Pasta Silikon* yang disapukan antara transistor dengan badan pendinginnya. Selain itu ada juga biasanya pendingin tersebut diberi cat warna hitam guna memudahkan penyaluran panas.

5.2.5 PRINSIP KERJA TRANSISTOR

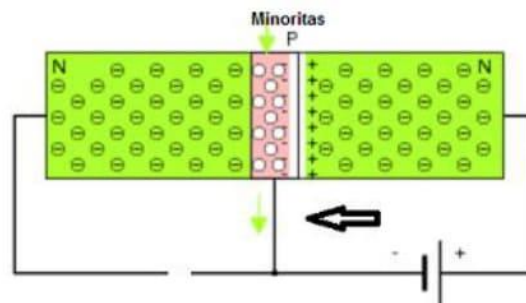
Untuk memberi gambaran bagaimana suatu transistor bekerja, pada gambar 5.22 diperlihatkan operasi dasar sederhana transistor jenis NPN.



(a)

BAB V

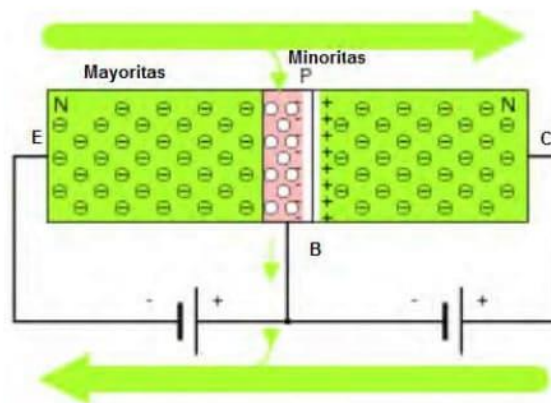
ELEMEN AKTIF



(b)

Gambar 5.22 Operasi Dasar Transistor

Pada gambar 5.22 (a) diperlihatkan bias basis dan emitor tidak tersambung, sehingga dalam keadaan ini yang bekerja hanya basis dan kolektor saja dalam hubungan arah maju. Dalam kondisi ini daerah deplesi akan menyempit sehingga muatan mayoritas hole dari N akan mengalir menuju lapisan P dengan deras. Gambar 5.22 (b) memperlihatkan basis dan kolektor diberi bias mundur dan dalam kondisi ini daerah deplesi akan melebar sehingga yang mengalir hanya muatan minoritas dari P menuju N. Jika sekarang kedua potensial secara bersama dipasang seperti gambar 5.23, maka akan tampak kedua aliran mayoritas dan minoritasnya.



Gambar 5.23 Aliran Mayoritas dan Minoritas

BAB V

ELEMEN AKTIF

Pada gambar terlihat sejumlah besar muatan mayoritas menyebrang dari N menuju P sebagai arus basis (I_B) dan juga langsung menuju N (kolektor) sebagai arus kolektor (I_C). Karena potensial kolektor lebih negatif dibandingkan dengan basis, maka muatan mayoritas ini sebagian besar akan menuju lapisan N (kolektor) sedangkan sisanya akan menuju ke basis.

5.2.6 KONFIGURASI PENGUAT TRANSISTOR

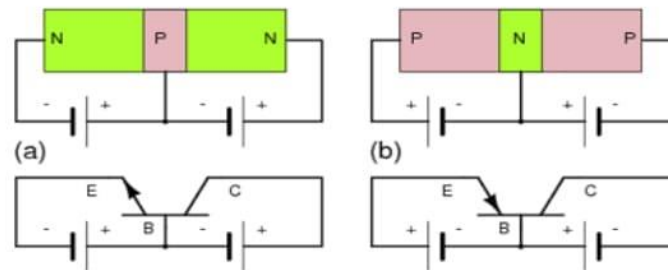
Transistor adalah piranti aktif, dimana output-nya adalah merupakan hasil perubahan dari input-nya. Dengan membandingkan antara output dengan input-nya, maka akan diperoleh faktor penguatan (*amplification*). Dengan demikian, maka transistor ini dibuat atau dipersiapkan sebagai piranti penguat. Sebagai piranti elektronik, transistor mempunyai tiga elektroda yang tersusun sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai sebuah penguat. Ada tiga sistem sambungan (konfigurasi) dari penguat transistor, yaitu konfigurasi (1) Basis Bersama (*Common Base*), (2) Emiter Bersama (*Common Emitter*) dan (3) Kolektor Bersama (*Common Collector*).

1. KONFIGURASI BASIS BERSAMA

Rangkaian pada gambar 5.24 memperlihatkan rangkaian konfigurasi Basis Bersama (CB) dengan potensial UEB dan UCB untuk kedua jenis transistor NPN dan PNP. Untuk jenis PNP, *emitter* positif terhadap basis sedangkan kolektornya negatif. Sedangkan untuk jenis NPN sebaliknya *emitter* negatif terhadap basis dan kolektornya positif.

BAB V

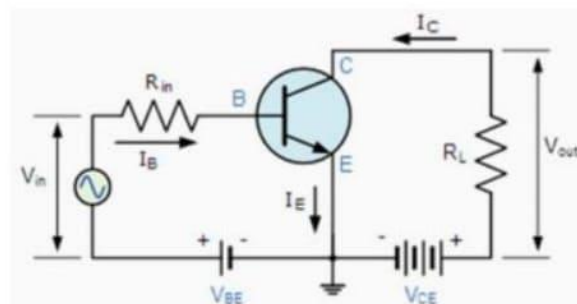
ELEMEN AKTIF



Gambar 5.24 Konfigurasi Basis Bersama

2. KONFIGURASI EMITTER BERSAMA

Konfigurasi emitter bersama (CE) sambungannya diperlihatkan pada gambar 5.25 tampak bahwa *emitter* digandeng bersama baik dengan kolektor maupun basisnya.



Gambar 5.25 Karakteristik Output Emitter Bersama

Perbandingan arus kolektor dengan arus basis dengan tegangan *kolektor-emitter* konstan disebutkan sebagai faktor penguatan arus maju *emitter* bersama disimbolkan dengan huruf Yunani β (*betha*). Hubungan faktor penguatan α dengan β dituliskan sebagai berikut:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

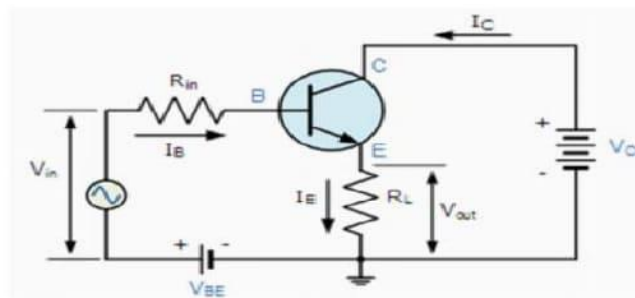
atau

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

BAB V

ELEMEN AKTIF

Konfigurasi kolektor bersama (CC) sambungannya diperlihatkan seperti gambar 5.26. Konfigurasi ini sering digunakan sebagai penyama-impedansi (*matching impedance*), dimana dengan impedansi input tinggi dan output-nya rendah.



Gambar 5.26 Konfigurasi Kolektor Bersama (CC)

5.3 KAPASITOR

Kapasitor adalah salah satu jenis komponen elektronika yang memiliki kemampuan dapat menyimpan muatan arus listrik di dalam medan listrik selama batas waktu tertentu dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan arus listrik tersebut. Kapasitor juga memiliki sebutan lain, yakni kondensator.

Kapasitor atau kondensator ini termasuk salah satu jenis komponen pasif. Komponen yang satu ini ditemukan pertama kali oleh seorang ilmuwan bernama Michael Faraday yang lahir pada tahun 1791. Karena itu satuan yang digunakan untuk kapasitor adalah Farad (F) yang diambil dari nama ilmuwan tersebut.

Sekedar informasi saja bahwa 1 Farad sama dengan $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$. Seperti yang telah kami katakan tadi bahwa kapasitor punya nama lain kondensator. Kata “kondensator” sendiri pertama kali disebut oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Italia bernama Alessandro Volta pada tahun 1782.

BAB V

ELEMEN AKTIF

Saat kapasitor sudah terisi penuh dengan arus listrik, maka kapasitor tersebut akan mengeluarkan muatannya, dan kembali mengisinya lagi seperti awal. Proses tersebut berlangsung terus-menerus dan begitu seterusnya. Pada umumnya kapasitor terbuat dari bahan dua buah lempengan logam yang dipisahkan oleh bahan dielektrik.

Karena ada bahan dielektrik atau non konduktor, maka muatan positif tidak akan bisa menuju ke muatan negatif, dan sebaliknya muatan negatif juga tidak akan bisa menuju ke muatan positif. Muatan elektrik tersebut akan tersimpan selama tidak ada konduksi pada bagian ujung-ujung kaki kapasitor.

5.3.1 FUNGSI KAPASITOR

- Untuk menyimpan arus dan tegangan listrik sementara waktu;
- Sebagai penyaring atau filter dalam sebuah rangkaian elektronika seperti power supply atau adaptor;
- Untuk menghilangkan bouncing (percikan api) apabila dipasang pada saklar;
- Sebagai isolator atau penahan arus listrik untuk arus DC atau searah;
- Sebagai konduktor atau menghantarkan arus listrik untuk arus AC atau bolak-balik;
- Untuk meratakan gelombang tegangan DC pada rangkaian pengubah tegangan AC ke DC (adaptor);
- Sebagai oscilator atau pembangkit gelombang AC (bolak-balik);

5.3.2 BENTUK KAPASITOR

Bentuk kapasitor adalah dua buah lempengan logam yang saling sejajar dan diantara dua lempengan tersebut terdapat bahan isolator yang disebut dengan **dielektrik**. Dielektrik ini adalah bahan yang bisa

BAB V

ELEMEN AKTIF

mempengaruhi nilai kapasistansi kapasitor. Bahan dielektrik pun bermacam-macam, bisa terbuat dari mika, film, kertas, udara, gelas, vakum, keramik, dan sebagainya.



Gambar 5.27 Bentuk Fisik Kapasitor

5.3.3 JENIS KAPASITOR

Seperti halnya hambatan, kapasitor dapat dibagi menjadi:

1. KAPASITOR TETAP

Kapasitor tetap merupakan kapasitor yang mempunyai nilai kapasitas yang tetap.



Gambar 5.28 Simbol Kapasitor Tetap

Pada umumnya kapasitor yang terbuat dari bahan mika, gelas, dan film nilainya kurang dari 1 mikrofara (1 μ F). Satuan kapasitor adalah Farad, dimana 1 farad = 10³ mF = 10⁶ μ F = 10⁹ nF = 10¹² pF. Untuk mengetahui besarnya nilai kapasitas atau kapasitansi pada kapasitor dapat dibaca melalui kode angka pada badan kapasitor tersebut yang terdiri dari 3 angka. Angka pertama dan kedua

BAB V

ELEMEN AKTIF

menunjukkan angka atau nilai, angka ketiga menunjukkan faktor pengali atau jumlah nol, dan satuan yang digunakan ialah pikofarad (pF).

Contoh: Pada badan kapasitor tertulis angka 103 artinya nilai kapasitas dari kapasitor tersebut adalah $10 \times 10^3 \text{ pF} = 10 \times 1000 \text{ pF} = 10 \text{ nF} = 0,01 \text{ }\mu\text{F}$. 154. $15 \times 10^4 \text{ pf} = 15 \times 10000 \text{ pf} = 150 \text{ nF} = 0,15 \text{ }\mu\text{F}$

Kapasitor tetap yang memiliki nilai lebih dari atau sama dengan $1 \text{ }\mu\text{F}$ adalah kapasitor elektrolit (elco). Kapasitor ini memiliki polaritas (memiliki kutub positif dan kutub negatif) dan biasa disebutkan tegangan kerjanya. Misalnya: $100 \text{ }\mu\text{F}$ 16 V artinya elco memiliki kapasitas $100 \text{ }\mu\text{F}$ dan tegangan kerjanya tidak boleh melebihi 16 volt.

2. KAPASITOR TIDAK TETAP

Kapasitor tidak tetap adalah kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi atau kapasitas yang dapat diubah-ubah. Kapasitor ini terdiri dari:

a. KAPASITOR TRIMER

Kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat diubah-ubah dengan cara memutar porosnya dengan obeng.



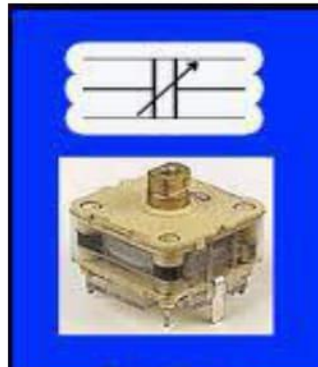
Gambar 5.29 Kapasitor Trimer

b. VARIABEL CAPASITOR (VARCO)

Kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat diubah-ubah dengan memutar poros yang tersedia. Bentuk menyerupai potensiometer.

BAB V

ELEMEN AKTIF



Gambar 5.30 Variabel Kapasitor

5.3.4 CARA KERJA KAPASITOR

Kapasitor bekerja dalam suatu rangkaian elektronika dengan cara mengalirkan elektron menuju ke kapasitor. Setelah kapasitor sudah dipenuhi dengan elektron, tegangan akan mengalami perubahan. Lalu, elektron yang tadinya ada dalam kapasitor akan keluar dan mengalir menuju rangkaian atau komponen yang membutuhkannya.

5.4 *THYRISTOR*

Thyristor berasal dari bahasa Yunani yang berarti pintu. Dinamakan demikian barangkali karena sifat dari komponen ini yang mirip dengan pintu yang dapat dibuka dan ditutup untuk melewatkan arus listrik. Ada beberapa komponen yang termasuk *thyristor* antara lain PUT (*Programmable Uni-Junction Transistor*), UJT (*Uni Junction Transistor*), GTO (*Gate Turn Off Switch*), photo SCR dan sebagainya. Namun pada kesempatan ini, yang akan kemukakan adalah komponen-komponen thyristor yang dikenal dengan sebutan SCR (*Silicon Controlled Rectifier*), TRIAC dan DIAC. Di bawah ini adalah beberapa contoh yang memerlukan pengaturan daya, seperti: Motor-motor listrik yang mengatur kecepatan dari alat-alat, seperti: bor, mesin jahit,

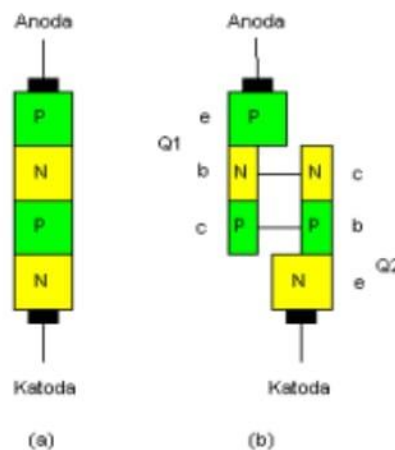
BAB V

ELEMEN AKTIF

pengaduk makanan, kipas angin dan pompa. Elemen-elemen pemanas yang mengatur suhu dari alat / barang seperti: elemen kompor listrik, pematrian besi dll. Pengontrol lampu digunakan untuk penerangan domestik, penerangan teater, lampu kilat disko, dan tujuan-tujuan penerangan lain.

5.4.1 STRUKTUR *THYRISTOR*

Ciri-ciri utama dari sebuah thyristor adalah komponen yang terbuat dari bahan *semi conductor silicon*. Walaupun bahannya sama, tetapi struktur *P-N junction* yang dimilikinya lebih kompleks dibanding transistor bipolar atau MOS. Komponen *thyristor* lebih digunakan sebagai saklar (*switch*) ketimbang sebagai penguat arus atau tegangan seperti halnya transistor.



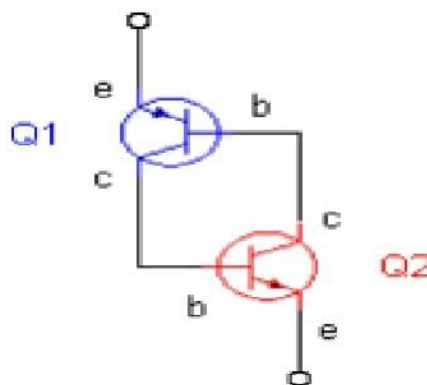
Gambar 5.31 Struktur *Thyristor*

Struktur dasar *thyristor* adalah struktur 4 layer PNPN seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.31 (a). Jika dipilah, struktur ini dapat dilihat sebagai dua buah struktur *junction* PNP dan NPN yang tersambung di tengah seperti pada gambar 5.31 (b). Ini tidak lain adalah dua buah

BAB V

ELEMEN AKTIF

transistor PNP dan NPN yang tersambung pada masing-masing kolektor dan *base*. Jika divisualisasikan sebagai transistor Q1 dan Q2, maka struktur *thyristor* ini dapat diperlihatkan seperti pada gambar 5.32 yang berikut ini.



Gambar 5.32 Visualisasi dengan Transistor

Terlihat di sini kolektor transistor Q1 tersambung pada *base* transistor Q2 dan sebaliknya kolektor transistor Q2 tersambung pada *base* transistor Q1. Rangkaian transistor yang demikian menunjukkan adanya loop penguatan arus di bagian tengah. Dimana diketahui bahwa $I_c = \beta I_b$, yaitu arus kolektor adalah penguatan dari arus base. Jika misalnya ada arus sebesar I_b yang mengalir pada base transistor Q2, maka akan ada arus I_c yang mengalir pada kolektor Q2. Arus kolektor ini merupakan arus base I_b pada transistor Q1, sehingga akan muncul penguatan pada arus kolektor transistor Q1. Arus kolektor transistor Q1 tidak lain adalah arus *base* bagi transistor Q2. Demikian seterusnya sehingga makin lama sambungan PN dari *thyristor* ini di bagian tengah akan mengecil dan hilang. Tertinggal hanyalah lapisan P dan N dibagian luar. Jika keadaan ini tercapai, maka struktur yang demikian tidak lain adalah struktur dioda PN (anoda-katoda) yang sudah dikenal. Pada saat yang demikian, disebut bahwa *thyristor* dalam

BAB V

ELEMEN AKTIF

keadaan ON dan dapat mengalirkan arus dari anoda menuju katoda seperti layaknya sebuah dioda.

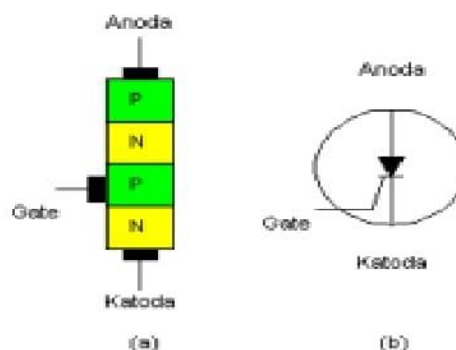
5.5 SCR (*SILICON CONTROL RECTIFIER*)

Berikut adalah bentuk fisik dari SCR:



Gambar 5.33 Bentuk Fisik SCR

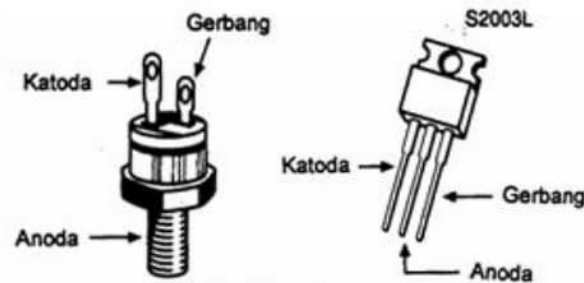
Untuk membuat *thyristor* menjadi ON adalah dengan memberi arus *trigger* lapisan P yang dekat dengan katoda. Yaitu dengan membuat kaki gate pada *thyristor* PNPN seperti pada gambar 5.34 (a). Karena letaknya yang dekat dengan katoda, bisa juga pin gate ini disebut pin gate katoda (*cathode gate*). Beginilah SCR dibuat dan simbol SCR digambarkan seperti gambar 5.34 (b). SCR dalam banyak literatur disebut *Thyristor* saja.



Gambar 5.34 Struktur SCR

BAB V

ELEMEN AKTIF



Gambar 5.35 Kaki (pin) SCR

Melalui kaki (*pin*) *gate* tersebut memungkinkan komponen ini di *trigger* menjadi ON, yaitu dengan memberi arus *gate*. Ternyata dengan memberi arus *gate* yang semakin besar dapat menurunkan tegangan *breakover* (V_{bo}) sebuah SCR. Dimana tegangan ini adalah tegangan minimum yang diperlukan SCR untuk menjadi ON. Sampai pada suatu besar arus *gate* tertentu, ternyata akan sangat mudah membuat SCR menjadi ON. Bahkan dengan tegangan *forward* yang kecil sekalipun. Misalnya 1 volt saja atau lebih kecil lagi.

5.5.1 SCR SEBAGAI SAKLAR STATIS

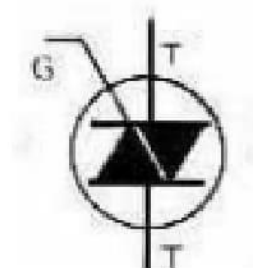
SCR dikarenakan sifatnya dapat digunakan sebagai saklar statis dengan kondisi ganda dan kerjanya mirip bagai suatu saklar atau suatu relay. Rangkaian saklar statis dapat dibagi menjadi dua katagori, yaitu rangkaian saklar ac dan rangkaian saklar dc. Rangkaian saklar ac, bekerja dengan sumber bolak-balik dan perioda (potensial) balik akan mengakibatkan kondisi SCR off. Frekuensi operasi maksimum suatu SCR dibatasi sekitar 30 kHz. Rangkaian saklar dc, bekerja dengan sumber searah (atau penyearah ac); kondisi off terjadi oleh salah satu metode komutasi.

BAB V

ELEMEN AKTIF

5.6 TRIAC

Boleh dikatakan SCR adalah thyristor yang uni-directional, karena ketika ON hanya bisa melewatkan arus satu arah saja yaitu dari anoda menuju katoda. Struktur TRIAC sebenarnya adalah sama dengan dua buah SCR yang arahnya bolak-balik dan kedua gate-nya disatukan. Simbol TRIAC ditunjukkan pada gambar 5.36. TRIAC biasa juga disebut *thyristor bi-directional* artinya ketika ON bisa melewatkan dua arah yaitu anoda menuju katoda atau dari katoda menuju anoda. Lambang TRIAC di dalam skema elektronika, memiliki tiga kaki, dua diantaranya terminal MT1 (T1) dan MT2 (T2) dan lainnya terminal *Gate* (G).



Gambar 5.36 Struktur dalam pada TRIAC



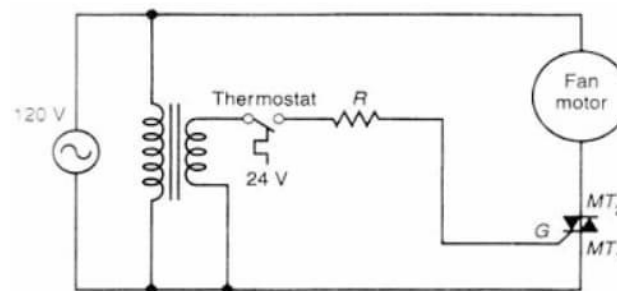
Gambar 5.37 Macam-Macam TRIAC

TRIAC bekerja mirip seperti SCR yang paralel bolak-balik, sehingga dapat melewatkan arus dua arah/Bolak-balik (AC). Pada data *sheet* akan lebih detail diberikan besar parameter-parameter seperti V_{bo} dan $-V_{bo}$, lalu I_{GT} dan $-I_{GT}$,

BAB V

ELEMEN AKTIF

Ih serta $-I_h$ dan sebagainya. Umumnya besar parameter ini simetris antara yang *plus* dan *minus*. Dalam perhitungan desain, bisa dianggap parameter ini simetris sehingga lebih mudah dihitung.



Gambar 5.38 Aplikasi Triac pada Rangkaian Penghubung Arus pada Motor

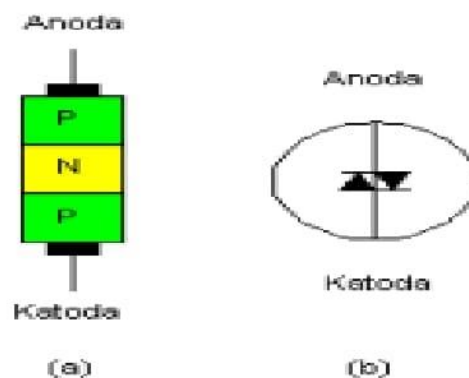
Satu aplikasi umum dari triac adalah penghubungan arus ac pada motor AC. Rangkaian penghubungan motor triac pada gambar 5.38, menggambarkan kemampuan triac untuk mengontrol jumlah arus beban yang besar dengan jumlah arus gerbang yang kecil. Aplikasi ini akan bekerja seperti *relay solid-state*. Transformator penurun tegangan 24 V digunakan untuk mengurangi tegangan pada rangkaian thermostat. Tahanan membatasi jumlah aliran arus pada rangkaian gerbang MTI ketika thermostat terhubung kontaknya untuk mengaktifkan triac dan motor bekerja (ON). Ukuran kerja arus maksimum dari kontak thermostat jauh lebih rendah dibandingkan dengan arus kerja triac dan motor. Jika thermostat yang sama dihubungkan seri dengan motor untuk mengoperasikan motor secara langsung, kontak akan diputuskan dengan aliran arus yang lebih besar.

BAB V

ELEMEN AKTIF

5.7 DIAC

Kalau dilihat strukturnya seperti gambar 5.39 (a), DIAC bukanlah termasuk keluarga *thyristor*, namun prinsip kerjanya membuat ia digolongkan sebagai *thyristor*. DIAC dibuat dengan struktur PNP mirip seperti transistor. Lapisan N pada transistor dibuat sangat tipis sehingga elektron dengan mudah dapat menyeberang menembus lapisan ini. Sedangkan pada DIAC, lapisan N di buat cukup tebal sehingga elektron cukup sukar untuk menembusnya. Struktur DIAC yang demikian dapat juga dipandang sebagai dua buah dioda PN dan NP, sehingga dalam beberapa literatur DIAC digolongkan sebagai dioda.



Gambar 5.39 Struktur dan simbol DIAC

Hanya dengan tegangan *breakdown* tertentu barulah DIAC dapat menghantarkan arus. Arus yang dihantarkan tentu saja bisa bolak-balik dari anoda menuju katoda dan sebaliknya. Kurva karakteristik DIAC sama seperti TRIAC, tetapi yang hanya perlu diketahui adalah berapa tegangan *breakdown*-nya.

Simbol dari DIAC adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.39 (b). DIAC umumnya dipakai sebagai pemicu TRIAC agar ON pada tegangan input tertentu yang relatif tinggi.

BAB V

ELEMEN AKTIF

5.8 LATIHAN SOAL

1. Jelaskan pengertian dan jenis-jenis dari dioda!
2. Gambarkan simbol dari transistor jenis PNP dan transistor jenis NPN!
3. Apa saja fungsi kapasitor?
4. Jelaskan apa itu thyristor!
5. Gambarkan simbol dari TRIAC dan DIAC!



BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 6, peserta didik diharapkan:

1. Mampu memahami arus, tegangan, dan energi listrik;
2. Mampu memahami daya listrik;
3. Mampu menghitung pemakaian energi listrik di rumah;
4. Mampu memahami perubahan energi listrik;
5. Mampu menyebutkan alat yang memanfaatkan energi listrik untuk diubah ke energi lain;

b. Uraian Materi

6.1 ARUS, TEGANGAN, DAN ENERGI LISTRIK

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu. Muatan listrik bisa mengalir melalui kabel atau penghantar listrik lainnya. Arah arus listrik yang mengalir dalam suatu konduktor adalah dari potensial tinggi ke potensial rendah (berlawanan arah dengan gerak elektron). Tegangan listrik (kadang disebut sebagai Voltase) adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Tergantung pada perbedaan potensial listriknya, suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai ekstra rendah, rendah, tinggi atau ekstra tinggi. Energi Listrik adalah energi akhir yang dibutuhkan bagi peralatan listrik untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi yang dihasilkan ini dapat berasal dari berbagai sumber misalnya, air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari dan

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

lainnya. Energi ini besarnya dari beberapa volt sampai ribuan hingga jutaan volt. Di rumah, mungkin kamu atau adikmu memiliki mainan berupa mobil-mobilan atau kereta api yang digerakkan oleh baterai. Baterai yang dapat menggerakkan mainan ini menunjukkan kepada kita bahwa ada proses perubahan energi jika mobil-mobilan itu kamu nyalakan. Di dalam baterai terdapat zat-zat kimia. Artinya, di dalam baterai terdapat energi kimia. Energi kimia ini berubah menjadi energi listrik dan energi listrik mampu menggerakkan mobil-mobilan. Artinya energi listrik yang dihasilkan baterai berubah menjadi energi gerak. Jika sebuah sumber tegangan melakukan usaha dengan mengalirkan arus listrik, maka sumber tegangan itu akan melepaskan energi. Besarnya energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Jika beda potensial ditulis V , kuat arus I , dan waktunya t maka energi yang dilepaskan oleh alat dan diubah menjadi energi kalor W adalah:

$$W = V \times I \times t$$

Dengan:

V = Beda potensial (volt)

I = Kuat arus (ampere)

T = Waktu (sekon)

W = Energi yang dilepaskan sumber tegangan (joule)

Persamaan diatas juga dapat diturunkan secara matematis. Kamu pasti masih ingat pada pelajaran tentang listrik statis. Untuk memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat lain diperlukan energi. Besarnya energi ini dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$W = Q \times V$$

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

Dengan:

W = Energi (joule)

Q = Besar muatan yang dipindahkan (coulomb)

V = Beda potensial (V)

Karena $I = \frac{Q}{t}$ sehingga $Q = Ixt$

Menurut hukum Ohm:

$$V = IxR$$

Dengan demikian, persamaan $W = VxIxt$ dapat diubah menjadi:

$$W = (IR)It$$

Atau

$$W = I^2xRxt$$

6.2 DAYA LISTRIK

Daya listrik adalah besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam 1 sekon. Jika dalam waktu t sekon sumber tegangan telah melakukan usaha sebesar W , maka daya alat tersebut adalah:

$$P = \frac{W}{t}$$

Dengan,

W = usaha (joule)

t = waktu (sekon)

P = daya (joule/sekon) atau watt

1 joule/sekon = 1 watt atau

1 J/s = 1 W

Karena $W = VxIxt$, maka:

$$P = \frac{VIt}{t}$$

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

Atau

$$P = VI$$

Dengan,

V = beda potensial (volt)

I = kuat arus yang mengalir (ampere)

P = daya alat (watt)

Kelipatan satuan watt antar lain : miliwatt (mW), kilowatt (kW), atau megawatt (MW).

$$1 \text{ miliwatt} = 1 \text{ mW} = 0,001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ kilowatt} = 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ megawatt} = 1 \text{ MW} = 1000000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$$

Menurut hukum Ohm: $V = IR$, sehingga:

$$P = I^2 R$$

Karena $I = \frac{V}{R}$, maka:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Ketika elektron bergerak dari suatu ujung bermuatan negatif ke ujung bermuatan positif pada suatu konduktor, berarti telah dilakukan suatu usaha listrik. Daya listrik merupakan laju dari electron mengerjakan suatu usaha listrik. Ini berarti, daya listrik merupakan kapasitas di mana suatu usaha listrik digunakan. Daya listrik diukur dalam satuan watt (W) atau kilowatt (kW). Di mana daya listrik sebesar satu watt listrik diperlukan untuk menyalurkan arus sebesar satu amper pada tekanan listrik sebesar satu volt. Atau secara matematik pesrsamannya dapat dituliskan sebagai berikut :

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

Daya Listrik = Tegangan Listrik x Arus Listrik

Daya dikatakan sebagai rata-rata kerja yang dilakukan per satuan waktu. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \times \frac{dq}{dt} = v \times i$$

Pada rangkaian arus bolak-balik, tegangan dan arus tidak sefasa. Maka untuk memperoleh daya listrik yang benar (daya aktif) dalam suatu rangkaian arus bolak-balik, perkalian tegangan dan arus masih harus dikalikan dengan nilai factor daya. Di mana faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif (diukur dengan wattmeter) dan perkalian antara tegangan dan arus. Lazimnya factor daya dinyatakan dalam prosentase. Secara matematik, factor daya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Faktor daya} = \text{Daya} \frac{\text{aktif}}{\text{Tegangan} \times \text{Arus}} \times 100\%$$

Pada rangkaian arus searah, perkalian antara tegangan dan arus memberikan nilai daya listrik yang diperlukan oleh rangkaian tersebut, di mana factor daya tidak diperlukan dalam rangkaian ini.

Dunia industri menggunakan satuan watt untuk peralatan yang mengkonsumsi listrik dalam jumlah kecil. Contoh peralatan listrik yang menggunakan satuan watt adalah seterika listrik, rice cooker, dan hair dryer. Peralatan refrigerasi dan tata udara lazimnya menggunakan satuan horsepower (hp) dan british thermal unit (Btu). Di mana 1 hp = 746 watt, dan 1 watt = 3,41 Btu/hour.

$$1 \text{ Hp} = 746 \text{ watt}$$

$$1 \text{ watt} = 3,41 \text{ Btu/hour}$$

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

Konversi lazim digunakan di industri refrigerasi dan tata udara untuk menghitung kapasitas suatu pemanas listrik dalam Btu/hour, bila yang diketahui nilai daya listrik dalam satuan watt. Konversi dari satuan watt ke satuan Hp juga kadang-kadang diperlukan.

6.3 PENGHITUNGAN PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK DI RUMAH

Meteran yang dipakai sebagai pengukur energi yang dipakai dirumah, diukur dengan satuan kilowatt-hour (disingkat kWh). Angka yang ditunjukkan oleh meteran inilah yang dipakai sebagai dasar pembayaran rekening listrik dirumah.

Karena satuan daya P adalah watt dan satuan waktu t adalah sekon, maka satuan usaha atau energi adalah watt-sekon atau Ws . Satuan ini dianggap terlalu kecil dalam pengukuran pemakaian listrik sehari-hari. Untuk itu, perlu ditentukan satuan yang lebih besar yaitu watt-jam atau watt hour atau Wh .

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Ws}$$

Meteran dirumahmu memakai satuan kilowatt-jam atau kilowatt-hour (kWh).

$$1 \text{ kWh} = 1000 \times 3600 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ joule}$$

Cobalah periksa kartu rekening pembayaran listrik di rumah. Di sana akan terdapat kolom yang menunjukkan posisi meteran bulan yang lalu, dan posisi meteran bulan ini. Misalnya posisi meteran bulan lalu 55.341 kWh dan posisi meteran bulan ini 55.439 kWh. Berarti selama sebulan keluargamu telah memakai energi listrik sebesar $55.439 - 55.341 = 98 \text{ kWh}$.

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

6.4 PERHITUNGAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK

Dalam beberapa kasus diperlukan menghitung kebutuhan daya suatu peralatan listrik untuk memastikan besaran konsumsi energi listrik yang digunakan oleh suatu peralatan listrik. Untuk keperluan praktis, lazimnya daya listrik dikodekan dengan huruf besar P.

Berikut ini diberikan tiga contoh menghitung daya listrik pada suatu rangkaian listrik.

Contoh 1:

Berapa nilai konsumsi daya listrik pada suatu rangkaian listrik yang menggunakan arus listrik sebesar 15 ampere dan tegangan 220 volt?

Jawab:

$$P = I \times U$$

$$P = 15 \times 220 = 3300 \text{ watt}$$

Contoh 2

Tentukan konsumsi arus yang digunakan oleh sebuah elemen pemanas listrik 1000 watt (1 kW) dan tegangan 220 volt.

Jawab:

$$I = P / U$$

$$I = 1000 / 220 = 4,54 \text{ ampere}$$

Contoh 3

Tentukan konsumsi daya yang digunakan oleh sebuah elemen pemanas listrik yang memiliki resistansi 100 ohm dan menarik arus listrik 4 ampere.

Jawab:

$$P = I^2 \times R$$

$$P = 4^2 \times 100 = 1600 \text{ watt}$$

BAB VI

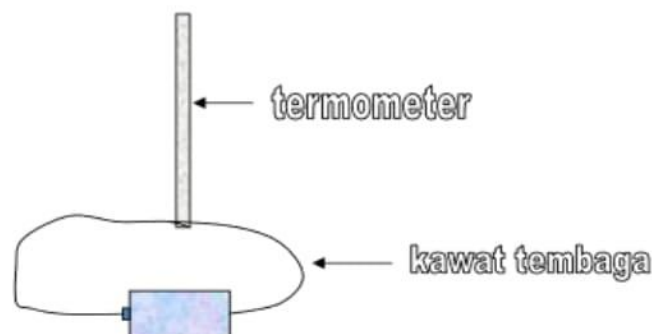
DAYA DAN ENERGI LISTRIK

6.5 PERUBAHAN ENERGI LISTRIK

6.5.1 ENERGI LISTRIK MENJADI ENERGI KALOR

Perubahan energi listrik menjadi energi kalor:

1. Lilitkan seutas kawat halus dari tembaga pada tandon termometer,
2. Hubungkan ujung-ujung kawat tersebut pada kutub-kutub sumber tegangan, misalnya batu baterai,
3. Perhatikan permukaan zat cair pada termometer,
4. Lihatlah apa yang terjadi.



Gambar 6.1 Peragaan Perubahan Energi Listrik ke Kalor

Kegiatan diatas membuktikan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi kalor. Pada saat arus mengalir, permukaan zat cair dalam termometer naik. Hal ini terjadi akibat arus yang mengalir melalui kawat halus mengakibatkan kawat halus menjadi panas. Oleh karena itu, suhu zat cair dalam termometer naik sehingga permukaan zat cair pada termometer juga naik.

6.5.2 PERUBAHAN ENERGI LISTRIK MENJADI ENERGI KIMIA

Berikut ini syarat-syarat penyepuhan yang harus dipenuhi:

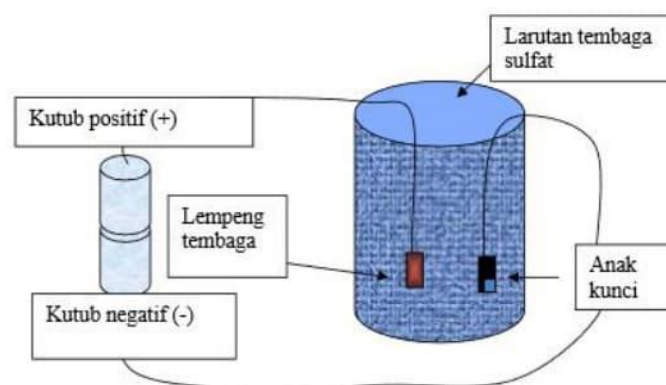
1. Menggunakan arus listrik searah
2. Bahan yang disepuh dipasang sebagai katode (kutub negatif) dan bahan penyepuh dipasang sebagai anode (kutub positif)

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

3. Menggunakan larutan elektrolit (larutan yang dapat mengalirkan arus listrik) yang tepat. Pemyepuhan perak menggunakan perak nitrat (AgNO_3), larutan asam khromat (H_2CrO_4), dan larutan tembaga sulfat/terusi (CuSO_4).

Untuk memahami tentang penyepuhan lakukanlah kegiatan penyepuhan ini.



Gambar 6.2 Peragaan Perubahan Energi Listrik ke Kimia

Setelah arus mengalir, lama kelamaan lempeng tembaga akan habis dan anak kunci akan makin tebal. Anak kunci sekarang sudah terlapisi oleh tembaga. Larutan tembaga sulfat/terusi (CuSO_4), jika dialiri arus listrik akan terurai menjadi unsur-unsur penyusunnya yaitu ion-ion positif Cu^{2+} dan ion negatif SO_4^{2-} . Persamaan reaksinya menjadi:



Bila arus dialirkan lewat larutan, maka akan terdapat beda potensial antara lempeng tembaga dan anak kunci. Lempeng tembaga memiliki potensial lebih tinggi dibandingkan dengan anak kunci. Ion-ion positif Cu^{2+} akan bergerak menuju kutub negatif anak kunci. Ion ini akan menerima 2 elektron menjadi netral dan menempel pada anak kunci. Sementara ion-ion negatif SO_4^{2-} akan menuju ke anode (lempeng tembaga) dan mengikat ion

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

Cu^{2+} kembali ke larutan dan terurai lagi. Peristiwa ini akan berlangsung terus sampai lempeng tembaga habis.

6.6 ALAT YANG MENGUBAH ENERGI LISTRIK MENJADI ENERGI LAIN

6.6.1 SETRIKA LISTRIK

Bagian utama dari setrika listrik adalah elemen pemanas. Elemen pemanas pada setrika ini biasanya terbuat dari suatu bahan yang mempunyai hambatan jenis besar, misalnya dari bahan nikelin, konstantan atau nikrom. Elemen ini berupa kawat kecil panjang yang dililitkan pada suatu isolator yang tahan panas (misalnya mika). Lilitan ini kemudian ditutup lagi seluruhnya dengan bahan isolator tahan panas. Penutupan ini dimaksudkan agar elemen pemanas tersekat dari bagian-bagian lain pada alat pemanas tersebut. Dengan demikian, bahaya tersengat arus listrik bagi pemakainya dapat dihindari.

6.6.2 LAMPU PIJAR

Orang sering menyebut Thomas Alva Edison (1847-1931) sebagai orang pertama yang menemukan lampu pijar. Kabarnya, memang pada waktu yang hampir bersamaan ada orang lain yang juga menemukan lampu pijar ini. Lampu yang diciptakan oleh Edison masih sangat sederhana. Kawat karbon lembut ditaruh di dalam bola kaca. Jika kawat karbon halus ini dialiri arus listrik, maka kawat ini akan berpijar dan memancarkan cahaya. Namun, lampu pijar ini cepat rusak, karena kawat karbon halus yang dipakai tentu mudah putus. Bagian utama lampu pijar modern berupa sebuah spiral rangkap dari bahan wolfram halus. Bagian ini disebut filamen. Filamen tersebut dipasang dalam sebuah bola kaca yang bertekanan amat rendah dan diisi dengan gas yang dapat menghalangi pembakaran, misalnya argon. Jika arus listrik

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

mengalir melalui filamen, kawat menjadi sangat panas dan berpijar. Suhu filamen dapat mencapai 2700°C . Oleh karena itu, jika kamu memegang bola kaca sebuah lampu pijar yang sedang menyala, maka akan terasa sangat panas. Sebagian energi listrik yang melalui filamen memang diubah menjadi cahaya, namun sebagian lagi energi listrik ini diubah menjadi kalor.

6.6.3 LAMPU TABUNG (TUBE LAMP/TL)

Teknik mengatur tekanan dalam lampu tabung dan memberi zat tertentu pada dinding tabung dapat menghasilkan cahaya putih. Teknik inilah yang dipakai untuk lampu tabung atau lampu neon. Sebuah lampu tabung berupa tabung yang hampir hampa udara berisi gas uap merkuri (raksa). Pada ujung-ujung tabung terdapat elektrode-elektrode. Jika elektrode-elektrode ini diberi beda potensial yang cukup tinggi maka akan terjadi loncatan muatan listrik. Akibatnya, muatan-muatan itu akan menumbuk molekul-molekul gas merkuri. Akibat tumbukan, molekul-molekul gas merkuri akan memancarkan cahaya ultraviolet (ultraungu) yang tidak tampak oleh mata. Cahaya ini akan menumbuk dinding tabung yang sudah dilapisi suatu macam zat yang dapat berpendar sehingga akan memancarkan cahaya putih. Penggunaan lampu dirasa lebih menguntungkan karena hampir semua energi listrik yang digunakan diubah menjadi cahaya. Hanya sedikit energi listrik yang diubah menjadi kalor.

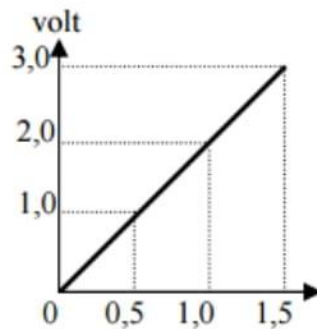
6.7 LATIHAN SOAL

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan arus, tegangan, dan energi listrik!
2. Untuk memindahkan muatan 3 coulomb dari titik A ke B diperlukan usaha sebesar 30 joule. Tentukan beda potensial antara titik A dan B!

BAB VI

DAYA DAN ENERGI LISTRIK

3. Dari hasil suatu percobaan hukum Ohm diperoleh grafik hubungan antara tegangan V dan kuat arus I seperti gambar.



Nilai hambatan yang digunakan dalam percobaan tersebut adalah

4. Terdapat sebuah Laptop yang akan digunakan dan memerlukan tegangan listrik sebesar 220 Volt dan arus listrik sebesar 2.4 Ampere untuk mengaktifkan laptop tersebut. Hitunglah daya listrik yang diperlukannya?
5. Sebuah lampu pijar yang mempunyai tegangan listrik sebesar 12 Volt dan Hambatan sebesar 4 Ohm. Maka hitunglah daya listrik lampu pijar tersebut?
6. Berapa nilai konsumsi daya listrik pada suatu rangkaian listrik yang menggunakan arus listrik sebesar 20 ampere dan tegangan 220 volt?
7. Tentukan konsumsi daya yang digunakan oleh sebuah elemen pemanas listrik yang memiliki resistan 100 ohm dan menarik arus listrik 8 ampere!



BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 7, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menjelaskan apa itu alat ukur dan cara menggunakannya;
2. Mampu memahami terminologi dalam pengukuran listrik;
3. Mampu memahami tentang jenis-jenis alat ukur listrik;
4. Mampu menjelaskan sistem satuan;

b. Uraian Materi

7.1 ALAT UKUR

Pengukuran merupakan suatu aktifitas dan atau tindakan membandingkan suatu besaran yang belum diketahui nilainya atau harganya terhadap besaran lain yang sudah diketahui nilainya, misalnya dengan besaran standart. Pekerjaan membandingkan tersebut tiada lain adalah pekerjaan pengukuran atau mengukur. Sedangkan pembandingnya yang disebut sebagai alat ukur.

Alat ukur adalah suatu peralatan/instrumen yang digunakan untuk menentukan besaran-besaran listrik berdasarkan kaidah-kaidah tertentu. Besaran-besaran listrik tersebut diantaranya adalah besaran arus, tegangan, tahanan, impedansi, frekuensi, daya listrik, kuat cahaya, faktor kerja dan lain-lain.

Sifat dari pengukuran itu dibagi dalam:

- a. *Indication*: Menyatakan, menunjukkan, alat semacam ini tidak tergantung pada waktu;
- b. *Recording*: Mencatat, menyimpan, merekam, alat ini dipergunakan bila pengukuran berubah dengan perubahan waktu;
- c. *Integrating*: Menjumlahkan, alat ini dipakai bila konsumsi energi elektrik selama beberapa waktu waktu diperlukan.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

Pekerjaan mengukur itu pada dasarnya adalah usaha menyatakan sifat sesuatu zat atau benda ke dalam bentuk angka atau harga yang lazim disebut sebagai hasil pengukuran. Pemberian angka-angka tersebut dalam praktek dapat dicapai dengan:

1. Membandingkan dengan alat tertentu yang dianggap sebagai standar.
2. Membandingkan besaran yang akan diukur dengan suatu sekala yang telah ditera atau dikalibrasikan.

Jelas bahwa pengukuran sebagai suatu proses yang hasilnya sangat tergantung dari unsur-unsurnya. Unsur-unsur terpenting dalam proses pengukuran itu antara lain:

- a. Alat yang dipergunakan sebagai pembanding/ penunjuk.
- b. Orang yang melaksanakan pengukuran.

7.1.1 CARA MELAKUKAN PENGUKURAN

Kalau ada salah satu unsur yang tidak memenuhi syarat, maka hasilnya tidak mungkin baik. Penjelasan di atas merupakan pengertian pengukuran yang ditinjau secara umum. Pengukuran listrik mempunyai tujuan yang lebih luas lagi, yaitu: untuk mengetahui, menilai dan atau menguji besaran listrik. Alat yang dipergunakan sebagai pembanding/ penunjuk disebut instrumen pengukur. Instrumen ini berfungsi sebagai penunjuk nilai besaran Listrik yang diukurnya. Banyak sekali macam jenis pengukuran ini sesuai dengan banyak besaran yang akan diukur. Hasil pengukuran pada umumnya merupakan penunjukkan yang langsung dapat dibaca/ diketahui, ada yang dengan sistim tercatat dan ada yang tidak. Dari hasil penunjukkan ini selanjutnya dapat dianalisa atau dibuat data untuk suatu bahan studi/ analisa lebih lanjut. Oleh sebab itu hasil pengukuran diharapkan mencapai hasil yang optimal.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

7.1.2 MACAM-MACAM ALAT UKUR ELEKTRIK

Macam-macam alat ukur elektrik itu dapat dikelompokkan berdasarkan pada:

1. Kuantitas yang diukur:
 - a. Untuk mengukur besaran arus dipakai ampere meter
 - b. Untuk mengukur besaran tegangan dipakai volt meter
 - c. Untuk mengukur besaran resistansi dipakai ohm meter atau jembatan resistansi
 - d. Untuk mengukur besaran daya dipakai watt meter
 - e. Untuk mengukur besaran energi dipakai watt jam meter
 - f. Untuk mengukur besaran frekuensi dipakai frekuensi meter
 - g. Untuk mengukur besaran faktor kerja dipakai $\cos \phi$ meter
2. Macamnya arus: Alat-alat dibagi dalam alat ukur arus searah, alat ukur arus bolak-balik, alat ukur arus searah/ arus bolak-balik.
3. Ketelitian: Batas ketelitian dari alat ukur berdasar pengelompokkannya dibagi menurut VDE dalam 7 kelas: (dinyatakan dalam % dari skala penuh)
 - a. Ketelitian yang tinggi yang diperlukan untuk penelitian, yaitu kelas : 0,1; 0,2; 0,5.
 - b. Alat ukur untuk industri : 1; 1,5; 2,5; 5.

7.2 TERMINOLOGI DALAM PENGUKURAN LISTRIK

Pengukuran adalah proses untuk mendapatkan informasi besaran fisis tertentu, seperti tegangan (V), arus listrik (I), hambatan (R), konduktivitas (ρ), dan lainnya. Data yang diperoleh dapat berupa nilai dalam bentuk angka (kuantitatif) maupun berupa pernyataan yang merupakan sebuah pernyataan atau generalisasi (kualitatif). Informasi yang diperoleh dalam suatu pengukuran disebut data. Sesuai dengan sifat pengukuran maka data

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu : (1) data kuantitatif, dan (2) data kualitatif.

Dalam sistem transmisi tenaga listrik dikenal istilah-istilah sebagai berikut: tegangan tinggi, tegangan ekstra tinggi, dan tegangan ultra tinggi. Pernyataan tentang tegangan tersebut disebut sebagai data kualitatif. Bila informasi yang diperoleh dalam pengukuran berupa nilai/angka maka data itu disebut data kuantitatif, misalnya sebuah pengukuran tegangan diperoleh ($220 \pm 5\%$) volt.

Data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data, dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu: (1) data empiris, dan (2) data terproses. Data empiris diperoleh langsung saat dilakukan pengukuran (apa yang terbaca pada alat ukur). Data empiris sering disebut juga data mentah karena belum diproses lebih lanjut. Nilai tegangan yang terbaca pada voltmeter merupakan data empiris. Data Terproses diperoleh setelah dilakukan pengolahan tertentu, misalnya melalui sebuah perhitungan. Sebagai contoh jika diukur tegangan V dan arus I maka hambatan $R = V/I$ setelah dihitung hasilnya disebut data terproses. Data tipe ini biasanya diperoleh dari proses reduksi data.

Berkaitan dengan data di atas maka setelah data terkumpul dari hasil suatu pengukuran selanjutnya dilakukan proses perhitungan-perhitungan matematik atau dilakukan penyusunan ulang data-data. Proses/prosedur ini disebut reduksi data atau pengolahan data. Alat ukur listrik merupakan peralatan yang diperlukan oleh manusia. Karena besaran listrik seperti: tegangan, arus, daya, frekuensi dan sebagainya tidak dapat secara langsung ditanggapi oleh panca indera. Untuk mengukur besaran listrik tersebut, diperlukan alat pengubah. Atau besaran ditransformasikan kedalam besaran mekanis yang berupa gerak dengan menggunakan alat ukur. Perlu disadari bahwa untuk dapat menggunakan berbagai macam alat ukur listrik

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

perlu pemahanan pengetahuan yang memadai tentang konsep – konsep teoritisnya. Dalam mempelajari pengukuran dikenal beberapa istilah, antara lain:

- a. Instrumen: Adalah alat ukur untuk menentukan nilai atau besaran suatu kuantitas atau variabel.
- b. Ketelitian: Harga terdekat dengan mana suatu pembacaan instrumen mendekati harga sebenarnya dari variabel yang diukur.
- c. Ketepatan: Suatu ukuran kemampuan untuk hasil pengukuran yang serupa
- d. Sensitivitas: Perbandingan antara sinyal keluaran atau respons instrumen terhadap perubahan masukan atau variabel yang diukur.
- e. Resolusi: Perubahan terkecil dalam nilai yang diukur yang mana instrumen akan memberi respon atau tanggapan.
- f. Kesalahan: Penyimpangan variabel yang diukur dari harga (nilai) yang sebenarnya.

Alat ukur listrik dikelompokkan menjadi dua, yaitu: (1) alat ukur standard, dan (2) alat ukur sekunder. Alat ukur standar lazim disebut sebagai alat ukur absolut; merupakan alat ukur yang menunjukkan besaran dari komponen listrik yang diukur dengan batas-batas pada konstanta dan penyimpangan pada alat itu sendiri. Ini menunjukkan bahwa alat tersebut tidak perlu dikalibrasi atau dibandingkan dengan alat ukur lainnya lebih dahulu. Contoh dari alat ukur ini adalah galvanometer. Alat ukur sekunder merupakan alat ukur yang menunjukkan harga besaran listrik yang diukur dan dapat ditentukan hanya dari simpangan alat ukur tersebut. Sebelumnya alat ukur sudah dikalibrasi dengan membandingkan pada alat ukur standar/absolut. Contoh dari alat ukur ini adalah alat ukur listrik yang sering dipergunakan sehari-hari.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

7.2.1 KETELITIAN DAN KETEPATAN (PRESISI)

Ketelitian menyatakan tingkat kesesuaian hasil pengukuran terhadap harga atau nilai yang sebenarnya; sedang ketepatan menyatakan tingkat kesamaan di dalam sekelompok pengukuran atau sejumlah instrumen. Misalkan kita bandingkan dua buah voltmeter dengan model dan dari pabrikan sama. Mestinya kedua voltmeter tersebut dapat dibaca dengan ketepatan yang sama, tetapi dapat pula terjadi ketelitian kedua voltmeter tersebut dapat berbea sama sekali. Hal ini dapat terjadi karena adanya kesalahan sistem dalam salah satu voltmeter tersebut, misalkan berubahnya tahanan seri di dalam salah satu voltmeter tersebut. Untuk menentukan voltmeter mana yang menghasilkan kesalahan ukur, diperlukan perbandingan terhadap voltmeter standar (kalibrasi).

Ketepatan terdiri dari dua karakteristik, yaitu (1) kesesuaian, dan (2) jumlah angka yang berarti dari suatu hasil pengukuran. Kesesuaian adalah suatu persyaratan yang perlu tetapi belum cukup untuk memperoleh ketepatan, misalkan sebuah tahanan 1,384572 mega-ohm diukur dengan ohmmeter secara konsisten dan berulang memberikan hasil pengukuran sebesar 1,4 mega-ohm. Yang menjadi pertanyaan adalah: apakah hasil pengukuran tersebut telah membaca harga yang sebenarnya? Tentu saja belum, karena kita masih perlu membicarakan angkaangka yang berarti dari hasil pengukuran. Angka-angka yang berarti tersebut memberikan informasi yang aktual mengenai kebesaran dan ketepatan pengukuran. Makin banyak angka yang berarti, ketepatan pengukuran menjadi lebih besar.

Sebagai contoh, jika nilai sebuah tahanan adalah 68 ohm, ini berarti bahwa tahanan tersebut akan lebih mendekati 68 ohm daripada 67 ohm atau 69 ohm. Selanjutnya jika disebutkan nilai tahanan adalah 68,0 ohm,

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

berarti nilai tahanan tersebut lebih mendekati 68,0 ohm daripada 67,9 ohm atau 68,1 ohm. Pada 68 ohm terdapat dua angka yang berarti, sedang pada tahanan 68,0 ohm terdapat tiga angka yang berarti, yang memiliki ketepatan yang lebih tinggi daripada tahanan 68 ohm. Sudah menjadi kelaziman untuk mencatat suatu hasil pengukuran dengan menggunakan semua angka yang kita yakini paling mendekati ke harga yang sebenarnya. Misalnya, jika sebuah voltmeter dibaca 117,1 volt; maka ini menunjukkan bahwa penaksiran yang paling baik menurut pengamat yang lebih mendekati ke 117,1 volt daripada 117,0 volt atau 117,2 volt. Cara lain untuk menyatakan hasil pengukuran ini adalah menggunakan rangkuman kesalahan yang mungkin, sehingga dapat dituliskan menjadi $117,1 \pm 0,05$ volt.

Contoh:

Serangkaian pengukuran tegangan yang dilakukan dengan konsisten oleh empat pengamat memberikan data hasil pengukuran: 117,02 volt, 117,11 volt, 117,08 volt, dan 117, 03 volt. Tentukan: (1) nilai rata-rata, dan (2) rangkuman kesalahan ukurnya.

Penyelesaian:

1.

$$U_{rata-rata} = \frac{117,02 + 117,11 + 117,08 + 117,03}{4} = 117,06V$$

2. Rangkuman Kesalahan (mak) = $U_{mak} - U_{rata-rata} = 117,11 - 117,06 = 0,05$ V.

Rangkuman Kesalahan (min) = $U_{rata-rata} - U_{min} = 117,06 - 117,02 = 0,04$ V.

Rangkuman kesalahan rata-rata = $\pm 0,045 = \pm 0,05$ V

Sering terjadi bahwa banyaknya angka belum tentu menyatakan ketepatan pengukuran. Bilangan-bilangan besar dengan angka-angka nol

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

sebelum titik desimal sering digunakan pada penaksiran jumlah penduduk atau uang. Misalnya, jika jumlah penduduk sebuah kota dilaporkan dalam enam angka, yaitu 380.000, ini dapat diartikan bahwa penduduk yang sebenarnya adalah antara 379.000 dan 380.001 yakni dalam enam angka yang berarti. Tetapi walaupun dalam enam angka berarti bukan 370.000 atau 390.000, karena jumlah penduduk tersebut tidak lebih mendekati ke angka 380.000. Bentuk penulisan teknis yang lebih tepat adalah menggunakan perpangkatan sepuluh, misalnya 38×10^4 atau $3,8 \times 10^5$. Di sini ditunjukkan bahwa jumlah penduduk hanya teliti sampai dua angka yang berarti. Ketidakpastian yang disebabkan oleh angka-angka nol di sebelah kiri titik desimal biasanya diatasi dengan tanda penulisan ilmiah yaitu dengan menggunakan perpangkatan sepuluh.

7.2.2 KESALAHAN UKUR

Secara konsep pengukuran, baik karena keterbatasan alat ukur maupun karena kondisi lingkungan maka dipercaya bahwa setiap pengukuran akan selalu menghasilkan hasil ukur yang tidak semestinya (sebenarnya). Dalam hal ini diasumsikan hasil benar tersebut tidak diketahui. Simpangan atau selisih (*difference*) antara hasil ukur (hasil pengamatan) dan hasil yang sebenarnya dinyatakan sebagai ralat (*error*). Dalam mengukur tegangan misalnya, hasilnya dinyatakan dengan $1,5 < V < 1,6$ volt atau $V = (1,4 \pm 0,1)$ volt. Nilai benar pengukuran tentu saja berada di dalam rentang hasil pengukuran ini.

Oleh karena sebuah rentang nilai pengukuran sekaligus menyatakan ketidakpastian hasil ukur maka pengertian kesalahan atau error sering tidak dibedakan dengan pengertian ketidakpastian untuk menunjukkan deviasi pengukuran terhadap nilai benar. Sebagai contoh, sebuah pengukuran tegangan dituliskan hasilnya dengan $V = (10,5 \pm 0,5)$

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

volt, artinya alat ukur kita menunjukkan hasil baca 10,5 volt (dengan ketidakpastian/ralat pengukuran 0,5 volt, sedangkan nilai benar kita berada dalam selang nilai $(10,5 - 0,5 = 10,0)$ volt sampai dengan $(10,5 + 0,5 = 11,0)$ volt. Saat melakukan pengukuran besaran listrik tidak ada yang menghasilkan ketelitian dengan sempurna. Perlu diketahui ketelitian yang sebenarnya dan sebab terjadinya kesalahan pengukuran. Kesalahan - kesalahan dalam pengukuran dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu: (1) kesalahan umum (*gross-error*), (2) kesalahan sistematis (*systematic-error*), dan (3) kesalahan acak (*random-error*).

1. KESALAHAN-KESALAHAN UMUM (*GROSS-ERRORS*)

Kesalahan ini kebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia. Diantaranya adalah kesalahan pembacaan alat ukur, penyetelan yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak sesuai dan kesalahan penaksiran. Kesalahan ukur juga dapat terjadi karena keteledoran atau kebiasaan-kebiasaan yang buruk, seperti pembacaan yang tidak teliti, pencatatan yang berbeda dari pembacaannya. Agar mendapatkan hasil yang optimal, maka diperlukan pembacaan lebih dari satu kali. Bisa dilakukan tiga kali, kemudian dirata-rata. Jika mungkin dengan pengamat yang berbeda. Kesalahan ukur juga dapat disebabkan penggunaan voltmeter yang tidak tepat sehingga menimbulkan efek pembebanan terhadap rangkaian yang menimbulkan kesalahan ukur yang signifikan. Kesalahan ini tidak dapat dihindari, tetapi harus dicegah dan perlu diperbaiki.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

2. KESALAHAN UKUR AKIBAT EFEK PEMBEBANAN VOLTMETER

Contoh:

Sebuah voltmeter dengan kepekan $1000 \Omega/\text{Volt}$ membaca 100 volt pada skala 150 volt bila dihubungkan di antara ujung-ujung sebuah tahanan yang besarnya tidak diketahui. Tahanan ini dihubungkan secara seri dengan sebuah miliamperemter. Jika miliamperemter tersebut membaca 5 mA, tentukan (1) tahanan yang terbaca, (2) nilai tahanan aktual dari tahanan yang diukur, (3) kesalahan karena efek pembebanan voltmeter.

Penyelesaian:

Tahanan total rangkaian adalah:

$$R_T = \frac{U_T}{I_T} = \frac{100V}{5mA} = 20k\Omega$$

Dengan mengabaikan tahanan dalam miliamperemter, harga tahanan yang tidak diketahui adalah $R_x = 20 k\Omega$. Tahanan dalam voltmeter adalah:

$$R_V = 1000\Omega/\text{Volt} \times 150 \text{ V} = 150 k\Omega$$

Karena voltmeter tersebut paralel terhadap tahanan yang tidak diketahui, maka dapat dituliskan:

$$R_x = \frac{R_T R_V}{R_V + R_T} = \frac{20 \times 150}{150 + 20} = 23,05k\Omega$$

Persentase kesalahan adalah:

$$\% \text{kesalahan} = \frac{\text{aktual} - \text{terbaca}}{\text{aktual}} \times 100\% = \frac{23,05 - 20}{23,05} \times 100\% = 13,23\%$$

Jika pada kasus tersebut di atas miliamperemter menunjukkan 800 mA dan voltmeter menunjukkan 40 volt pada skala 150 volt, maka kesalahan akibat pembebanan volt meter menjadi kecil, yaitu:

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

$$R_T = \frac{U_T}{I_T} = \frac{40V}{800mA} = 50\Omega$$

$$RV = 1000\Omega/Volt \times 150 V = 150 k\Omega$$

$$R_x = \frac{R_T R_V}{R_V + R_T} = \frac{50\Omega \times 150k\Omega}{149,95k\Omega} = 50,1k\Omega$$

$$\%kesalahan = \frac{50,1 - 50}{50,1} \times 100\% = 0,2\%$$

3. KESALAHAN UKUR AKIBAT KESALAHAN BATAS

Contoh:

Ketelitian sebuah voltmeter 0 – 150 V dijamin sampai 1% pada skala penuh. Jika nilai tegangan yang terbaca oleh voltmeter adalah 83 V, maka besar kesalahan ukur akibat kesalahan batas adalah:

$$0,01 \times 150V = 1,5 V$$

Kesalahan pada penunjukkan voltmeter sebesar 83 V adalah

$$\frac{1,5}{83} \times 100\% = 1,81\%$$

Kesalahan pada penunjukkan voltmeter sebesar 30 V adalah

$$\frac{1,5}{30} \times 100\% = 5\%$$

4. KESALAHAN SISTEMATIS (SYSTEMATIC ERRORS)

Kesalahan ini disebabkan oleh kekurangan-kekurangan pada instrumen sendiri. Seperti kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai. Kesalahan ini merupakan kesalahan yang tidak dapat dihindari dari instrumen, karena struktur mekanisnya. Contoh: gesekan beberapa komponen yang bergerak terhadap bantalan dapat menimbulkan pembacaan yang tidak tepat. Tarikan pegas yang tidak teratur, perpendekan pegas, berkurangnya tarikan karena penanganan yang tidak tepat atau pembebanan instrumen yang berlebihan. Ini semua

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

akan mengakibatkan kesalahan-kesalahan. Selain dari beberapa hal yang sudah disinggung di atas masih ada lagi yaitu kesalahan kalibrasi yang bisa mengakibatkan pembacaan instrumen terlalu tinggi atau terlalu rendah dari yang seharusnya.

Cara yang paling tepat untuk mengetahui instrumen tersebut mempunyai kesalahan atau tidak yaitu dengan membandingkan dengan instrumen lain yang memiliki karakteristik yang sama atau terhadap instrumen lain yang akurasinya lebih tinggi. Untuk menghindari kesalahan-kesalahan tersebut dengan cara : (1) memilih instrumen yang tepat untuk pemakaian tertentu; (2) menggunakan faktor-faktor koreksi setelah mengetahui banyaknya kesalahan; (3) mengkalibrasi instrumen tersebut terhadap instrumen standar. Pada kesalahan-kesalahan yang disebabkan lingkungan, seperti : efek perubahan temperatur, kelembaban, tahanan udara luar, medan-medan magnetik, dan sebagainya dapat dihindari dengan membuat pengkondisian udara (AC), penyegelan komponen-komponen instrumen tertentu dengan rapat, pemakaian pelindung magnetik.

5. KESALAHAN ACAK (RANDOM-ERROR)

Kesalahan acak yang tak disengaja (random errors) diakibatkan oleh penyebab yang tidak dapat langsung diketahui. Antara lain sebab perubahan-perubahan parameter atau sistem pengukuran terjadi secara acak. Pada pengukuran yang sudah direncanakan kesalahan - kesalahan ini biasanya hanya kecil. Tetapi untuk pekerjaan - pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi akan berpengaruh. Misalkan suatu tegangan diukur dengan voltmeter dibaca setiap jam, walaupun instrumen yang digunakan sudah dikalibrasi dan kondisi lingkungan sudah diset sedemikian rupa, tetapi hasil pembacaan akan terjadi perbedaan selama periode pengamatan. Untuk mengatasi kesalahan ini

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

dengan menambah jumlah pembacaan dan menggunakan cara-cara statistik untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Alat ukur listrik sebelum digunakan untuk mengukur perlu diperhatikan penempatannya. Ini penting karena posisi pada bagian yang bergerak yang menunjukkan besarnya akan dipengaruhi oleh titik berat bagian yang bergerak dari suatu alat ukur tersebut. Oleh karena itu letak penggunaan alat ukur perlu diperhatikan dengan seksama.

6. AKURASI

Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi yang baik yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil. Dapat juga dipahami sebagai seberapa dekat hasil ukur dengan nilai benarnya. Dalam hal ini sebelum sebuah alat ukur digunakan, harus dipastikan bahwa kondisi alat benarbenar dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan, yaitu alat dalam keadaan terkalibrasi dengan baik. Kalibrasi yang buruk akan menyebabkan ketidakpastian hasil ukur menjadi besar.

Klasifikasi Kelas Meter Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang mendekati dengan harga sebenarnya. Perlu memperhatikan batas kesalahan yang tertera pada alat ukur tersebut. Klasifikasi alat ukur listrik menurut Standar IEC no. 13B-23 menspesifikasikan bahwa ketelitian alat ukur dibagi menjadi 8 kelas, yaitu : 0,05; 0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,5 ; dan 5. Kelas-kelas tersebut artinya bahwa besarnya kesalahan dari alat ukur pada batas-batas ukur masing-masing kali $\pm 0,05 \%$, $\pm 0,1 \%$, $\pm 0,2 \%$, $\pm 0,5 \%$, $\pm 1,0 \%$, $\pm 1,5 \%$, $\pm 2,5 \%$, $\pm 5 \%$ dari relatif harga maksimum.

Dari 8 kelas alat ukur tersebut digolongkan menjadi 4 golongan sesuai dengan daerah pemakaiannya, yaitu : (1) Golongan dari kelas 0,05, 0,1, 0,2 termasuk alat ukur presisi yang tertinggi. Biasa digunakan di

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

laboratorium yang standar. (2) Golongan alat ukur dari kelas 0,5 mempunyai ketelitian dan presisi tingkat berikutnya dari kelas 0,2 alat ukur ini biasa digunakan untuk pengukuran-pengukuran presisi. Alat ukur ini biasanya portabel. (3) Golongan dari kelas 1,0 mempunyai ketelitian dan presisi pada tingkat lebih rendah dari alat ukur kelas 0,5. Alat ini biasa digunakan pada alat ukur portabel yang kecil atau alat-alat ukur pada panel. (4) Golongan dari kelas 1,5, 2,5, dan 5 alat ukur ini dipergunakan pada panel-panel yang tidak begitu memperhatikan presisi dan ketelitian.

7. KALIBRASI

Alat ukur perlu diteliti kalibrasinya sebelum dipergunakan agar hasil ukurnya dapat dipercaya. Saat kalibrasi harus selalu menempatkan jarum penunjuk pada titik nol yang sesungguhnya, saat alat ukur akan digunakan. Sering pada sebuah alat ukur jarum penunjuk tidak berada pada titik nol yang semestinya sehingga saat digunakan nilai baca selalu lebih besar atau lebih kecil dari yang seharusnya sehingga menyumbang apa yang disebut ralat sistematis. Secara umum pengertian kalibrasi di sini adalah membandingkan alat ukur Anda dengan referensi. Referensi (standar) yang digunakan untuk mengkalibrasi alat ukur dapat ditempuh dengan beberapa tahap.

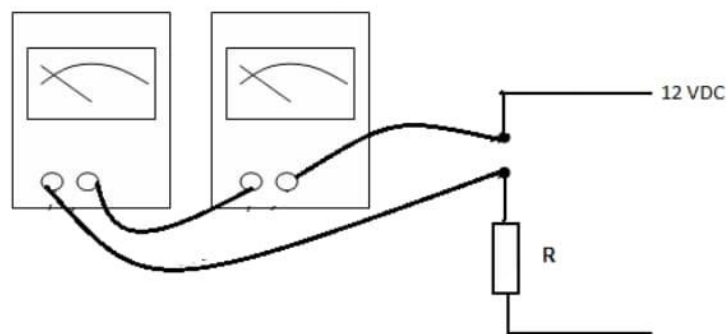
Setiap sistem pengukuran harus dapat dibuktikan keandalannya dalam mengukur, prosedur pembuktian ini disebut kalibrasi. kalibrasi atau peneraan bagi pemakai alat ukur sangat penting. Kalibrasi dapat mengurangi kesalahan meningkatkan ketelitian pengukuran. Langkah prosedur kalibrasi menggunakan perbandingan instrumen yang akan dikalibrasi dengan instrumen standar. Berikut ini dicontohkan kalibrasi untuk amperemeter arus searah dan voltmeter arus searah secara sederhana.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

8. KALIBRASI AMPERMETER

Kalibrasi secara sederhana yang dilakukan pada ampermeter arus searah. Caranya dapat dilakukan dengan membandingkan arus yang melalui ampermeter yang akan dikalibrasi (A) dengan ampermeter standar (As). Langkah-langkahnya ampermeter (A) dan ampermeter standar (As) dipasang secara seri perhatikan gambar 7.1 di bawah.



Gambar 7.1 Kalibrasi Ampermeter Arus Searah

Sebaiknya ampermeter yang akan digunakan sebagai meter standar adalah ampermeter yang mempunyai kelas presisi yang tinggi (0,05, 0,1, 0,2) atau presisi tingkat berikutnya (0,5). Gambar 7.1 ditunjukkan bahwa I_A adalah arus yang terukur pada meter yang akan dikalibrasi, I_s adalah arus standar yang dianggap sebagai harga arus sebenarnya. Jika kesalahan mutlak (absolut) dari ampermeter diberi simbol α dan biasa disebut kesalahan dari alat ukur, maka dapat dituliskan :

$$\alpha = I_A - I_s$$

Perbandingan kesalahan alat ukur (α) terhadap harga arus sebenarnya (I_s), yaitu : α/I_s biasa disebut kesalahan relatif atau rasio kesalahan. Dinyatakan dalam persen.

Sedangkan perbedaan atau selisih antara harga sebenarnya atau standar dengan harga pengukuran disebut harga koreksi dituliskan:

$$I_s - I_A = k$$

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

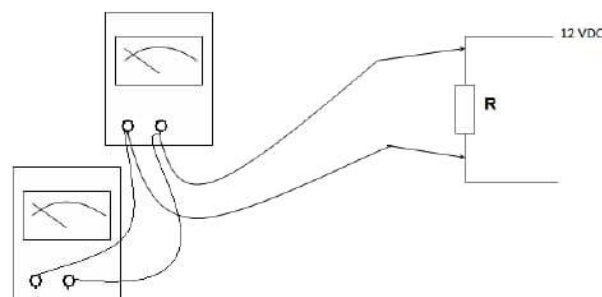
Perbandingan harga koreksi terhadap arus yang terukur (k/I_A) disebut rasio koreksi atau koreksi relatif dinyatakan dalam persen.

Contoh Penerapan:

Sebuah amperemeter arus searah digunakan untuk mengukur arus yang memiliki besaran 20 mA. Nilai ukur yang ditunjukkan oleh amperemeter tersebut adalah 19,4 mA. Pada kasus ini kesalahan ukur = $19,4 - 20 = -0,6$ mA. Koreksi = $20 - 19,4 = 0,6$ mA. Jadi besarnya kesalahan relatif = $-0,6/20 \times 100\% = -3\%$ dan koreksi relatif = $0,6/19,4 \times 100\% = 3,09\%$.

9. KALIBRASI VOLTMETER ARUS SEARAH

Sama halnya pada amperemeter, kalibrasi voltmeter arus searah dilakukan dengan cara membandingkan harga tegangan yang terukur voltmeter yang dikalibrasi (V) dengan voltmeter standar (Vs). Langkah-langkahnya voltmeter (V) dan voltmeter standar (Vs) dipasang secara paralel perhatikan gambar 7.2 di bawah.



Gambar 7.2 Kalibrasi Voltmeter Arus Searah

Voltmeter yang digunakan sebagai meter standar adalah voltmeter yang mempunyai kelas presisi tinggi (0,05, 0,1, 0,2) atau presisi tingkat berikutnya (0,5). Pada gambar 7.2, V adalah tegangan yang terukur pada meter yang dikalibrasi, sedangkan Vs adalah tegangan standar yang dianggap sebagai harga tegangan sebenarnya. Jika kesalahan mutlak

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

(absolut) dari voltmeter diberi simbol α dan biasa disebut kesalahan dari alat ukur, maka dapat dituliskan:

$$\alpha = V - V_s$$

Perbandingan besar kesalahan alat ukur (α) terhadap harga tegangan sebenarnya (V_s), yaitu : α/V_s disebut kesalahan relatif atau rasio kesalahan dinyatakan dalam persen. Sedangkan perbedaan harga sebenarnya atau standar dengan harga pengukuran disebut koreksi dapat dituliskan:

$$V_s - V = k$$

Demikian pula perbandingan koreksi terhadap arus yang terukur (k/V) disebut rasio koreksi atau koreksi relatif dinyatakan dalam persen.

Contoh Penerapan:

Sebuah voltmeter DC digunakan untuk mengukur tegangan searah yang besarnya 50 volt. Nilai ukur yang ditunjukkan oleh voltmeter tersebut adalah 48 volt. Pada kasus ini, kesalahan ukur = $48 - 50 = -2$ volt. Koreksi = $50 - 48 = 2$ volt. Kesalahan relatif = $-2/50 \times 100\% = -4\%$ Koreksi relatif = $2/48 \times 100\% = 4,16\%$.

10. PERALATAN STANDAR (PRIMER)

Apabila ada peralatan standar atau peralatan primer maka sebaiknya acuan ini yang digunakan untuk mengecek kalibrasi alat. NIST (*National Institute of Standard and Technology*) dalam hal ini termasuk yang memiliki wewenang untuk selalu memelihara dan menyediakan standar-standar yang diperlukan dalam pengukuran, misalnya temperatur, massa, dan waktu.

11. PERALATAN SEKUNDER

Biasanya apabila standar primer tidak dapat ditemukan maka dapat menggunakan standar sekunder berupa alat ukur lain yang

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

diyakini mempunyai akurasi yang lebih baik. Sebagai contoh, suatu voltmeter pada waktu digunakan menunjukkan pembacaan 4,5 volt. Alat lain yang diyakini akurasinya (standar sekunder) menghasilkan nilai 4,4 volt. Dengan ini berarti voltmeter dapat dikalibrasi 0,1 volt lebih kecil.

12. PRESISI

Sebuah alat ukur dikatakan presisi jika untuk pengukuran besaran fisis tertentu yang diulang maka alat ukur tersebut mampu menghasilkan hasil ukur yang sama seperti sebelumnya. Sebagai contoh jika pengukur tegangan dengan voltmeter menghasilkan pengukuran diulang beberapa kali kemudian tetap menghasilkan pembacaan 5,61 volt, alat-alat tersebut sangat presisi. Oleh karena itu, sifat presisi sebuah alat ukur bergantung pada resolusi dan stabilitas alat ukur.

13. RESOLUSI

Sebuah alat ukur dikatakan mempunyai resolusi yang tinggi/baik jika alat tersebut mampu mengukur perubahan nilai besaran fisis untuk skala perubahan yang semakin kecil. Voltmeter dengan skala terkecil 1 mV tentu mempunyai resolusi lebih baik dibanding voltmeter dengan skala baca terkecil 1 volt.

14. STABILITAS

Stabilitas alat ukur dikaitkan dengan stabilitas hasil ukur/hasil pembacaan yang bebas dari pengaruh variasi acak. Jadi, dikaitkan dengan penunjukan hasil baca yang tidak berubah-ubah selama pengukuran. Jarum voltmeter tidak bergerak-gerak ke kiri maupun ke kanan di sekitar nilai tertentu. Jadi, sebuah alat ukur yang baik harus memiliki akurasi yang baik juga harus menghasilkan presisi tinggi.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

Sebuah alat ukur mungkin saja mempunyai presisi yang baik, tetapi tidak akurat dan sebaliknya. Selain sebuah alat ukur perlu mempunyai akurasi dan presisi yang baik, perlu juga memiliki sensitivitas yang tinggi.

15. SENSITIVITAS

Apabila alat ukur mempunyai respon yang baik terhadap setiap perubahan kecil sinyal input/masukan sehingga output (hasil baca) mengikuti perubahan tersebut maka alat dikatakan sensitif.

7.2.3 SISTEM SATUAN

Alat ukur adalah alat yang dapat digunakan untuk mengetahui hasil perbandingan antara suatu besaran yang ingin diketahui dengan standar yang dipakai. Fungsi penting dari alat ukur khususnya alat ukur besaran listrik adalah untuk mengetahui nilai yang telah ditentukan sebagai batasan laik atau tidaknya peralatan atau jaringan listrik akan dioperasikan. Dalam pengukuran kita mem-bandingkan suatu besaran dengan besaran standar. Sehingga dalam pengukuran perlu mengetahui besaran, satuan dan dimensi.

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur. Besaran terdiri dari: (1) Besaran dasar; yakni besaran yang tidak tergantung pada besaran lain, dan (2) Besaran turunan; yakni besaran yang diturunkan dari besaran-besaran dasar, dan merupakan kombinasi dari besaran dasar.

PENERAPAN SISTEM SATUAN

Pembangkitan tenaga listrik, jaringan tenaga listrik, distribusi tenaga listrik dan pemanfaatan tenaga listrik berkaitan dengan besaran dan satuan yang menentukan ukurannya. Oleh karena itu, sebelum kita memperdalam semua permasalahan dalam bisnis ketenagalistrikan, sebaiknya kalian mendalami terlebih dahulu tentang satuansatuan

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

standar yang digunakan yang berlaku secara universal agar dapat menerapkannya secara benar.

Untuk ilmu pengetahuan dan teknologi, satuan dapat dianggap sebagai mata uang. Dengan mata uang kalian dapat melakukan transaksi apa saja, kapan saja, dan di mana saja. Demikian juga dengan satuan. Ada dua sistem satuan yang dapat digunakan, yaitu

(1) Sistem Internasional, yang lazim disebut sebagai satuan SI, dan (2) Sistem Imperial (Inggris) yang merupakan sistem satuan yang berlaku di Eropa. Sistem satuan SI paling banyak digunakan di seluruh dunia, dan buku ini, menerapkan kedua sistem satuan tersebut.

Tahun 1960 atas persetujuan internasional ditunjuk sebagai sistem internasional (SI). Sistem SI digunakan enam satuan dasar, yaitu meter, kilogram, sekon, dan amper (MKSA) dan sebagai satuan dasar tambahan adalah derajat kelvin dan lilin (kandela) yaitu sebagai satuan temperatur dan intensitas cahaya, seperti terlihat pada tabel 7.1.

Tabel 7.1 Satuan Dasar

Besaran		Satuan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Panjang	l	Meter	m
Massa	m	Kilogram	Kg
Waktu	T	Detik	s
Arus listrik	A	Ampere	A
Temperatur	T	Kelvin	K
Jumlah zat	n	Molekul	mol
Kuat cahaya	I_v	lilin	cd

Satuan-satuan lain yang dapat dinyatakan dengan satuan-satuan dasar disebut satuansatuan turunan. Untuk memudahkan beberapa satuan turunan telah diberi nama baru, contoh untuk daya dalam SI

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

dinamakan watt yaitu menggantikan j/s. Tabel 7.2 memperlihatkan satuan turunan yang beralku dalam teknik ketenagalistrikan.

Tabel 7.2 Satuan Turunan

Besaran		Satuan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Luminasi	L	Lilin per meter kuadrat	Cd/m ²
Frekuensi	f	Hertz	Hz
Energi listrik	W	Joule	J
Daya listrik	P	Watt	W
Tegangan listrik	U	Volt	V
Kapasitansi listrik	C	Farad	F
Resistansi listrik	R	Ohm	Ω
Konduktansi	G	Siemens	S
Fluksi magnetik	Φ	Weber	Wb
Kerapatan fluksi	B	Tesla	T
Induktansi	L	Henry	H

Asosiasi pengembangan Ilmu Pengetahuan Inggris telah menetapkan sentimeter sebagai satuan dasar untuk panjang dan gram sebagai satuan dasar untuk massa. Dari sini dikembangkan system satuan sentimeter-gramsekon (CGS). Dalam sistem elektrostatik CGS, satuan muatan listrik diturunkan dari sentimeter, gram, dan sekon dengan menetapkan bahwa permissivitas ruang hampa pada hukum coulumb mengenai muatan listrik adalah satu. Satuan-satuan turunan untuk arus listrik dan potensial listrik dalam sistem elektromagnetik, yaitu amper dan volt digunakan dalam pengukuran-pengukuran praktis.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

Kedua satuan ini beserta salah satu dari satuan lainnya seperti: coulomb, ohm, henry, farad, dan sebagainya digabungkan di dalam satuan ketiga yang disebut sistem praktis (practical system).

1. FAKTOR KELIPATAN DESIMAL

Nilai besaran yang akan kita ukur memiliki rentang yang sangat besar, mulai dari orde sangat kecil hingga sangat besar. Untuk memudahkan dalam pembacaan nilai ukur lazim digunakan faktor kelipatan desimal. Tabel 7.3 memperlihatkan faktor kelipatan desimal yang dimaksudkan.

Tabel 7.3 Faktor Kelipatan Desimal

Faktor	Awalan	Lambang
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T
10^9	Giga	G
10^6	Mega	M
10^3	Kilo	K
10^2	Hecto	H
10^1	Deca	Da
10^{-1}	Deci	D
10^{-2}	Centi	C
10^{-3}	Mili	M
10^{-6}	Micro	μ
10^{-9}	Nano	N
10^{-12}	Pico	P
10^{-15}	Femto	F

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

Faktor	Awalan	Lambang
10^{-18}	Alto	A

7.2.4 BESARAN-BESARAN LISTRIK

Berikut adalah ringkasan daftar arus searah yang terdapat dalam tabel 7.4.

Tabel 7.4 Daftar Arus Searah

Besaran	Simbol	Satuan	Lambang	Rumus
Kuat Arus	I	Ampere	A	$I = \frac{U}{R}$
Tegangan	U	Volt	V	$U = I \cdot R$
Tahanan	R	Ohm	Ω	$R = \frac{U}{I}$
Daya Listrik	P	Watt	W	$P = U \cdot I$
Usaha / Kerja	A	Watt hours	Wh	$A = U \cdot I \cdot t$

Besaran-besaran listrik yang banyak dijumpai dalam bidang industri, perbengkelan ataupun keperluan-keperluan yang lain ialah: Arus listrik – tegangan – tahanan – daya – dan sebagainya. Dalam pemakaian besaran listrik diukur dalam satuan praktis dan harga efektif.

Untuk keperluan pengukuran arus bolak balik, rumus-rumus di atas dapat dipakai arus tegangannya sefasa atau $\cos \phi = 1$. Berikut adalah daftar arus bolak balik yang terdapat dalam tabel 7.5.

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

Tabel 7.5 Daftar Arus Bolak Balik

Besaran	Simbol	Satuan	Lambang	Rumus
Frekuensi	f	Hertz	Hz	$f = \frac{1}{T}$
Daya (nyata)	P	Watt	W	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
Daya buta	Pb	Watt	W	$Pb = U \cdot I \cdot \sin \varphi$
Daya semu	Ps	Volt Ampere	VA	$Ps = U \cdot I$
Faktor kerja	$\cos \varphi$	-	-	-

Selanjutnya daftar besaran-besaran lainnya yang terdapat dalam tabel 7.6.

Tabel 7.6 Daftar Besaran-Besaran lain

Besaran	Simbol	Satuan	Lambang	Keterangan
Kapasitansi	C	Farad	F	1 Farad = Coulumb / Volt
Induktansi	L	Henry	H	Henry = Weber / Amp

BAB VII

ALAT UKUR LISTRIK

7.3 LATIHAN SOAL

1. Apa yang dimaksud dengan pengukuran?
2. Sebutkan macam-macam alat ukur elektrik!
3. Jelaskan perbedaan antara ketelitian dan ketepatan!
4. Sebutkan apa saja satuan dasar dan satuan turunan!
5. Jelaskan apa saja besaran-besaran listrik!



BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 8, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menjelaskan pengertian ohm meter;
2. Mampu memahami penggunaan ohm meter;
3. Mampu menjelaskan pengukuran tahanan dengan ohmmeter;
4. Mampu memahami teori jembatan Wheatstone;

b. Uraian Materi

8.1 OHM METER

Ohm meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur hambatan listrik yang merupakan suatu daya yang mampu menahan aliran listrik pada konduktor. Alat tersebut menggunakan galvanometer untuk melihat besarnya arus listrik yang kemudian dikalibrasi ke satuan ohm.

Ohm meter merupakan salah satu fungsi multimeter yang berfungsi untuk mengetahui nilai resistansi suatu resistor atau komponen elektronika yang memiliki unsur resistansi. Pada fungsi ohm meter ini untuk multimeter analog saklar selektor berfungsi sebagai multiplier sedangkan pada multimeter digital saklar selektor berfungsi sebagai batas ukur maksimum suatu resistansi yang dapat dihitung oleh multimeter tersebut.

Tata cara penggunaan ohm meter:

- a. Pastikan posisi membaca alat ukurnya;
- b. Pastikan membaca dari KANAN ke KIRI;
- c. Tentukan sistim perkalian yang digunakan;
- d. Hubungkan kedua ujung probe;
- e. Kalibrasi terlebih dulu untuk menentukan angka "0", (dengan tetap kedua ujung probe terhubung) dengan cara mengatur potensio kalibrasi;

BAB VIII

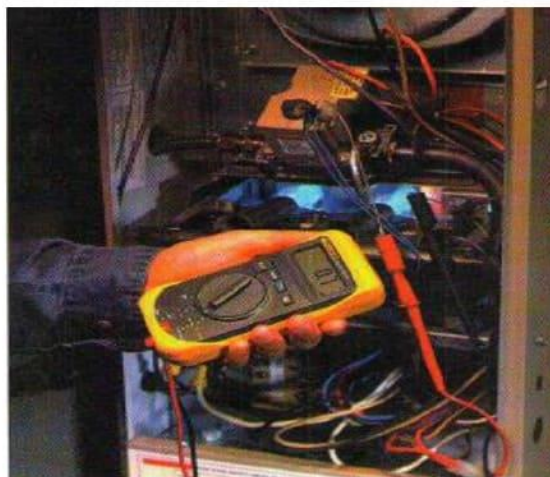
PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

- f. Setelah yakin jarum menunjuk angka “0” lepas ujung probe yang terhubung, siap untuk digunakan mengukur tahanan/hambatan/resistor.

8.2 PENGUKURAN RESISTAN (TAHANAN) LISTRIK

8.2.1 PENGUKURAN TAHANAN DENGAN OHMMETER

Pengukuran tahanan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) langsung, dan (2) Tak Langsung. Pengukuran tahanan secara langsung dilakukan dengan menggunakan ohmmeter. Pada hakekatnya ohmmeter digunakan untuk memeriksa nilai resistan listrik. Tetapi karena karakteristiknya yang khusus, maka ohmmeter dapat digunakan juga untuk memeriksa adanya elemen yang putus dalam suatu rangkaian listrik atau adanya hubungan elemen rangkaian dengan tanah (ground).



Gambar 8.1 Pengukuran Resistan dengan Multimeter

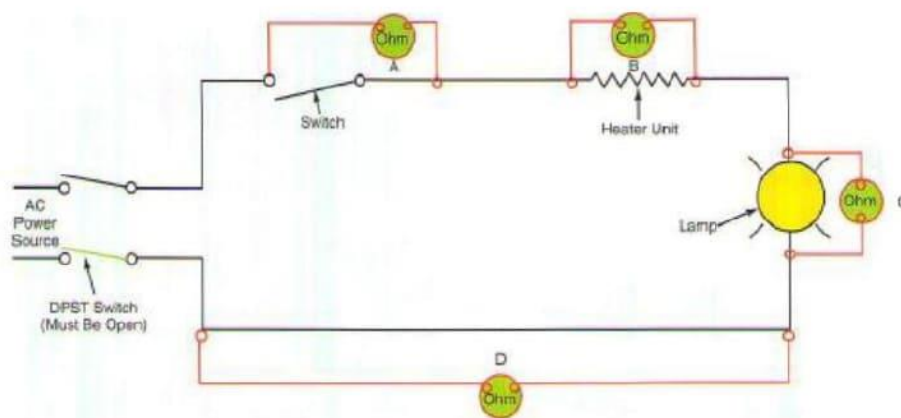
Tenaga listrik harus dimatikan ketika akan mengukur nilai resistan pada suatu rangkaian listrik, kalau lupa mematikan daya listriknya, maka ohmmeter akan rusak. Suatu contoh multimeter atau universal

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

meter yang digunakan untuk mengukur resistan diperlihatkan dalam Gambar 8.1 Meter universal tersebut dapat digunakan juga untuk mengukur tegangan listrik arus searah dan arus bolak-balik dan arus listrik searah skala kecil.

Tahanan atau resistan yang akan diukur langsung dihubungkan ke kabel dari ohmmeter atau multimeter baik tipe analog ataupun digital. Gambar 8.2 memperlihatkan koneksi ohmmeter untuk mengukur nilai resistan pada suatu rangkaian listrik.

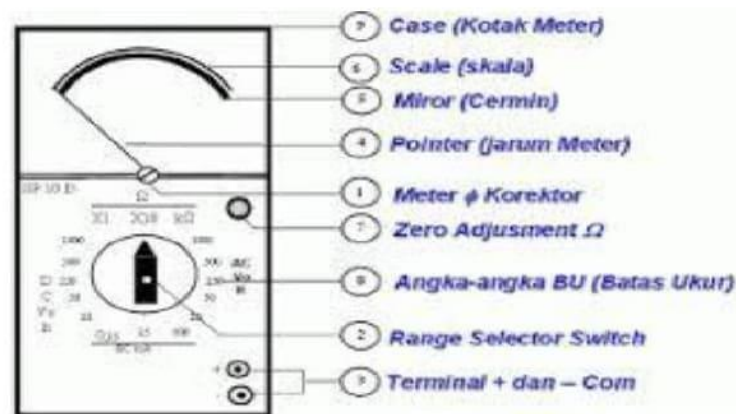


Gambar 8.2 Koneksi Ohmmeter untuk Mengukur Resistan

Biasanya ohmmeter dilengkapi sakelar selektor untuk memfasilitasi multi batas ukur. Hal ini dimaksudkan agar pengukuran dapat berlangsung dengan lebih akurat. Batas ukur dipilih dengan menempatkan selektor pemilih mode pada skala pengukuran tahanan. Resistor yang diukur dihubungkan dengan kedua kabel meter dan nilai tahanan terbaca pada skala meter. Pengukuran tidak langsung, menggunakan alat meter tahanan khusus dengan prinsip kerja seperti jembatan Wheatstone.

BAB VIII

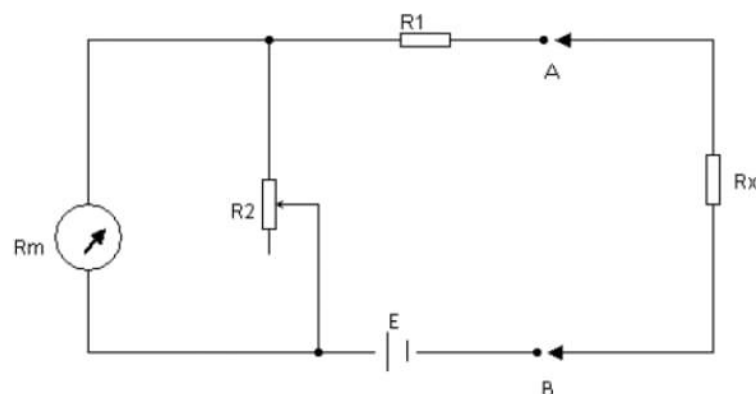
PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK



Gambar 8.3 Tipikal Multimeter

1. OHMMETER TIPE SERI

Ohmmeter tipe seri sesungguhnya mengandung sebuah gerakan d'Arsonval yang dihubungkan seri dengan sebuah tahanan dan batere ke sepasang terminal untuk dihubungkan ke tahanan yang tidak diketahui. Hal ini berarti arus yang melalui alat ukur bergantung pada tahanan yang tidak diketahui nilainya dan indikasi alat ukur sebanding dengan nilai yang tidak diketahui, dengan syarat masalah kalibrasi diperhitungkan.



Gambar 8.4 Ohmmeter Tipe Seri

Keterangan:

R_1 = Tahanan pembatas arus

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

- R_2 = Tahanan pengatur nol
- R_m = Tahanan dalam d'Arsonval
- R_x = Tahanan yang tidak diketahui
- E = Baterai di dalam alat ukur

Apabila $R_x = 0$ (terminal A dan B dihubungkan singkat) arus paling besar mengalir di dalam rangkaian. Dalam keadaan ini, tahanan shunt R_2 diatur sampai jarum menunjukkan skala penuh (I_{dp}). Posisi skala penuh ditandai dengan " 0Ω ".

Dengan cara yang sama bila $R_x = \infty$ (terminal A dan B terbuka) arus di dalam rangkaian berubah nol dan jarum menunjuk arus nol yang ditandai " ∞ " pada skala.

Walaupun rangkaian ohmmeter tipe seri sering digunakan, rangkaian ini memiliki beberapa kekurangan. Di antaranya adalah tegangan baterai yang berkurang secara perlahan-lahan karena waktu dan umur mengakibatkan arus skala penuh berkurang dan alat ukur tidak membaca "0" sewaktu A dan B dihubungkan singkat. Tahanan shunt variabel R_2 pada rangkaian mengatasi efek perubahan baterai. Tanpa R_2 pengembalian jarum ke skala penuh dapat dilakukan dengan penyetelan R_1 tetapi hal ini akan mengubah kalibrasi sepanjang skala. Pengaturan melalui R_2 adalah cara yang terbaik, sebab tahanan paralel R_2 dan R_m selalu kecil dibandingkan terhadap R_1 dan berarti perubahan R_2 yang diperlukan untuk penyetelan ini tidak mengubah kalibrasi begitu banyak.

Besaran dalam perencanaan sebuah ohmmeter tipe seri adalah nilai R_x yang membuat defleksi setengah skala. Pada posisi ini, tahanan antara terminal A dan B didefinisikan sebagai tahanan pada posisi setengah skala R_h . Dengan mengetahui arus skala penuh I_{dp} , tahanan

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

dalam gerakan R_m , tegangan batere E dan nilai R_h yang diinginkan, rangkaian dapat dianalisis, yakni nilai R_1 dan R_2 dapat diperoleh.

Apabila R_h menyatakan arus $\frac{1}{2} I_{dp}$, tahanan yang tidak diketahui harus sama dengan tahanan dalam total ohmmeter. Berarti diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$R_h = R_1 + \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m}$$

Kemudian tahanan total yang dihadirkan ke batere adalah $2R_x$ dan arus batere yang diperlukan untuk memberikan defleksi setengah skala adalah:

$$I_h = \frac{E}{2R_h}$$

Untuk menghasilkan defleksi skala penuh arus batere harus didobel, berarti:

$$I_t = 2I_h = \frac{E}{R_h}$$

Arus shunt yang melalui R_2 adalah:

$$I_2 = I_t - I_{dp}$$

Tegangan shunt sama dengan tegangan E_m :

$$E_{sh} = E_m \quad \text{atau} \quad I_2 R_2 = I_{dp} \times R_m$$

$$R_2 = \frac{I_{dp} \times R_m}{I_2}$$

$$R_2 = \frac{I_{dp} \times R_m}{I_t - I_{dp}}$$

$$R_2 = \frac{I_{dp} \times R_m \times R_h}{E - I_{dp} \times R_m}$$

$$R_1 = R_h - \frac{R_2 \times R_m}{R_2 + R_m}$$

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

$$R_1 = R_h - \frac{I_{dp} \times R_m \times R_h}{E}$$

Contoh:

Ohmmeter pada gambar 1 menggunakan gerak dasar 50Ω memerlukan arus skala penuh sebesar 1 mA . Tegangan batere adalah 3 V . Tanda skala yang diinginkan untuk defleksi setengah skala adalah 2000Ω . Tentukan:

- Nilai R_1 dan R
- Nilai R_2 terbesar untuk mengkompensir penurunan tegangan 10% dalam batere
- Kesalahan skala pada tanda skala (2000Ω) bila R_2 disetel seperti (b)

Jawaban:

- Arus total batere pada defleksi skala penuh adalah:

$$I_t = \frac{E}{R_h} = \frac{3}{2000} = 1,5 \text{ mA}$$

Lalu arus melalui tahanan pengatur nol R_2 adalah:

$$I_2 = I_t - I_{dp} = 1,5 - 1 = 0,5 \text{ mA}$$

Nilai R_2 :

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{I_{dp} \times R_m}{I_2} \\ &= \frac{1 \text{ mA} \times 50 \Omega}{0,5 \text{ mA}} = 100 \Omega \end{aligned}$$

Tahanan paralel gerakan (R_m) dan shunt (R_2):

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{R_2 \times R_m}{R_2 + R_m} \\ &= \frac{100 \times 50}{100 + 50} = 33,3 \Omega \end{aligned}$$

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

Nilai tahanan pembatas arus R1 adalah:

$$\begin{aligned} R_1 &= R_h - R_p \\ &= 2000 - 33,3 = 1966,7\Omega \end{aligned}$$

b. Pada penurunan 10% tegangan batere

$$E = 3V - 0,3V = 2,7V$$

Maka arus total menjadi:

$$I_t = \frac{E}{R_h} = \frac{2,7}{2000} = 1,35 \text{ mA}$$

Arus shunt:

$$I_2 = I_t - I_{dp} = 1,35 - 1 = 0,35 \text{ mA}$$

Maka tahanan pengatur nol R2 adalah:

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{I_{dp} \times R_m}{I_2} \\ &= \frac{1 \text{ mA} \times 50\Omega}{0,35 \text{ mA}} = 143\Omega \end{aligned}$$

c. Tahanan paralel gerak dan nilai R2 yang baru adalah:

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{R_2 \times R_m}{R_2 + R_m} \\ &= \frac{143 \times 50}{143 + 50} = 37\Omega \end{aligned}$$

Karena tahanan setengah skala Rh sama dengan tahanan dalam total rangkaian, maka Rh akan berubah menjadi:

$$\begin{aligned} R_h &= R_1 - R_p \\ &= 1966,7\Omega - 37\Omega = 2003,7\Omega \end{aligned}$$

Berarti nilai sebenarnya dan tanda setengah skala adalah 2003,7 Ω sedangkan tanda skala aktual adalah 2000 Ω . Maka persentase kesalahan menjadi:

$$\% \text{kesalahan} = \frac{2000 - 2003,7}{2003,7} \times 100\% = -0,185\%$$

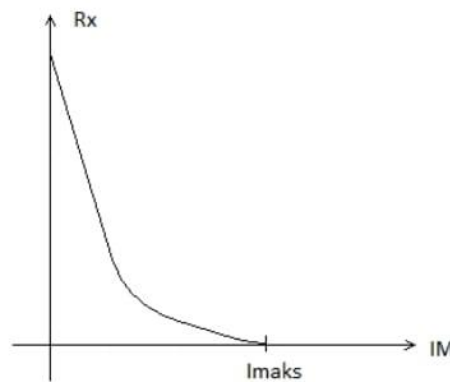
BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

Tanda negatif menunjukkan bahwa pembacaan alat ukur rendah.

2. KURVA KALIBRASI SERI

Dari persamaan R_X terlihat bahwa R_X dapat dinyatakan dalam I_M atau terdapat hubungan antara resistansi R_X (yang kita ukur) dengan arus melalui meter I_M . Perhatikan pula bahwa grafik hubungan antara R_X dan I_M disebut sebagai kurva kalibrasi. Berikut ini diperlihatkan contoh bentuk kurva kalibrasi untuk suatu ohmmeter seri.

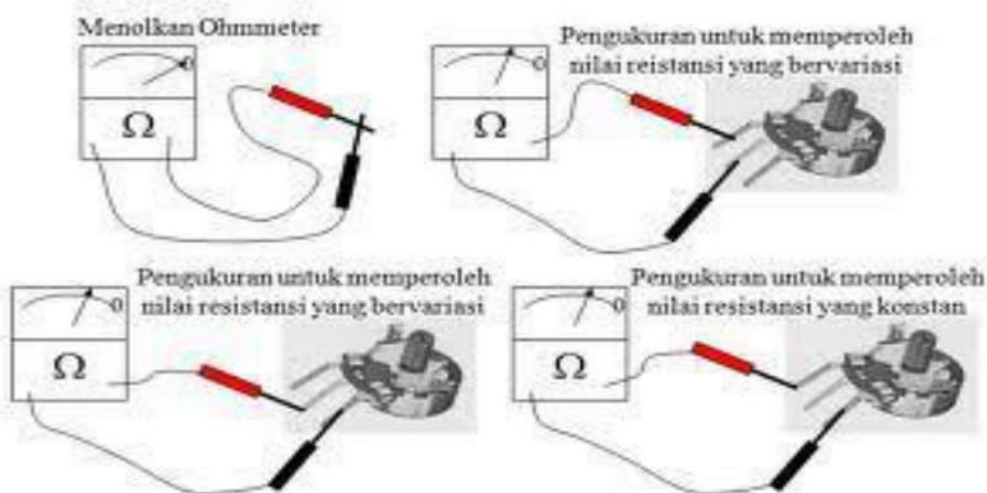


Gambar 8.5 Kurva Kalibrasi Ohmmeter Seri

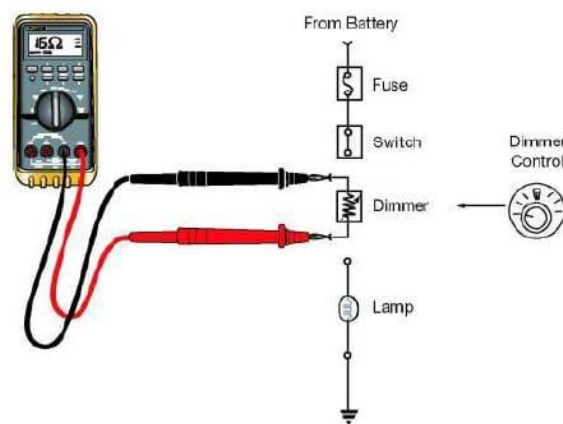
Dari kurva kalibrasi, terlihat bahwa skala ohmmeter merupakan skala yang tidak linier. Pada daerah dekat dengan harga nol terdapat skala yang jarang dan makin dekat dengan harga tak terhingga diperoleh skala yang makin rapat. Selain itu perlu diperhatikan bahwa skala ohmmeter seri harga nol ohm terletak di sebelah kanan pada simpangan maksimum.

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK



Gambar 8.6 Prinsip Pengukuran Tahanan dengan Ohmmeter Seri



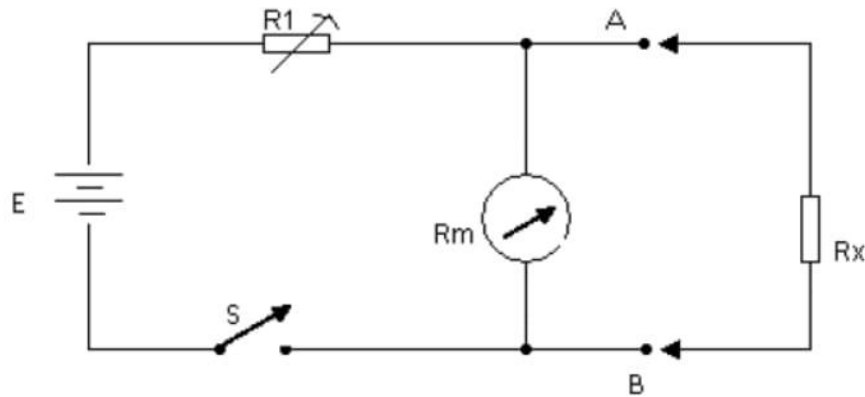
Gambar 8.7 Pengukuran Tahanan pada suatu Rangkaian Dimmer

3. OHMMETER TIPE SHUNT

Rangkaian ohmmeter tipe shunt ditunjukkan pada gambar 8.8 di bawah ini:

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK



Gambar 8.8 Ohmmeter Tipe Shunt

Rangkaian ini terdiri dari sebuah batere yang dihubung seri dengan sebuah tahanan pengatur R_1 dan gerak d'Arsonval. Tahanan yang akan diukur dihubungkan ke terminal A dan B. Pada rangkaian ini dipasang sebuah sakelar on-off untuk memutuskan hubungan batere ke rangkaian bila instrumen tidak digunakan. Bila tahanan yang tidak diketahui $R_x = 0 \Omega$ (A dan B terhubung singkat), arus yang melalui “gerakan” adalah nol. Sedangkan jika $R_x = \infty$ (A dan B terbuka), arus hanya mengalir ke “gerakan” dan melalui pengaturan R_1 jarum dapat dibuat membaca skala penuh. Berarti ohmmeter ini mempunyai tanda “nol” di sebelah kiri (tanpa arus) dan “tak terhingga” di sebelah kanan skala (defleksi paling besar).

Ohmmeter tipe shunt sesuai untuk pengukuran tahanan-tahanan rendah. Pada gambar 8.8 di atas bila $R_x = \infty$, arus skala penuh maka diperoleh:

$$I_{dp} = \frac{E}{R_1 + R_m} \dots (\text{persamaan 1})$$

Dimana:

E = Tegangan batere

R_1 = Tahanan pembatas arus

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

R_m = Tahanan dalam dari “gerakan”

$$R_1 = \frac{E}{I_{dp}} - R_m \dots (\text{persamaan 2})$$

Untuk setiap nilai R_x yang dihubungkan ke terminal-terminal arus melalui alat ukur berkurang:

$$I_m = \left\{ \frac{E}{R_1 + [R_m \times R_x / (R_m + R_x)]} \right\} \times \frac{R_x}{R_m + R_x} \dots (\text{persamaan 3})$$

Atau

$$I_m = \left\{ \frac{E \times R_x}{R_1 \cdot R_m + R_x(R_1 + R_m)} \right\} \dots (\text{persamaan 4})$$

Arus melalui alat ukur pada setiap nilai R_x dibandingkan terhadap arus skala penuh adalah sebagai berikut:

$$s = \frac{I_m}{I_{dp}} = \frac{R_x(R_1 + R_m)}{R_1(R_m + R_x) + R_m R_x} \dots (\text{persamaan 5})$$

Atau

$$s = \frac{R_x(R_1 + R_m)}{R_x(R_m + R_1) + R_m R_1} \dots (\text{persamaan 6})$$

Dengan definisi:

$$\frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m} = R_p \dots (\text{persamaan 7})$$

Oleh karena itu diperoleh:

$$s = \frac{R_x}{R_x + R_m} \dots (\text{persamaan 8})$$

Melalui persamaan di atas, alat ukur dapat dikalibrasi dengan menentukan nilai S yang dinyatakan dalam R_x dan R_p .

Pada pembacaan setengah skala ($I_m = 0,5 I_{dp}$), maka persamaan menjadi:

$$0,5 I_{dp} = \left\{ \frac{E \times R_h}{R_1 \cdot R_m + R_h(R_1 + R_m)} \right\} \dots (\text{persamaan 9})$$

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

Dimana R_h = tahanan luar yang menyebabkan defleksi setengah skala. Untuk menentukan nilai-nilai skala relatif pada nilai R_1 yang diketahui, pembacaan setengah skala dapat diperoleh dengan membagi persamaan 1 dan persamaan 9 sehingga diperoleh R_h sebagai berikut:

$$R_h = \frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m}$$

Dari persamaan – persamaan di atas dapat dilihat bahwa tahanan setengah skala ditentukan oleh tahanan batas R_1 dan tahanan dalam R_m . Ohmmeter shunt sesuai untuk pengukuran tahanan-tahanan rendah.

Contoh:

Rangkaian pada gambar 2 menggunakan gerak d'Arsonval 10 mA dengan tahanan dalam 5Ω . Tegangan baterai $E = 3 \text{ V}$. Diinginkan untuk mengubah rangkaian dengan menambah sebuah tahanan R_{sh} yang sesuai dengan gerakan sehingga instrumen menunjukkan $0,5 \Omega$ pada pertengahan skala. Tentukan (a) nilai tahanan shunt R_{sh} , (b) nilai tahanan batas R_1 .

Jawab:

a. Untuk defleksi setengah skala”

$$I_m = 0,5 I_{dp} = 5 \text{ mA}$$

Tegangan pada gerakan adalah:

$$E_m = 5 \text{ mA} \times 5 \Omega = 25 \text{ mV}$$

Karena tegangan ini muncul pada R_x , maka arus melalui R_x sebagai berikut:

$$I_x = \frac{25 \text{ mV}}{0,5 \Omega} = 50 \text{ mA}$$

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

Arus melalui gerakan (I_m) ditambah arus melalui shunt (I_{sh}) harus sama dengan arus melalui tahanan yang tidak diketahui (I_x). Oleh karena itu:

$$I_{sh} = I_x - I_m = 50 \text{ mA} - 5 \text{ mA} = 45 \text{ mA}$$

Maka tahanan shunt menjadi:

$$R_{sh} = \frac{E_m}{I_{sh}} = \frac{25 \text{ mV}}{45 \text{ mA}} = 5/9 \Omega$$

b. Arus total batere:

$$I_t = I_m + I_{sh} + I_x = 5 \text{ mA} + 45 \text{ mA} + 50 \text{ mA} = 100 \text{ mA}$$

Penurunan tegangan pada tahanan batas $R_1 = 3 \text{ V} - 25 \text{ mV} = 2,975 \text{ V}$

Maka:

$$R_1 = \frac{2,975 \text{ V}}{100 \text{ mA}} = 29,75 \Omega$$

4. KURVA KALIBRASI PARALEL

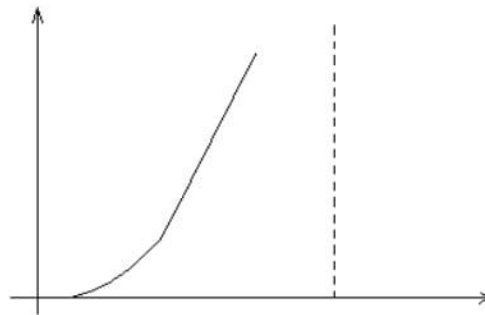
Bila dipasang resistansi R_x pada rangkaian pada gambar 8.9 maka dapat dihitung arus melalui M:

$$I_M = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_M + \frac{R_M}{R_x} (R_1 + R_2)}$$

Dari persamaan I_M di atas dapat dibuat kurva kalibrasi yaitu grafik R_x sebagai fungsi I_M . Berikut, diperlihatkan contoh bentuk kurva kalibrasi suatu ohmmeter paralel.

BAB VIII

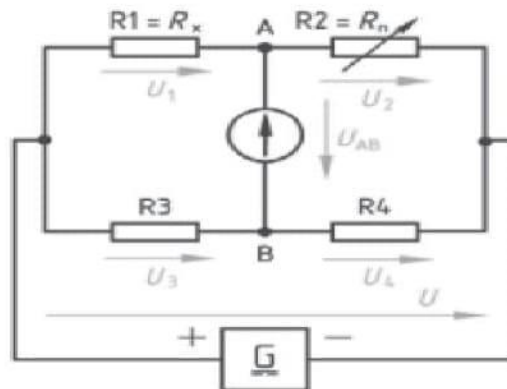
PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK



Gambar 8.9 Kurva Kalibrasi Ohmmeter Paralel

8.2.2 JEMBATAN WHEATSTONE

Pengembangan rangkaian resistor seri dan paralelmenghasilkan prinsip Jembatan Wheatstone. Sumber tegangan DC mencatu rangkaian empat buah resistor. R1 seri dengan R2, dan R3 seri dengan R4. Hukum Kirchoff tegangan menyatakan jumlah drop tegangan sama dengan tegangan sumber.



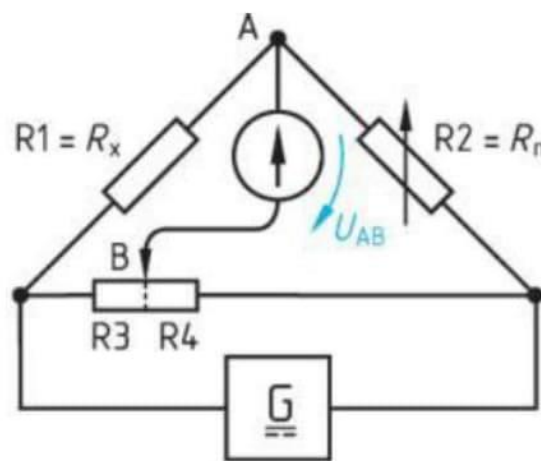
Gambar 8.10 Jembatan Wheatstone

Titik A-B dipasang Voltmeter mengukur beda tegangan, jika meter menunjukkan nol, artinya tegangan $U_1 = U_3$ disebut kondisi seimbang. Jika $U_1 \neq U_3$ disebut kondisi tidak seimbang dan meter menunjukkan angka tertentu.

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

Aplikasi praktis dipakai model gambar 8.11, di mana $R_1 = R_x$ merupakan tahanan yang dicari besarannya. $R_2 = R_n$ adalah tahanan yang bisa diatur besarannya. R_3 dan R_4 dari tahanan geser. Dengan mengatur posisi tahanan geser B, sampai Voltmeter posisi nol. Kondisi ini disebut setimbang, maka berlaku rumus kesetimbangan jembatan Wheatstone.



Gambar 8.11 Jembatan Wheatstone

Contoh:

Jembatan Wheatstone, diketahui besarnya nilai $R_2 = 40 \, \Omega$, $R_3 = 25 \, \Omega$, $R_4 = 50 \, \Omega$. Hitung besarnya R_1 dalam kondisi setimbang!

Jawab:

Jika $U_{AB} = 0 \, \text{V}$, maka:

$$R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} = \frac{40 \cdot 25}{50} = \frac{15}{50}$$

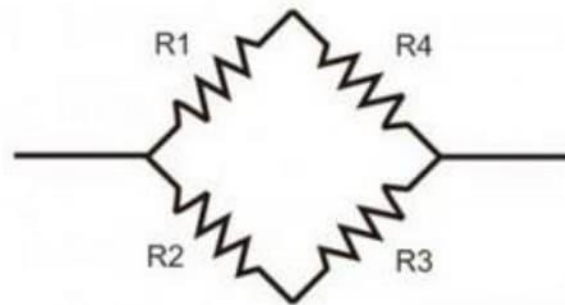
1. CARA MENENTUKAN HAMBATAN PENGANTI

Untuk mendapatkan besarnya suatu hambatan pengganti pada tiap susunan hambatan jembatan Wheatstone bisa memakai aturan dan rumus berikut:

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

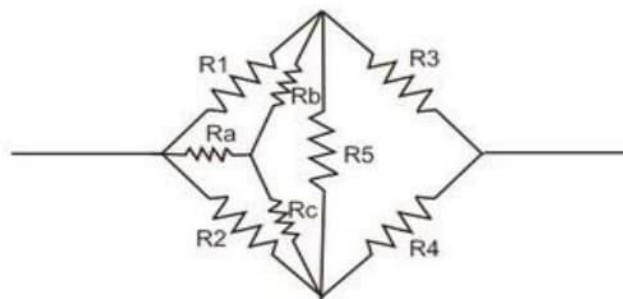
- 1) Jika perkalian silang antara R_1 dan R_3 sama dengan R_2 dan R_4 maka R_5 bisa diabaikan hingga hanya menjumlah secara seri lalu dipararelkan.



Gambar 8.12 Hambatan di Tengah ditiadakan

Sesudah hambatan tengah dianggap tidak ada, pakai prinsip seri-pararel untuk menemukan besarnya suatu hambatan pengganti.

- 2) Jika perkalian silang antara R_1 dan R_3 tak sama dengan perkalian antara R_2 dan R_4 , maka hambatan harus diganti dengan hambatan baru hingga susunan hambatannya menjadi seperti di bawah ini.



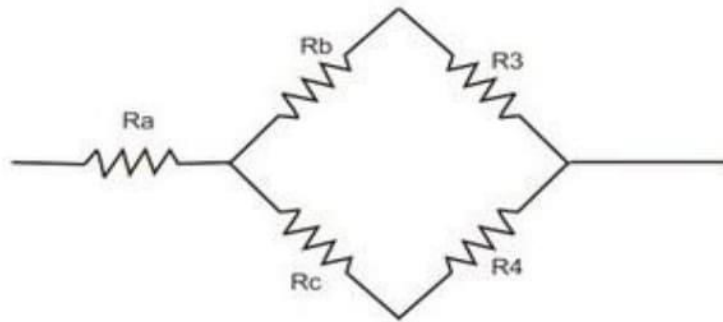
Gambar 8.13 Penggantian Hambatan (Amati Letak R_a , R_b , dan R_c)

Keterangan

R_1 , R_2 , dan R_5 diganti dengan R_a , R_b , dan R_c . Hingga susunan menjadi seperti di bawah ini.

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK



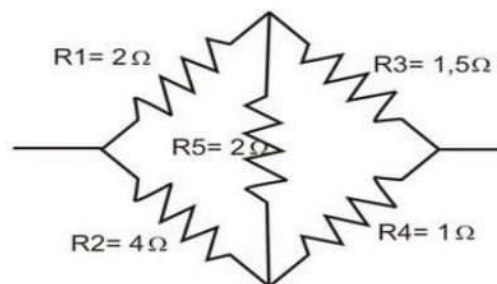
Rumus

- $R_a = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2 + R_2)$
- $R_2 = R_1 \cdot R_5 / (R_1 + R_2 + R_2)$
- $R_3 = R_2 \cdot R_5 / (R_1 + R_2 + R_2)$

Selanjutnya hanya melanjutkan dengan prinsip seri dan paralel hambatan untuk menemukan hambatan penggantinya.

Contoh:

Perhatikan gambar dibawah ini:



Tentukanlah besar hambatan penggantinya!

Jawab

$R_1, R_4 \neq R_2, R_3$

Hambatan perlu diganti hingga menjadi:

$$R_a = (2 \times 4) / (2 + 4 + 2) = 8/8 = 1 \Omega$$

$$R_b = (2 \times 2) / (2 + 4 + 2) = 4/8 = 0,5 \Omega$$

BAB VIII

PENGUKURAN TAHANAN (RESISTAN) LISTRIK

$$R_c = (4 \times 2) / (2 + 4 + 2) = 8/8 = 1 \, \Omega$$

R_b dan R₂ dirangkai seri:

$$R_{b2} = R_b + R_2 = 0,5 + 1,5 = 2 \, \Omega$$

R_c dan R₄ (dirangkai seri):

$$R_{c4} = R_c + R_4 = 1 + 1 = 2 \, \Omega$$

R_{b2} dan R_{c4} dirangkai paralel:

$$1/R_{b2c4} = 1/2 + 1/2$$

$$1/R_{b2c4} = 1$$

$$R_{b2c4} = 1 \, \Omega$$

R_a dan R_{b2c4} (dirangkai seri):

$$R_{total} = R_a + R_{b2c4}$$

$$R_{total} = 1 + 1 = 2 \, \Omega$$

Maka besarnya hambatan pengganti yaitu **2 Ω**

8.3 LATIHAN SOAL

1. Apa yang dimaksud dengan Ohmmeter dan bagaimana cara penggunaannya!
2. Pengukuran tahanan dapat dilakukan dengan berapa cara? Sebutkan!
3. Gambarkan multimeter dengan penjelasannya!
4. Bagaimana cara kalibrasi multimeter?
5. Pada jembatan wheatstone, diketahui besar nilai R₂ = 40 Ω, R₃ = 25 Ω, R₄ = 50 Ω. Hitung besarnya R₁ dalam kondisi setimbang!



BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 9, peserta didik diharapkan:

1. Mampu memahami pembacaan nilai ukur;
2. Mampu menjelaskan pengertian alat ukur arus dan tegangan listrik;
3. Mampu menjelaskan tentang bagian-bagian alat ukur listrik beserta fungsinya;
4. Mampu memahami kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan;
5. Mampu menjelaskan tentang hasil pengukuran yang dilakukan.

b. Uraian Materi

9.1 NILAI UKUR PADA SKALA UKUR ANALOG

Alat pengukur yang digunakan pada pengukuran besaran listrik, didesain khusus sesuai fungsinya. Alat pengukur tersebut adalah:

- Volt meter untuk mengukur tegangan listrik;
- Amper meter untuk mengukur arus listrik;
- KW meter untuk mengukur daya aktif;
- KVAR meter untuk mengukur daya reaktif;
- KWH meter untuk mengukur konsumsi energi listrik;
- Ohmmeter untuk mengukur tahanan listrik;
- Megger atau insulation Tester untuk mengukur tahanan isolasi;
- Earth Tester untuk mengukur tahanan pentanahan.

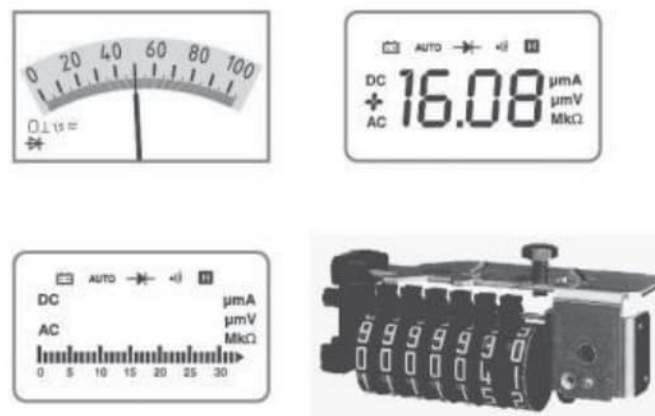
9.2 PEMBACAAN NILAI UKUR

Ada dua sistem pengukuran yaitu sistem analog dan sistem digital. Sistem analog berhubungan dengan informasi dan data analog. Sinyal analog berbentuk fungsi kontinyu, misalnya penunjukan temperatur dalam ditunjukkan oleh skala, penunjuk jarum pada skalameter, atau penunjukan

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

skala elektronik. Sistem digital berhubungan dengan informasi dan data digital. Penunjukan angka digital berupa angka diskret dan pulsa diskontinyu berhubungan dengan waktu. Penunjukan display dari tegangan atau arus dari meter digital berupa angka tanpa harus membaca dari skala meter. Sakelar pemindah frekuensi pada pesawat HT juga merupakan angka digital dalam bentuk digital.



Gambar 9.1 Alat Ukur Analog dan Digital

Dilihat dari cara menentukan nilai ukurnya, maka alat ukur/uji listrik dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Alat pengukur Analog (menggunakan jarum penunjuk), Pembacaan nilai ukurnya dilakukan dengan mengalikan penunjukan jarum dengan konstanta ukurnya. Misalnya jarum menunjukkan angka 12,5. Sedang konstanta ukurnya adalah 10 volt. Maka nilai ukurnya adalah 125 volt.
- Alat ukur Digital, pembacaan nilai ukur dapat dilakukan secara langsung.

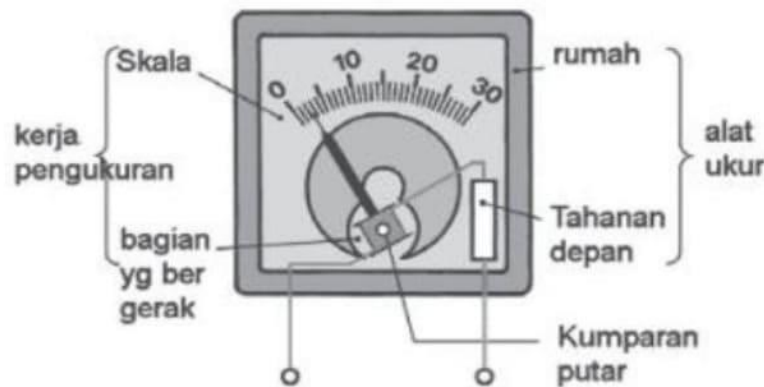
9.2.1 ALAT UKUR ANALOG

Alat ukur listrik analog merupakan alat ukur generasi awal dan sampai saat ini masih digunakan. Bagiannya banyak komponen listrik dan mekanik yang saling berhubungan. Bagian listrik yang penting adalah, magnet permanen, tahanan meter, dan kumparan putar. Bagian

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

mekanik meliputi jarum penunjuk, skala dan mur pengatur jarum penunjuk.



Gambar 9.2 Konstruksi Alat Ukur Analog

Alat ukur analog memiliki komponen putar yang akan bereaksi begitu mendapat sinyal listrik. Cara bereaksi jarum penunjuk ada yang menyimpang dulu baru menunjukkan angka pengukuran. Atau jarum penunjuk bergerak ke angka penunjukan perlahan-lahan tanpa ada penyimpangan. Untuk itu digunakan peredam mekanik berupa pegas yang terpasang pada poros jarum atau bilah sebagai penahan gerakan jarum berupa bilah dalam ruang udara. Pada meter dengan kelas industri baik dari jenis kumparan putar maupun jenis besi putar seperti meter yang dipasang pada panel meter banyak dipakai peredam jenis pegas.

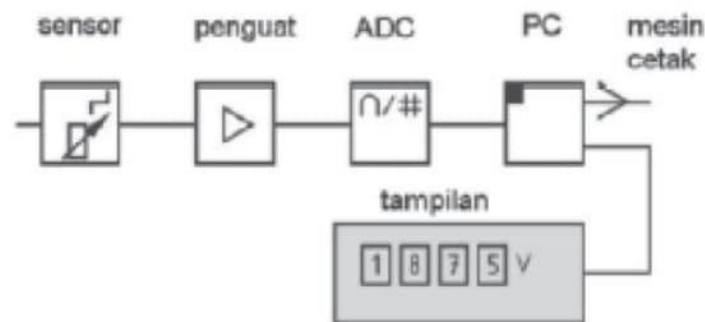
9.2.2 ALAT UKUR DIGITAL

Alat ukur digital saat sekarang banyak dipakai dengan berbagai kelebihannya, murah, mudah dioperasikan, dan praktis. Multimeter digital mampu menampilkan beberapa pengukuran untuk arus miliamper, temperatur °C, tegangan milivolt, resistansi ohm, frekuensi Hz, daya listrik mW sampai kapasitansi nF. Pada dasarnya data/informasi yang akan diukur bersifat analog. Blok diagram alat ukur

BAB IX

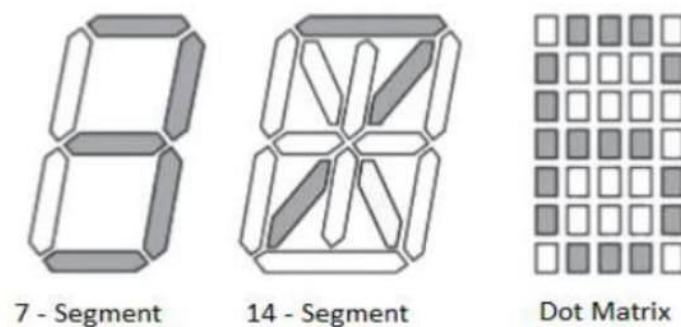
PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

digital terdiri komponen sensor, penguat sinyal analog, analog to digital converter, mikroprosesor, alat cetak, dan display digital (Gambar 9.3). Sensor mengubah besaran listrik dan non elektrik menjadi tegangan, karena tegangan masih dalam orde mV perlu diperkuat oleh penguat input.



Gambar 9.3 Prinsip Alat Ukur Digital

Sinyal input analog yang sudah diperkuat, dari sinyal analog diubah menjadi sinyal digital dengan (ADC) analog to digital akan diolah oleh perangkat PC atau mikroprosesor dengan program tertentu dan hasil pengolahan disimpan dalam sistem memori digital. Informasi digital ditampilkan dalam display atau dihubungkan dicetak dengan mesin cetak. Display digital akan menampilkan angka diskrit dari 0 sampai angka 9 ada tiga jenis, yaitu 7-segmen, 14-segmen dan dot matrik 5 x 7. Sinyal digital terdiri atas 0 dan 1, ketika sinyal 0 tidak bertegangan atau OFF, ketika sinyal 1 bertegangan atau ON.



Gambar 9.4 Tampilan Digital

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

9.2.3 PENGUKURAN LANGSUNG DAN TAK LANGSUNG

Dalam prakteknya, pengukuran besaran listrik untuk keperluan komersial, misalnya mengukur konsumsi energi listrik yang telah digunakan oleh konsumen (kWh-meter atau kVAR-meter) dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tak langsung.

Pengukuran secara langsung diterapkan pada instalasi ketenagalistrikan tegangan rendah berskala kecil. Dalam hal ini alat pengukur yang digunakan langsung dihubungkan dengan beban secara langsung.

Pengukuran secara tak langsung diterapkan pada instalasi ketenagalistrikan tegangan rendah/menengah berskala besar. Dalam hal ini alat pengukur yang digunakan dihubungkan dengan beban secara tidak langsung melainkan melalui trafo ukur yang terdiri dari trafo arus dan trafo tegangan. Untuk instalasi ketenagalistrikan tegangan rendah berskala besar biasanya hanya menggunakan trafo arus, sedang untuk instalasi ketenagalistrikan tegangan menengah/tinggi menggunakan trafo arus dan trafo tegangan.

9.2.4 TRAFO UKUR

Trafo ukur adalah trafo yang didesain khusus untuk keperluan pengukuran listrik. Ada dua jenis trafo ukur, yaitu trafo arus (CT) dan trafo tegangan (PT). Karena fungsinya hanya sebagai alat bantu dalam pengukuran maka trafo ukur didesain dengan daya rendah misalnya untuk pemakaian khusus trafo arus 30 VA.

Sesuai SPLN 76-87, trafo arus (CT) harus memiliki arus primer mulai dari 10 A, 12,5 A, 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 40 A, 50 A, 60 A, 75 A dan kelipatannya, sedang arus sekunder CT adalah 1A, 2 A dan 5 A. (kebanyakan 5 A).

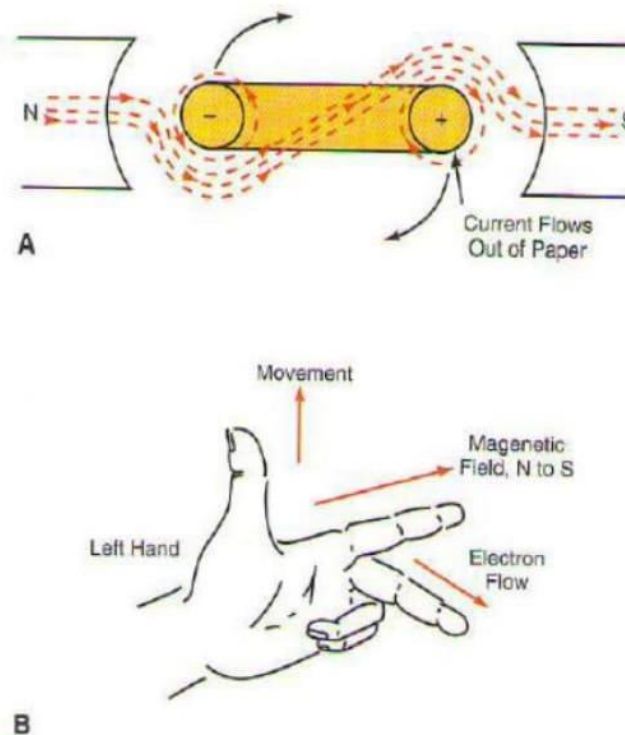
BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

Sesuai SPLN 77-87, trafo tegangan (PT) harus memiliki tegangan sekunder sebesar 100 V dengan daya sebesar 10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 dan 500 VA.

9.3 METER DASAR PPMC DAN BESI PUTAR

Pengukuran arus dan tegangan secara analog, menggunakan jarum penunjuk untuk menunjukkan nilai ukurnya. Gerakan dasar dari jarum penunjuk sistem D'arsonval diterapkan pada ampermeter dan voltmeter arus searah dan arus bolak-balik serta multimeter. Dasar pergerakan jarum pada meter D'arsonval seperti motor arus searah magnet permanen, seperti diperlihatkan pada Gambar 9.5.



Gambar 9.5 Prinsip Pembangkitan Torsi Pada Motor DC

Fenomena alam menarik yang ditemukan oleh Lorentz adalah jika ada kawat penghantar bearus berada di dalam pengaruh medan magnet seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.6A, maka di kedua sisi kawat penghantar

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

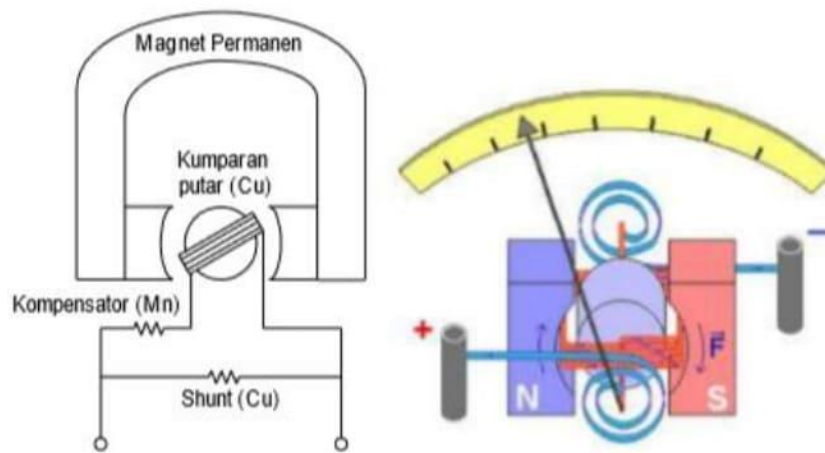
yang mendapat pengaruh medan magnet akan mendapat gaya tolak yang arahnya tergantung pada arah arus dan arah fluksi magnet yang mempengaruhinya. Selanjutnya gaya tolakan tersebut disebut gaya Lorentz. Sisi kawat penghantar yang berada pada sisi kutub utara (N) akan mendapat gaya ke atas, sedang kawat penghantar yang berada pada kutub selatan (S) mendapat gaya tolak yang mengarah ke bawah, sehingga kedua gaya tolakan tersebut menimbulkan torsi putar searah jarum jam. Hubungan antara arah listrik pada kawat penghantar, arah fluksi magnet dan arah gaya tolak dikemukakan oleh Flemming. Hubungan tersebut dikenal dengan sebutan huku Tangan Kiri Flemmig seperti diperlihatkan dalam gambar 9.5 B. Jika arah fluksi magnet sesuai dengan arah telunjuk tangan kiri, dan arah arus pada kawat penghantar searah dengan jari tengah, maka arah gaya tolak akan searah dengan ibu jari.

9.3.1 METER DASAR PPMC

Meter dasar sistem D'Arsonval ini menggunakan magnet permanen dan kumparan putar. Oleh karena itu meter D'Arsonval lazim disebut pula sebagai Permanent Magnet Moving Coil (PMMC). Yang diperlihatkan pada Gambar 5.6. Gerakan jarum sistem D'Arsonval ini membutuhkan daya yang sangat rendah dan arus kecil untuk penyimpangan jarum pada skala penuh.

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK



Gambar 9.6 Skematik Meter PPMC (D'Arsonval)

Persamaan untuk torsi yang menyebabkan jarum bergerak adalah:

$$T = B \times A \times I \times N$$

Dimana:

T = Torsi

B = Kerapatan fluksi magnet dalam Wb/m²

I_{dp} = Arus di dalam kumparan putar dalam amper

N = Jumlah lilitan kumparan putar

Gambar 9.6 memperlihatkan konstruksi meter dasar kumparan putar (PPMC) yang disederhanakan untuk memudahkan memahami sistem mekanisasi pergerakan jarum meter. Pada poros kumparan putar diberi pegas lembut sedemikian sehingga agar jarum meter dapat kembali ke posisi semula setelah arus yang menyebabkan timbulnya torsi pada kumparan putar tidak ada.

Alat ukur PPMC diterapkan pada ampermeter, voltmeter dan ohmmeter. Alat ukur berbasis kumparan putar merupakan alat ukur presisi dengan ketelitian tinggi. Tingkat ketelitian alat ukur ditentukan oleh spesifikasi meter dasar PPMC.

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

Karakteristik meter dasar PPMC yang penting yang menentukan kelas ketelitiannya adalah:

- Arus nominal meter dasar yang dinyatakan dalam mikroamper atau miliamper.
- Resistan dalam meter yang merupakan resisten dari kumparan putar yang dinyatakan dalam ohm.

Berikut ini diberikan suatu contoh kasus sebuah alat ukur PPMC dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Koil kumparan putar terdiri dari 84 lilitan, dengan panjang = 1,5 cm, dan lebar koil = 1 cm dengan nilai resisten sebesar $R_m = 88 \text{ ohm}$.
- Kerapatan fluksi magnet (B) = 0,2 Tesla (weber/m²)
- Arus nominal yang diijinkan mengalir melalui kumparan putar (I_{dp}) = 0,5 mA
- Simpangan penuh jarum sebesar 100 derajat.

Analisa:

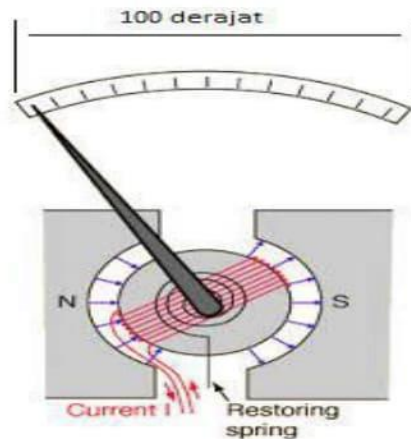
- Dengan ukuran koil yang memiliki panjang 1,5 cm dan lebar 1 cm, maka luas penampang koil (A) adalah 1,5 cm² atau $1,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$.
- Dengan kerapatan fluksi sebesar 0,2 weber/m² dan jumlah lilitan koil kumparan putar (N) = 100 lilitan, dan nilai arus yang mengalir pada koil sebesar 0,5 mA (miliamper) atau $0,5 \times 10^{-3} \text{ amper}$, maka nilai torsi yang diterima oleh koil kumparan putar (T) menurut formula torsi di atas adalah: $(0,2 \text{ weber/m}^2) (1,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2) (0,5 \times 10^{-3} \text{ amper}) (100 \text{ lilitan}) = 1,5 \times 10^{-4} \text{ Nm}$ (newtonmeter)

Jadi jika kumparan putar dialiri arus searah sebesar 0,5 mA, akan menerima torsi sebesar $1,5 \times 10^{-4} \text{ Nm}$. Torsi sebesar ini yang akan membuat jarum meter melakukan gerakan putar. Karena mekanisasi jarum dibuat sedemikian sehingga pada arus sebesar 0,5 mA, maka

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

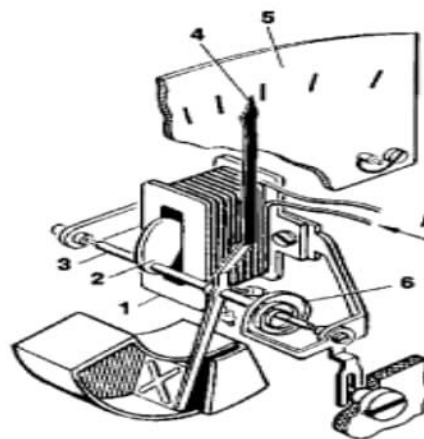
jarum akan menyimpang sebesar 100 derajat. Seperti diperlihatkan dalam Gambar 9.7.



Gambar 9.7 Pergerakan Jarum akibat Adanya Torsi

9.3.2 ALAT UKUR BESI PUTAR

Alat ukur besi putar (*moving iron*) memiliki anatomi yang berbeda dengan kumparan putar seperti diperlihatkan dalam Gambar 9.8.



Gambar 9.8 Konstruksi Meter Besi Putar Tipe Induksi

Konstruksi alat ukur besi putar terdiri atas enam bagian, yaitu (1) koil, (2) inti besi yang dapat berputar bebas pada poros, (3) poros, (4) jarum penunjuk, (5) skala ukur, dan (6) pegas. Alat ukur besi putar adalah alat ukur besaran listrik yang beroperasi berdasarkan interaksi

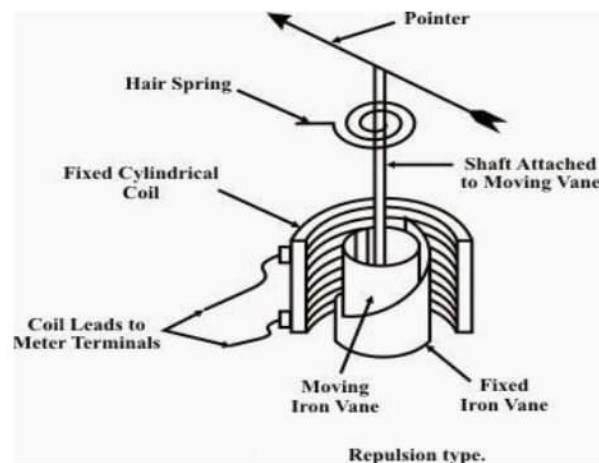
BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

antara medan magnet listrik yang besarnya proporsional dengan arus yang melewati koil magnetnya dan inti besi (*core*) yang terbuat dari bahan feromagnetik. Elemen utama alat ukur besi putar adalah:

- Measuring circuit, yang mengubah besaran yang akan diukur,
- Measuring mechanism, yang terdiri dari sistem besi putar.

Arus listrik yang mengalir ke koil membangkitkan medan magnet yang akan menarik inti besi (*core*) yang dicekam oleh poros ke dalam koil. Torsi yang bankit pada inti besi proporsional dengan kuadrat arus yang masuk ke koil. Kemudian aksi ini diteruskan oleh poros dan pegas yang membangkitkan torsi lawan yang proporsional dengan sudut rotasi pada poros. Jika torsi dan torsi-lawan berinteraksi maka poros yang dilengkapi dengan jarum penunjuk akan berputar dalam lebar sudut tertentu yang proporsional dengan kuadrat besaran yang diukurnya. Jika torsi dan torsi lawan seimbang maka jarum akan kembali ke posisi semula.



Gambar 9.9 Prinsip Besi Putar Tipe Repulsi

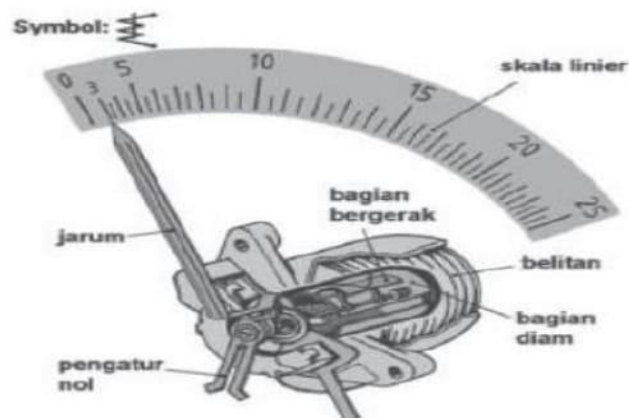
Alat ukur besi putar tipe repulsi diperlihatkan dalam Gambar 6.11. Meter ini terdiri dari dua vane silinder dari besi lunak yang terpasang pada koil magnet. Salah satu inti besi lunak terikat tetap pada rangka

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

koil magnet dan inti besi lunak lainnya bebas berputar pada poros yang dilengkapi dengan jarum penunjuk. Kedua inti besi tersebut berada di dalam medan magnet yang dibangkitkan oleh koil magnet. Koil magnet untuk ampermeter terdiri dari kawat berukuran besar dengan sedikit lilitan. Koil magnet untuk voltmeter terdiri dari kawat penghantar kecil dengan jumlah lilitan banyak.

Arus yang mengalir pada koil magnet menginduksi kedua tabung vane menjadi magnet dan gaya tolak (repulsi) antara dua magnet vane yang sama menghasilkan gerakan rotasi yang proporsional. Torsi yang dibangkitkan pada poros proporsional dengan kuadrat arus yang mengalir pada koil magnet.



Gambar 9.10 Konstruksi Besi Putar Tipe Repulsi

Gambar 9.10 memperlihatkan konstruksi sebuah meter besi putar tipe repulsi. Ampermeter besi putar memiliki ketelitian rendah, lazimnya digunakan pada amperemeter panel, dan voltmeter panel.

9.3.3 ALAT UKUR DIGITAL DAN ANALOG

Untuk keperluan pengukuran arus telah tersedia berbagai jenis ampermeter, untuk pengukuran arus searah dan arus bolak-balik, dan untuk keperluan pengukuran presisi dan untuk keperluan panel listrik. Berikut ini diberikan contoh berbagai jenis ampermeter yang tersedia di

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

pasaran untuk berbagai keperluan. Baik yang beroperasi secara analog, yakni menggunakan jarum penunjuk, dan yang beroperasi secara digital.

Gambar 9.11 memperlihatkan ampermeter analog standar dengan ketelitian tinggi, untuk mengukur arus searah dan arus bolak-balik. Ampermeter jenis ini dapat digunakan sebagai kalibrator. Sedang Gambar 9.12 memperlihatkan ampermeter analog sekunder dengan ketelitian rendah, untuk mengukur arus searah dan arus bolak-balik. Ampermeter jenis ini lazim digunakan pada panel listrik.



Gambar 9.11 Ampermeter Analog tipe Standard



Gambar 9.12 Ampermeter Analog, tipe Sekunder (Panel)

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK



Gambar 9.13 Ampermeter Digital

1. MULTIMETER ANALOG

Bagian-bagian beserta fungsinya sebagai berikut:

- a. **Sekrup pengatur posisi jarum penunjuk:** Berfungsi untuk mengatur kedudukan jarum penunjuk dengan cara memutar sekrupnya ke kanan atau ke kiri dengan menggunakan obeng pipih kecil.
- b. **Saklar pengatur posisi jarum penunjuk:** Digunakan untuk menera jarum penunjuk pada angka nol sebelum multimeter digunakan untuk mengukur nilai tahanan/resistan. Caranya : saklar pemilih diputar pada posisi W (Ohm), test lead “+” (merah) dihubungkan ke test lead “-” (hitam), kemudian tombol pengatur kedudukan 0 W diputar ke kiri atau ke kanan sehingga menunjuk pada kedudukan 0 W.
- c. **Saklar pemilih jangkauan alat ukur (selector):** Berfungsi untuk memilih posisi pengukuran dan batas ukurannya. Multimeter biasanya terdiri dari empat posisi pengukuran, yaitu:

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

1. Posisi W (Ohm) berarti multimeter berfungsi sebagai ohmmeter, yang terdiri dari lima batas ukur : x 1, x 10, x 100, x 1000, dan x 100K.
2. Posisi ACV (Volt AC) berarti multimeter berfungsi sebagai voltmeter AC yang terdiri dari lima batas ukur : 10, 50, 250, 500, dan 1000.
3. Posisi DCV (Volt DC) berarti multimeter berfungsi sebagai voltmeter DC yang terdiri dari tujuh batas ukur: 0.1, 0.25, 2.5, 10, 50, 250, dan 1000.
4. Posisi DCmA (miliampere DC) berarti multimeter berfungsi sebagai mili amperemeter DC yang terdiri dari empat batas ukur: 50 μ , 2.5m, 25m, dan 0.25.
- d. **Terminal kabel pemeriksa (+) probe merah:** Berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub + yang berwarna merah.
- e. **Terminal kabel pemeriksa (-) probe hitam:** Berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub - yang berwarna hitam.
- f. **Jarum penunjuk:** Berfungsi sebagai penunjuk besaran yang diukur.
- g. **Papan Skala:** Berfungsi sebagai skala pembacaan meter.

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

Berikut ini adalah bentuk dari multimeter analog:



Gambar 9.14 Multimeter Analog

2. MULTIMETER DIGITAL

Berikut ini adalah bentuk dari multimeter digital:



Gambar 9.15 Multimeter Analog

BAB IX

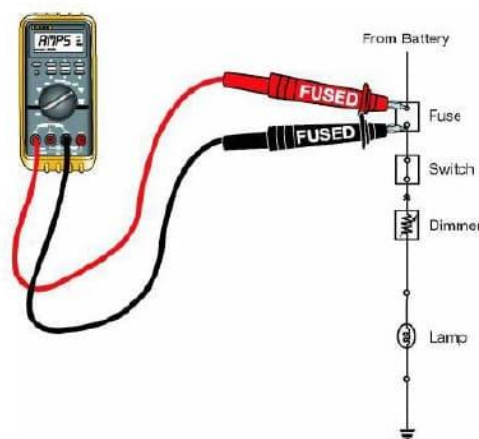
PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

9.4 PENGUKURAN ARUS SEARAH

Pengukur arus listrik ampermeter memiliki keterbatasan untuk dapat mengukur arus, tahanan dalam meter R_m membatasi kemampuan batas ukur. Meningkatkan batas ukur dilakukan dengan memasang tahanan paralel R_p dengan ampermeter. Tahanan R_p akan dialiri arus sebesar I_p , arus yang melalui meter R_m sebesar I_m .



Gambar 9.16 Prinsip Pengukuran Arus



Gambar 9.17 Prinsip Pengukuran Arus pada Rangkaian Listrik

9.4.1 DESAIN AMPERMETER

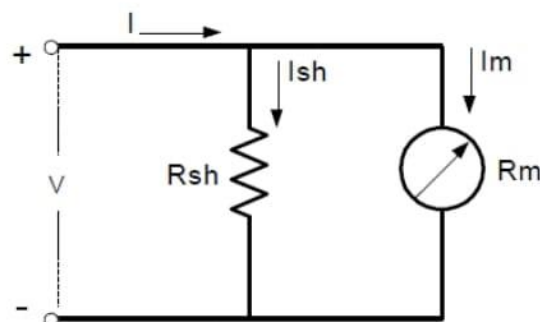
Bila sebuah meter D'Arsonval ditambah dengan sebuah tahanan paralel yang berfungsi sebagai tahanan shunt maka akan mengubah

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

gerakan d'Arsonval menjadi sebuah ampermeter arus searah, seperti yang diperlihatkan pada gambar 9.16.

Bila arus yang akan diukur oleh ampermeter besar maka diperlukan sebuah tahanan untuk mengalirkan kelebihan arus tersebut sehingga arus yang mengalir ke kumparan putarnya tetap kecil. Tahanan tersebut dipasang paralel dengan kumparan putar dan disebut sebagai tahanan shunt atau R_{sh} . Jadi R_{sh} berfungsi mem-bypass sebagian besar arus I agar arus yang mengalir ke R_m tidak melebihi arus skala penuh I_{dp} . Sebuah ampermeter arus searah mengukur arus dalam sebuah rangkaian arus searah dan dengan demikian dihubungkan seri terhadap komponen rangkaian.



Gambar 9.18 Rangkaian Dasar ampermeter DC

Batas ukur ampermeter (I) yang dibentuk dari meter d'Arsonval ini tergantung pada besarnya nilai tahanan pengali R_{sh} yang diformulasikan sebagai berikut,

$$R_{sh} = (I_m \times R_m) / (I - I_m)$$

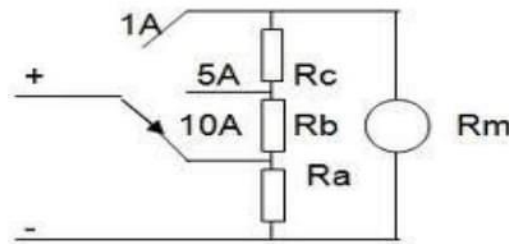
Contoh, bila meter dasar yang digunakan mempunyai data sebagai berikut, $R_m = 100 \text{ ohm}$ dan arus simpangan penuh $I_{dp} = 1 \text{ mA}$. Meter tersebut akan dijadikan sebuah ampermeter dengan batas ukur arus searah $I = 100 \text{ mA}$ maka nilai tahanan pengalinya adalah $R_{sh} = 1,01 \text{ ohm}$.

Tahanan shunt yang digunakan dalam sebuah alat ukur dasar dapat dibuat dari sebuah kawat tahanan bersuhu konstan yang ditempatkan di

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

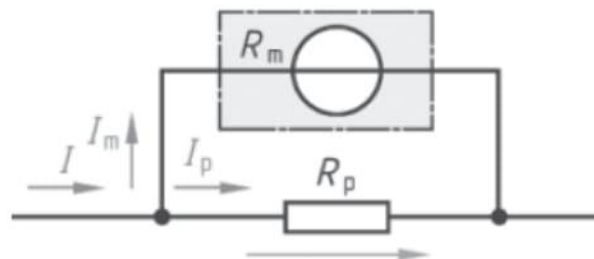
dalam alat ukur atau di luar alat ukur. Biasanya tahanan shunt ini berbentuk lempengan-lempengan bahan resistip yang disusun berjarak sama dan masing-masing ujungnya dilas ke sebuah batang tembaga besar dan berat. Ampermeter adalah instrumen untuk mengukur arus listrik. Tersedia dalam dua bentuk yaitu analog dan digital. Seperti halnya voltmeter, ampermeter juga mempunyai dua terminal. Untuk keperluan pengukuran arus listrik maka penyambungan ampermeter dilakukan secara seri dengan beban yang diukurnya.



Gambar 9.19 Tahanan Shunt untuk Multi Batas Ukur

9.4.2 PERUBAHAN BATAS UKUR

Untuk menaikkan tahanan dalam meter, didepan tahanan meter R_m seringkali ditambahkan dengan tahanan seri R_v . Sehingga tahanan dalam meter yang baru menjadi lebih besar, yaitu $(R_m + R_v)$. Tahanan paralel R_p tetap dialiri arus I_p , sedangkan arus yang melewati $(R_m + R_v)$ sebesar I_m .



Gambar 9.20 Tahanan Shunt (Paralel)

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

Persamaan tahanan paralel R_p dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R_p = \frac{U}{I_p} = \frac{U}{I - I_m}$$

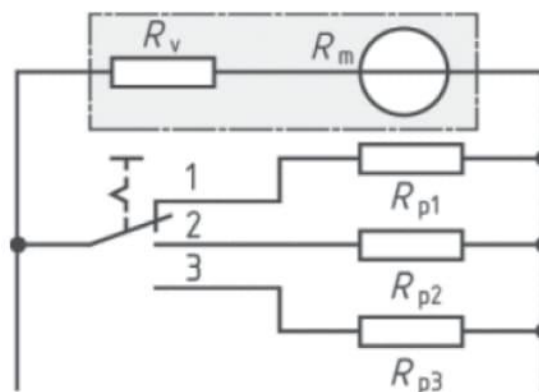
$$R_p = R_m \times \frac{I_m}{I - I_m}$$

Contoh:

Ampermeter dengan tahanan dalam $R_m = 100 \Omega$, arus yang diizinkan melewati meter $I_m = 0,6 \text{ mA}$. Ampermeter akan mengukur arus $I = 6 \text{ mA}$. Hitung tahanan paralel R_p .

$$R_p = R_m \times \frac{I_m}{I - I_m} = 100\Omega \times \frac{0,6\text{A}}{6\text{mA} - 0,6\text{mA}} = 11,1\Omega$$

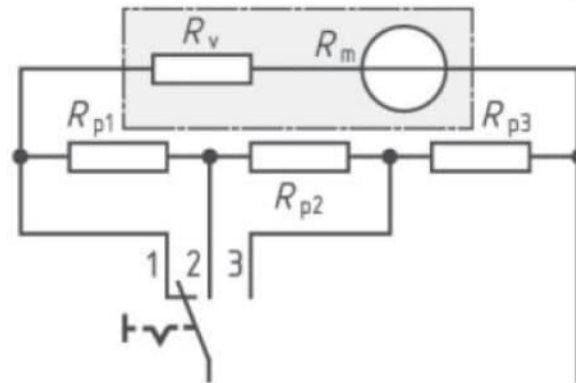
Pada kenyataannya untuk meningkatkan efektifitas alat ukur khususnya dalam mendapatkan batas ukur yang lebar, lazimnya alat ukur didisain memiliki multi batas ukur, melalui sakelar pemilih batas ukur. Misalnya suatu ampermeter dengan tiga batas ukur, memiliki tiga jenis tahanan paralel. Sakelar pada posisi 1 untuk memperoleh batas ukur skala pertama. Sakelar pada posisi 2 dipakai tahanan paralel 2 untuk memperoleh batas ukur kedua. Dan Sakelar pada posisi 3, untuk memperoleh batas ukur ketiga. Gambar 9.21 memperlihatkan prinsip meter tersebut.



Gambar 9.21 Ampermeter dengan Tiga Batas Ukur

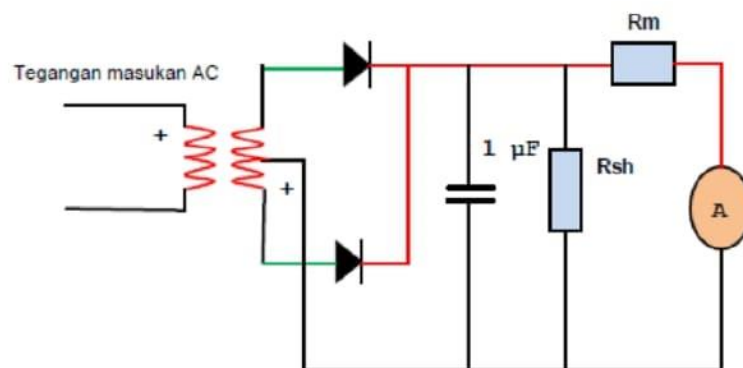
BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK



Gambar 9.22 Ampermeter dengan Tiga Batas Ukur Sistem Airtone

Pada kenyataannya, untuk memperoleh tiga batas ukur dapat pula diterapkan dengan metode Ayrtone, seperti diperlihatkan dalam Gambar 9.22 Dengan metoda berbeda dengan tujuan memperluas batas ukur, dipakai tiga tahanan paralel R_{p1} , R_{p2} , dan R_{p3} yang ketiganya disambung seri. Sakelar posisi 1, tahanan ($R_{p1} + R_{p2} + R_{p3}$) paralel dengan rangkaian ($R_v + R_m$). Sakelar posisi 2, tahanan ($R_{p2} + R_{p3}$) paralel dengan rangkaian ($R_{p1} + R_v + R_m$). Saat sakelar posisi 3, tahanan R_{p3} paralel dengan rangkaian ($R_{p1} + R_{p2} + R_v + R_m$).

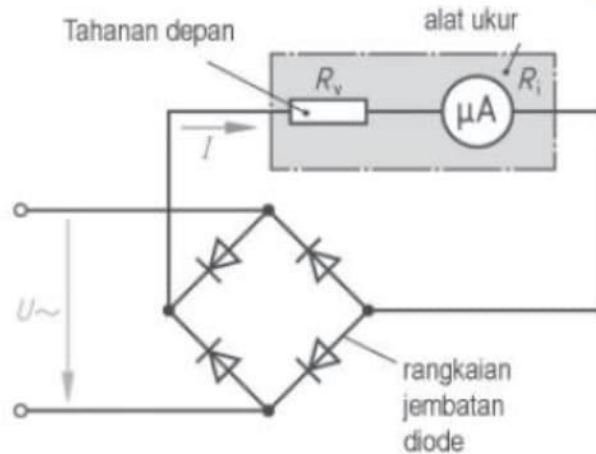


Gambar 9.23 Prinsip Ampermeter Arus Bolak-balik

Agar meter tersebut dapat digunakan untuk mengukur besaran listrik arus bolak-balik, maka perlu dipasang diode penyearah seperti diperlihatkan dalam Gambar 9.24.

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK



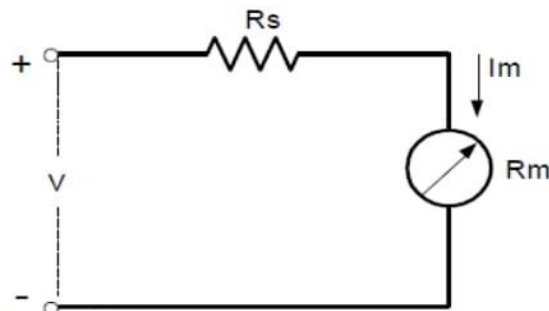
Gambar 9.24 Prinsip Voltmeter Arus Bolak-balik

9.5 PENGUKURAN TEGANGAN

Seperti pada pengukuran arus, pengukuran tegangan listrik dengan voltmeter juga memiliki keterbatasan, tahanan dalam meter R_m membatasi kemampuan batas ukur tegangan. Menaikkan batas ukur tegangan dilakukan dengan memasang tahanan seri R_s pada meter dasar. Tahanan seri R_s akan dialiri arus sebesar I_s , arus yang melalui meter R_m sebesar I_m .

9.5.1 DESAIN VOLTMETER

Bila sebuah meter D'Arsonval ditambah dengan sebuah tahanan seri yang berfungsi sebagai tahanan pengali maka akan mengubah gerakan d'Arsonval menjadi sebuah voltmeter arus searah, seperti yang diperlihatkan pada gambar 9.25.



Gambar 9.25 Rangkaian Dasar Voltmeter Arus searah

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

Tahanan pengali R_s membatasi arus ke kumparan putar (R_m) agar tidak melebihi arus skala penuh I_{dp} . Sebuah voltmeter arus searah mengukur beda potensial antara dua titik dalam sebuah rangkaian arus searah dan dengan demikian dihubungkan paralel terhadap sebuah sumber tegangan atau komponen rangkaian.

Batas ukur voltmeter (V) yang dibentuk dari meter d'Arsonval ini tergantung pada besarnya nilai tahanan pengali R_s yang diformulasikan sebagai berikut,

$$R_s = (V / I_m) - R_m$$

Contoh:

Bila meter dasar yang digunakan mempunyai data sebagai berikut, $R_m = 100 \text{ ohm}$ dan arus simpangan penuh $I_{dp} = 1 \text{ mA}$. Meter tersebut akan dijadikan sebuah voltmeter dengan batas ukur tegangan searah $V = 10 \text{ volt}$, maka nilai tahanan pengalinya adalah $R_s = 9900 \text{ ohm}$.



Gambar 9.26 Voltmeter Standard Multi Batas Ukur

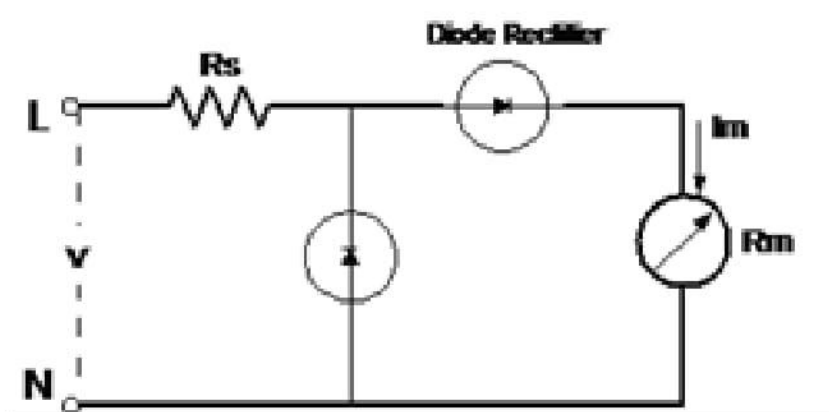
BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK



Gambar 9.27 Voltmeter Panel

Bila voltmeter arus searah tersebut ditambah dengan sebuah rangkaian penyearah (*rectifier*) yang mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah, maka meter tersebut dapat digunakan untuk mengukur tegangan bolak-balik. Jadi masalah pengukuran arus bolak-balik diperoleh dengan menggunakan sebuah rangkaian penyearah baik secara half wave hanya menggunakan satu buah diode penyearah maupun *full wafe* dengan menggunakan empat diode dalam rangkaian jembatan. Gambar 9.26 memperlihatkan skematik voltmeter arus bolak-balik yang menggunakan sebuah *diode*.



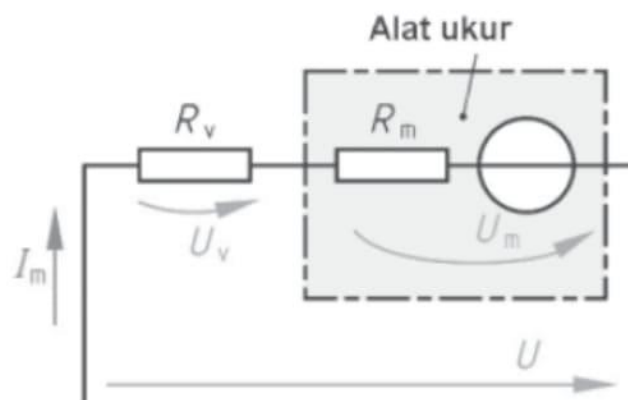
Gambar 9.28 Skematik Voltmeter Arus Bolak-Balik

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

9.5.2 PENGUKURAN TEGANGAN SEARAH

Pengukur tegangan voltmeter memiliki tahanan meter R_m . Tahanan dalam meter juga menunjukkan kepekaan meter, disebut I_{fsd} (*full scale deflection*) arus yang diperlukan untuk menggerakkan jarum meter pada skala penuh. Untuk menaikkan batas ukur voltmeter harus dipasang tahanan seri sebesar R_V .

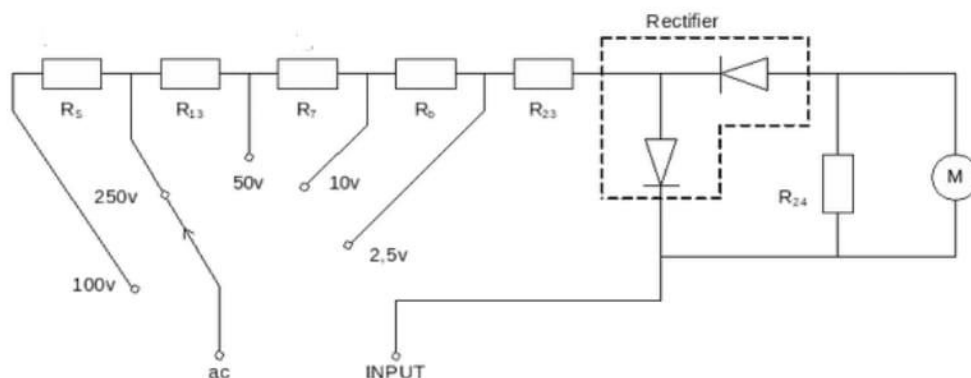


Gambar 9.29 Rangkaian Dasar Voltmeter

Persamaan tahanan seri meter R_V :

$$R_V = \frac{U_V}{I_m} = \frac{U - U_m}{I_m}$$

Gambar 9.30 memperlihatkan rangkaian dasar voltmeter arus bolak-balik, dengan lima batas ukur.



Gambar 9.30 Rangkaian Dasar Voltmeter Arus Bolak-balik

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

Contoh:

Pengukur tegangan voltmeter memiliki arus meter 0,6 mA dan tegangan meter 0,3V. Voltmeter akan digunakan untuk mengukur tegangan 1,5 V. Hitung besarnya tahanan seri meter R_v .

Jawab:

$$R_v = \frac{U_v}{I_m} = \frac{U - U_m}{I_m} = \frac{1,5V - 0,3V}{0,6mA} = 2k\Omega$$

Bila voltmeter tersebut diinginkan mempunyai batas ukur 10 VAC, maka nilai tahanan pengalinya dapat ditentukan sebagai berikut: Asumsikan nilai tahanan diode arah maju $R_d = 400 \text{ ohm}$ dan akibat adanya *diode rectifier* kita dapatkan nilai tegangan searah sebesar:

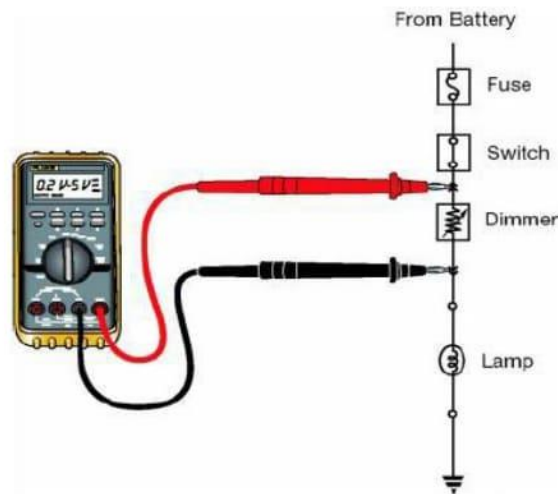
$E_{dc} = 0,45 \times 10 \text{ VAC} = 4,5 \text{ VDC}$ $R_t = E_{dc} / I_m = 4,5 \text{ V} / 1 \text{ mA} = 4500 \text{ ohm}$ Jadi nilai tahanan pengali R_s adalah

$$R_s = R_t - R_d - R_m = 4500 - 400 - 100 = 4000 \text{ ohm.}$$

Voltmeter adalah instrumen untuk mengukur tegangan listrik. Tersedia dalam dua bentuk yaitu analog dan digital. Alat ukur ini mempunyai dua terminal. Untuk keperluan pengukuran tegangan listrik maka penyambungan voltmeter dilakukan secara parallel dengan beban yang diukurnya.

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK



Gambar 9.31 Pengukuran Tegangan pada Rangkaian Listrik

9.6 MULTIMETER DIGUNAKAN UNTUK MENGUKUR TEGANGAN DC

Untuk mengukur tegangan DC (misal dari baterai atau power supply DC), saklar pemilih multimeter diatur pada kedudukan DCV dengan batas ukur yang lebih besar dari tegangan yang akan diukur. Test lead merah pada kutub (+) multimeter dihubungkan ke kutub positif sumber tegangan DC yang akan diukur, dan test lead hitam pada kutub (-) multimeter dihubungkan ke kutub negatif (-) dari sumber tegangan yang akan diukur. Hubungan semacam ini disebut hubungan paralel. Untuk mendapatkan ketelitian yang paling tinggi, usahakan jarum penunjuk meter berada pada kedudukan paling maksimum, caranya dengan memperkecil batas ukurnya secara bertahap dari 1000 V ke 500 V; 250 V dan seterusnya. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan multimeter.

BAB IX

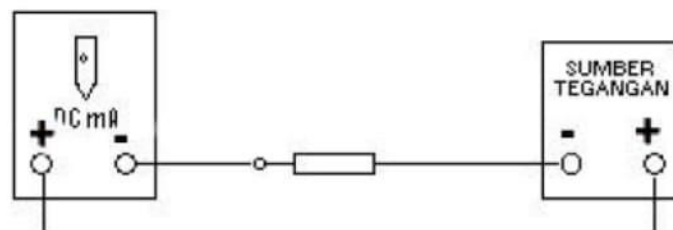
PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

9.7 MULTIMETER DIGUNAKAN UNTUK MENGUKUR TEGANGAN AC

Untuk mengukur tegangan AC dari suatu sumber listrik AC, saklar pemilih multimeter diputar pada kedudukan ACV dengan batas ukur yang paling besar misal 1000 V. Kedua test lead multimeter dihubungkan ke kedua kutub sumber listrik AC tanpa memandang kutub positif atau negatif. Selanjutnya caranya sama dengan cara mengukur tegangan DC di atas.

9.8 MULTIMETER DIGUNAKAN UNTUK MENGUKUR ARUS DC

Untuk mengukur arus DC dari suatu sumber arus DC, saklar pemilih pada multimeter diputar ke posisi DCmA dengan batas ukur 500 mA. Kedua test lead multimeter dihubungkan secara seri pada rangkaian sumber DC (perhatikan gambar 9.32).



Gambar 9.32 Multimeter Untuk Mengukur Arus DC

Ketelitian paling tinggi akan didapatkan bila jarum penunjuk multimeter pada kedudukan maksimum. Untuk mendapatkan kedudukan maksimum, saklar pilih diputar setahap demi setahap untuk mengubah batas ukurnya dari 500 mA; 250 mA; dan 0, 25 mA. Yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan multimeter.

BAB IX

PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

9.9 LATIHAN SOAL

1. Sebutkan alat pengukur yang sering digunakan yang kalian ketahui!
(Minimal 5 alat ukur)
2. Jelaskan perbedaan antara pengukuran langsung dan pengukuran tak langsung!
3. Alat ukur listrik dapat dibedakan menjadi berapa? Sebutkan!
4. Sebutkan bagian-bagian dari multimeter analog beserta fungsinya!
5. Ampermeter dengan tahanan dalam $R_m = 100 \, \Omega$, arus yang diizinkan melewati meter $I_m = 0,6 \, \text{mA}$. Ampermeter akan mengukur arus $I = 6 \, \text{mA}$. Hitung tahanan paralel R_p !



BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 10, peserta didik diharapkan:

1. Mampu memahami pengukuran daya listrik;
2. Mampu memahami pengukuran energi listrik;
3. Mampu memahami pengukuran daya reaktif dan faktor daya;

b. Uraian Materi

10.1 PENGUKURAN DAYA LISTRIK

Untuk memahami kondisi operasi pengukuran daya listrik. Kegiatan belajar dimulai dengan melakukan pengamatan pengukuran daya listrik yang didemonstrasikan oleh guru.

10.1.1 PENGUKURAN DAYA LISTRIK SATU FASA

Pengukuran daya pada sistem arus balik dibedakan menjadi tiga jenis daya, yaitu:

- a. Daya semu (S) yang diukur dalam satuan VA atau kVA
- b. Daya Aktif (P) yang diukur dalam satuan watt atau kW
- c. Daya Reaktif (Q) yang diukur dalam satuan VAR atau kVAR

Hubungan antara ketiga daya tersebut dapat dijelaskan dengan mudah melalui segitiga daya, sebagai berikut:



Gambar 10.1 Diagram Segitiga Daya

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

Sesuai dengan Hukum Pitagoras, maka hubungan ketiga daya tersebut secara matematis dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\cos\alpha = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya semu}}$$

$$\sin\alpha = \frac{\text{Daya reaktif}}{\text{Daya semu}}$$

Dari dua persamaan di atas dapat kita ubah menjadi:

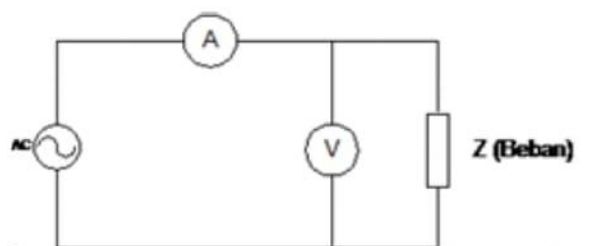
$$\text{Daya aktif} = \text{Daya semu} \times \cos\alpha$$

$$\text{Daya semu} = \frac{\text{Daya aktif}}{\cos\alpha}$$

$$\text{Daya reaktif} = \text{Daya semu} \times \sin\alpha$$

Jadi, jika dua parameter diketahui maka parameter lainnya dapat ditentukan. Bila daya semu diketahui dan besar beda fasa antara daya aktif dan daya semu diketahui maka nilai daya aktifnya dapat ditentukan. Sebagai contoh, diketahui daya semu $S = 50 \text{ kVA}$, dan sudut beda fasanya 60° busur, maka daya aktif $P = 50 \text{ kVA} \times \cos 60^\circ = 25 \text{ kW}$.

Contoh lain, diketahui daya semu $S = 50 \text{ kVA}$, dan Daya Aktif $P = 25 \text{ kW}$, maka daya reaktif kVAr . Pengukuran daya semu (Q) dapat dengan mudah dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang ada pada suatu rangkaian arus bolak-balik seperti diperlihatkan pada gambar 10.2.



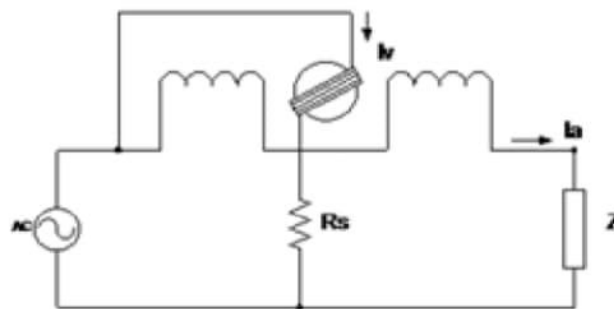
Gambar 10.2 Rangkaian Pengukuran Daya Semu (S) Langsung

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

10.1.2 DESAIN WATTMETER

Wattmeter adalah instrumen untuk mengukur daya aktif. Tersedia dalam dua bentuk yaitu analog dan digital. Daya aktif merupakan perkalian antara daya semu (S) yaitu perkalian tegangan (V) dan arus (I) dan faktor daya ($\cos \alpha$). Oleh karena itu wattmeter mempunyai dua kumparan, yaitu kumparan putar untuk mendeteksi nilai tegangan dan kumparan statis untuk mendeteksi nilai arus yang diukur. Konstruksi Wattmeter seperti tersebut lazim disebut sebagai wattmeter tipe elektrodinamis atau elektrodinamometer. Prinsip Bergeraknya jarum berdasarkan prinsip berputarnya motor listrik. Gambar 10.2 memperlihatkan skematik diagram watt meter elektrodinamis.



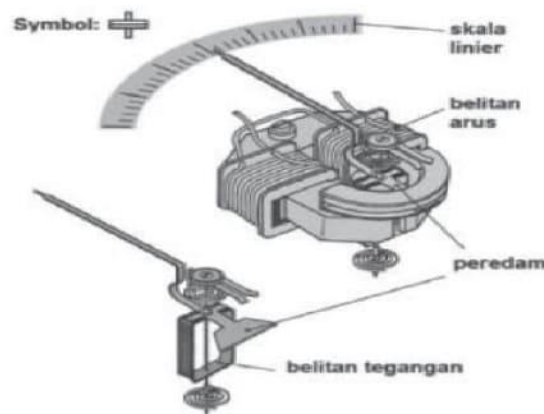
Gambar 10.3 Diagram Skematik Wattmeter Elektrodinamis

Dalam gambar 10.3 dapat dilihat bahwa kumparan putar dipasang paralel dengan beban sehingga berfungsi sebagai kumparan tegangan dan kumparan tetap dipasang seri dengan beban sehingga ia berfungsi sebagai kumparan arus. Skala pembacaan dikalibrasi dalam satuan watt atau kW.

Wattmeter elektrodinamis ini termasuk alat ukur presisi dan dapat digunakan pada jaringan arus searah dan arus bolak-balik.

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

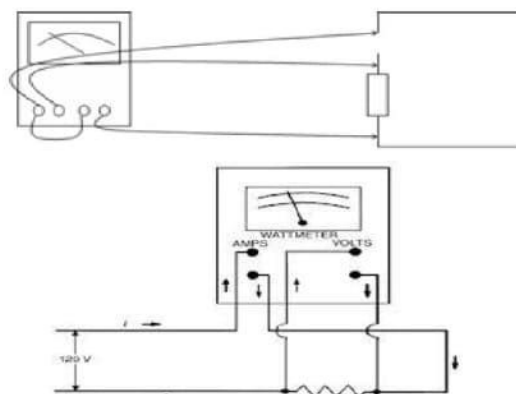


Gambar 10.4 Konstruksi Elektrodinamis

Alat ukur elektrodinamis memiliki dua jenis belitan kawat, yaitu belitan kawat arus yang dipasang, dan belitan kawat tegangan sebagai kumparan putar terhubung dengan poros dan jarum penunjuk (Gambar 10.5). Interaksi medan magnet belitan arus dan belitan tegangan menghasilkan sudut penyimpangan jarum penunjuk sebanding dengan daya yang dipakai beban:

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

Pemakaian alat ukur elektrodinamik sebagai pengukur daya listrik atau wattmeter. Untuk keperluan pengukuran daya listrik maka penyambungan wattmeter dilakukan sebagai berikut:



Gambar 10.5 Rangkaian Pengukuran Daya Aktif dengan Wattmeter

BAB X

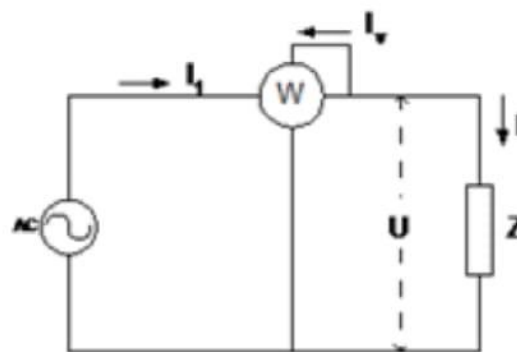
PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA



Gambar 10.6 Wattmeter Standard

10.1.3 MENGENAL KESALAHAN UKUR PADA PENGUKURAN DAYA DENGAN WATTMETER

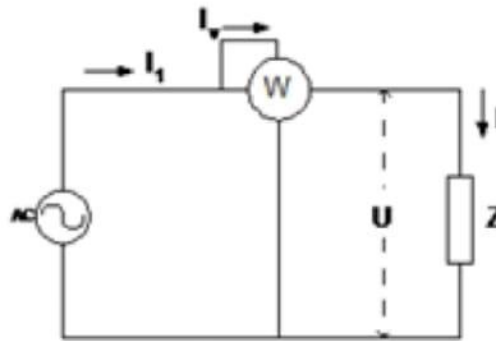
Wattmeter elektrodinamis memiliki sepasang kumparan, yaitu kumparan arus dan kumparan tegangan. Cara penyambungan kedua kumparan tersebut akan menentukan nilai kesalahan ukur yang akan diperoleh. Untuk jelasnya perhatikan cara penyambungan wattmeter yang diperlihatkan pada gambar 10.7a dan 10.7b.



(a)

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA



(b)

Gambar 10.7 Penyambungan Wattmeter Elektrodinamis

Pada Gambar 10.7a, kumparan arus mendeteksi arus beban $I + I_v$, dan kumparan tegangannya mendeteksi tegangan beban U . Akibatnya daya yang diukur wattmeter merupakan daya beban ditambah daya disipasi kumparan tegangan. Oleh karena itu cara ini sesuai untuk pengukuran arus besar. pada gambar 10.7.b, kumparan arus beban I , dan kumparan tegangannya mendeteksi tegangan beban $U + U_a$. Akibatnya daya yang diukur wattmeter merupakan daya beban ditambah daya disipasi kumparan arus. Oleh karena itu cara ini sesuai untuk pengukuran arus kecil.

10.1.4 PENGUKURAN DAYA SISTEM TIGA FASA

Sejauh ini kita baru membahas sistem pengukuran arus, tegangan dan daya pada sistem satu fasa. Berikut ini akan dibahas pengukuran daya pada sistem jala-jala tiga fasa. Pada sistem distribusi daya tiga fasa maka dikenal sistem tiga fasa dengan beban seimbang dan sistem distribusi daya dengan beban tak seimbang. Jenis beban ini akan menentukan cara melakukan pengukuran daya pada sistem tiga fasa.

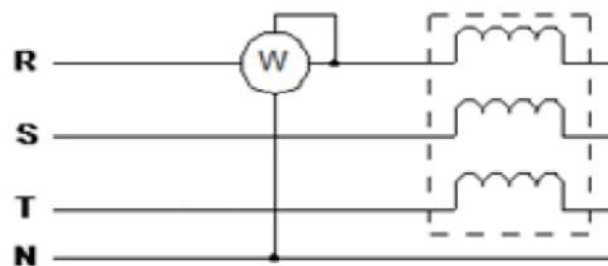
BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

1. PENGUKURAN DAYA TIGA FASA DENGAN SATU WATTMETER

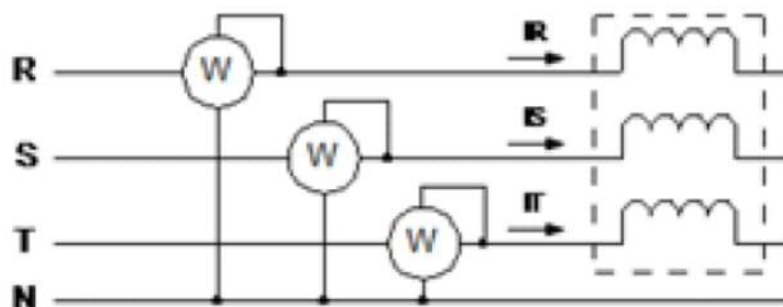
Pengukuran daya tiga fasa dengan satu wattmeter hanya dapat diterapkan bila beban tiga fasa dalam keadaan seimbang (simetris). Beban tiga fasa dikatakan seimbang bila arus yang mengalir pada setiap fasanya sama, dengan demikian daya yang dipikul oleh setiap fasanya sama. Sehingga daya totalnya adalah tiga kali daya masing-masing fasa.

Misalkan wattmeter pada gambar 10.8 menunjukkan nilai 1500 watt (1,5 kW) maka daya tiga fasanya adalah $3 \times 1,5 \text{ kW} = 4,5 \text{ kW}$.



Gambar 10.8 Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Satu Wattmeter

2. PENGUKURAN DAYA TIGA FASA DENGAN TIGA WATTMETER



Gambar 10.9 Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Tiga Wattmeter

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

Pengukuran daya tiga fasa dengan tiga wattmeter hanya diterapkan bila beban tiga fasa dalam keadaan tak seimbang (asimetris). Beban tiga fasa dikatakan tak seimbang bila arus yang mengalir pada setiap fasanya tidak sama, dengan demikian daya yang dipikul oleh setiap fasanya juga tidak sama. Sehingga daya totalnya adalah penjumlahan daya masing-masing fasa.

Misalkan wattmeter pertama pada gambar 10.9 menunjukkan nilai 1500 watt (1,5 kW), wattmeter kedua menunjukkan nilai 2 kW dan wattmeter ketiga menunjukkan nilai 1,2 kW, maka daya tiga fasanya adalah 3,7 kW.

3. PENGUKURAN DAYA TIGA FASA DENGAN DUA WATTMETER



Gambar 10.10 Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Dua Wattmeter

Pengukuran daya tiga fasa dengan dua wattmeter hanya diterapkan bila beban tiga fasa dalam keadaan tak seimbang (asimetris). Tetapi karena alasan ekonomis maka pengukuran daya tiga fasa tak simetris dapat dilakukan dengan menggunakan dua wattmeter. Pada cara dua wattmeter ini saluran netral tidak digunakan. Selanjutnya nilai daya aktif tiga fasanya didapat dengan menjumlahkan penunjukkan kedua wattmeter tersebut.

Kelebihan lain cara pengukuran daya tiga fasa dengan dua wattmeter adalah, dengan penunjukkan kedua wattmeter tersebut

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

dapat digunakan juga untuk menentukan daya semu dan daya reaktif serta sudut geseran fasanya sekaligus, yaitu sebagai berikut:

Misalkan wattmeter pertama pada gambar 10.10 menunjukkan nilai 2,5 kW, wattmeter kedua menunjukkan nilai 2 kW, maka daya aktif tiga fasa

$$P = 2,8 \text{ kW} + 1,7 \text{ kW} = 4,5 \text{ kW}.$$

Daya reaktif tiga fasa

$$Q = \sqrt{3} \times (W_1 - W_2) = 1,9 \text{ kVAR}$$

Daya semu tiga fasa

$$S = P + jQ = 4,5 + j 1,9 = 4,9 \text{ kVA}$$

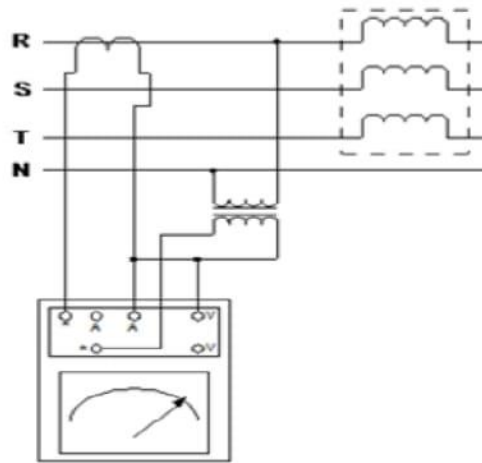
$$\text{Sudut } \phi = \text{arc tg. } (P / S) = \text{arc. tg. } (4,5 / 4,9) = 47,30.$$

10.1.5 PENYAMBUNGAN WATTMETER SECARA TAK LANGSUNG

Sampai sejauh ini yang kita lakukan adalah penyambungan meter baik ampermeter, voltmeter dan wattmeter secara langsung. Penyambungan meter secara langsung hanya dapat diterapkan pada beban rendah. Bagi beban tinggi di mana arus fasanya besar dan mungkin juga tegangan fasanya, maka dilakukan cara lain yaitu penyambungan meter secara tidak langsung. Penyambungan secara tidak langsung dilakukan dengan memanfaatkan trafo ukur yang terdiri dari trafo arus dan trafo tegangan seperti diperlihatkan dalam gambar 10.11.

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA



Gambar 10.11 Pengukuran Daya Tiga Fasa dengan Satu Wattmeter secara Tidak Langsung

Trafo ukur merupakan piranti pembantu yang sangat penting dalam pengukuran secara tidak langsung. Dalam prakteknya trafo ukur telah distandarisasi, yaitu nilai sekunder untuk trafo arus adalah 5 amper dan nilai sekunder untuk trafo tegangan adalah 100 volt. Sedangkan untuk nilai primernya tersedia dalam banyak harga untuk memenuhi berbagai kebutuhan jaringan distribusi tenaga listrik.

Dalam pengukuran secara tidak langsung, perlu memahami benar polaritas dari trafo ukur yang digunakan. Kesalahan dalam menentukan polaritas dapat menyebabkan kegagalan dalam menentukan nilai pengukurannya. Oleh karena perhatikan benar-benar polaritas trafo arus dan trafo tegangannya.

10.2 PENGUKURAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK

Instrumen untuk mengukur energi listrik lazim disebut sebagai energimeter. Instrumen tersebut juga dikenal dengan sebutan watt-hour meter (Wh-meter). Energimeter merupakan perangkat integrasi. Ada beberapa tipe energimeter. Dilihat dari sumber tegangannya dibedakan energimeter satu fasa dan energimeter tiga fasa. Pengukuran energilistrik

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

menjadi sangat penting dalam dunia bisnis ketenagalistrikan. Energimeter merupakan instrumen yang paling banyak dipakai untuk mengukur konsumsi energi listrik pada suatu instalasi listrik domestik maupun komersial. Energi listrik diukur dalam satuan kilo watt-jam (kWh) dengan energimeter. Oleh karena itu energimeter juga lazim disebut sebagai kWh-meter.

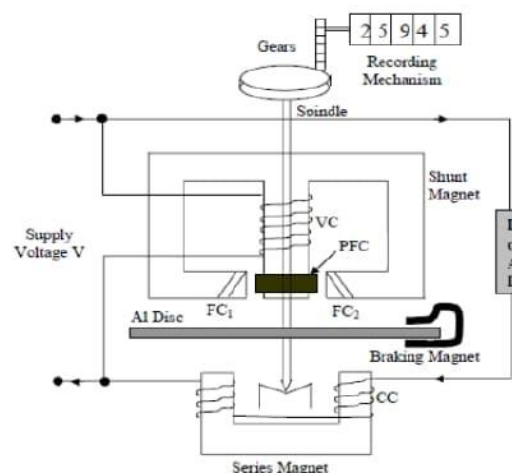
10.2.1 PENGUKURAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK SATU FASA

Konstruksi sebuah energimeter untuk mengukur konsumsi energi pada instalasi listrik sistem satu fasa terdiri dari:

1. *Driving system*
2. *Moving system*
3. *Braking system*, dan
4. *Registering system*

1. DRIVING SYSTEM

Driving system pada energimeter terdiri dari dua elektromagnetik dari baja silikon berlaminasi, shunt magnet dan series magnet seperti diperlihatkan dalam gambar 10.12.



Gambar 10.12 Konstruksi Energimeter Satu Fasa

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

Elektromagnetik M1 disebut series magnet dan elektromagnetik M2 disebut sebagai shunt magnet. Series magnet M1 mempunyai koil magnet yang terdiri dari beberapa lilitan kawat penghantar berdiameter lebih besar. Koil ini disebut sebagai koil arus atau current coil (CC) dan koil ini terhubung seri dalam rangkaian. Arus beban (*load*) mengalir melalui koil ini. Shunt magnet M2 mempunyai koil magnet yang terdiri dari banyak lilitan kawat penghantar berdiameter kecil. Koil ini disebut sebagai koil tegangan atau voltage coil (VC) dan koil tegangan ini terhubung paralel dengan sumber tegangan (*supply voltage*).

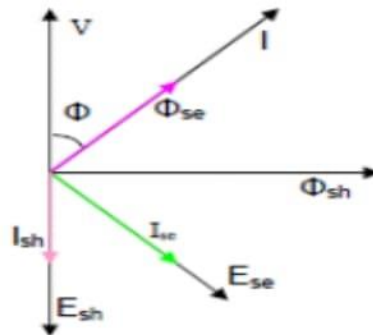
Jadi kWh-meter juga mempunyai 4 terminal dan cara penyambungannya sama seperti watt meter. Tetapi hanya berbeda di dalam konstanta ukurnya. Pada bagian bawah inti shunt magnet dipasang kawat penghantar yang terhubung singkat (*cooper band*) yang disebut sebagai power factor compensator (PFC). Dengan mengatur posisi PFC maka flusi shunt magnet dapat dibuat tertinggal terhadap tegangan sumber sebesar 90°. Kemudian pada shunt magnet dilengkapi juga dengan cooper shading yang terpasang di kedua kaki luar shunt magnet (FC1 dan FC2) yang berfungsi sebagai *frictional compensation*.

2. MOVING SYSTEM

Moving system adalah sistem mekanisasi pada energimeter yang terdiri dari piringan atau cakram tipis terbuat dari aluminium terpasang pada spindle dan diletakkan pada celah udara antara series magnet dan shunt magnet, sehingga akan diinduksikan eddy current pada piringan aluminium tersebut. Karena medan magnet yang dibangkitkan pada series magnet dan pada shunt magnet berbeda fasa 90 derajat, maka akan dibangkitkan medan putar seperti halnya yang terjadi motor kutub bayangan (*shaded pole*) sehingga piringan berputar.

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA



Gambar 10.13 Phasor Diagram Energimeter

Keterangan:

V = Tegangan sumber

I = arus beban tertinggal terhadap tegangan sumber

$\cos \phi$ = faktor kerja beban (tertinggal)

I_{sh} = Arus yang diakibatkan oleh ϕ_{sh} dalam piringan

I_{se} = arus yang diakibatkan oleh ϕ_{se} dalam piringan

3. BRAKING SYSTEM

Braking system terdiri dari magnet permanen yang disebut sebagai rem magnet. Magnet permanen tersebut diletakkan di ujung piringan. Jika piringan berputar dalam medan magnet permanen akan diinduksikan eddy current. Eddy current yang bangkit akan bereaksi dengan fluksi dan menghasilkan torsi yang melawan gerakan piringan. Torsi pengereman ini proporsional dengan kecepatan putar piringan.

4. REGISTERING SYSTEM

Spindle pada piringan terhubung pada mekanisasi pencacah mekanik. Mekanisasi pencacah (counter) mencatat nomor yang proporsional dengan jumlah putaran piringan. Pencacah dikalibrasi untuk menampilkan jumlah konsumsi energi listrik dalam satuan kilo watt-hour (kWh).

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

Jumlah putaran piringan akan tercatat pada piranti pencacah mekanik. Kemudian jumlah putaran yang tercatat pada piranti pencacah mekanik dikalibrasi sebagai jumlah konsumsi energi yang telah terpakai. Konstanta ukur dalam kWh-meter adalah jumlah putaran piringan meter untuk menentukan nilai kWh-nya yang diberi simbol C. (Misalnya C = 1250 r/kWh).

Contoh:

Sebuah kWh-meter yang terpasang pada instalasi listrik satu fasa untuk mencatat konsumsi energi yang telah terpakai selama enam menunjukkan piringan meter telah berputar sebanyak 1800 putaran. Jika konstanta energimeter tersebut 1250 rph/kWh, tentukan nilai energi listrik yang sudah terpakai selama enam jam.

Penyelesaian:

Jadi jumlah konsumsi energi selama enam jam adalah:

$$W = \frac{1800rph}{1200rph/kWh} = 1,5kWh$$

10.2.2 SISTEM PENGUKURAN ENERGI LISTRIK TIGA FASA

Pada gambar 10.14 diperlihatkan konstruksi kWh-meter tiga fasa dan pengawatannya. kWh-meter tiga fasa mempunyai sepuluh terminal. Torsi yang mengerakkan piringan putarnya merupakan penjumlahan torsi masing-masing fasa. Selanjutnya piringan putarnya menggerakkan mekanik pencatat, dan dikalibrasikan untuk menunjukkan energi total yang digunakan oleh jaringan sistem tiga fasa.

Untuk keperluan penentuan konsumsi energi yang telah digunakan pemakai, maka dibedakan kWh-meter tarif Tunggal dan kWh-meter tarif Ganda. kWh-meter tarif Ganda digunakan untuk mengukur energi (kAh) selama waktu Beban Puncak (WBP) dan selama waktu di luar

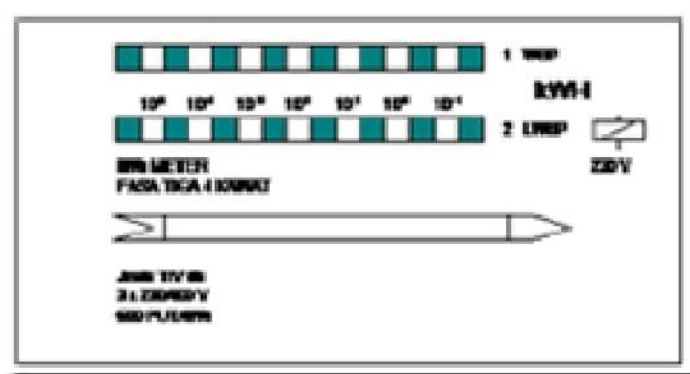
BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

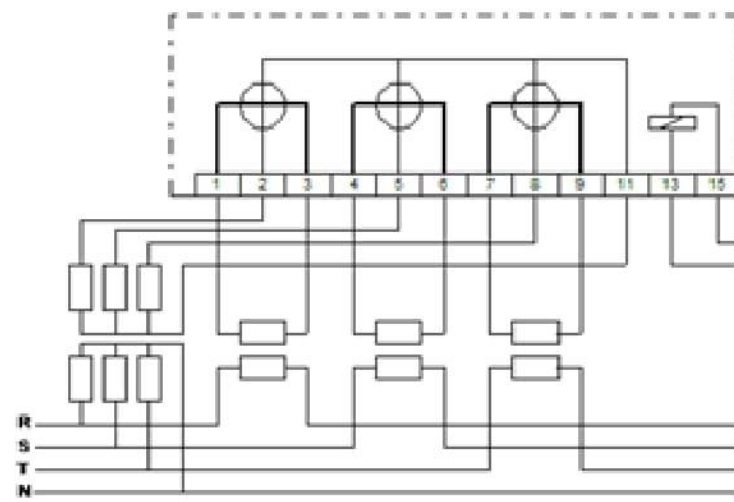
Beban Puncak (LWBP). kWh-meter tarif Ganda mempunyai dua skala pembacaan yaitu untuk WBP dan LWBP. Untuk mengatur waktu beban ini digunakan sebuah time switch (rele waktu).

Untuk pengukuran konsumsi energi (kWh) pada sistem tiga fasa, dapat ditempuh dengan dua cara yaitu:

- 1) Menggunakan kWh-meter tiga fasa sistem 3 kawat
- 2) Menggunakan kWh-meter tiga fasa sistem 4 kawat



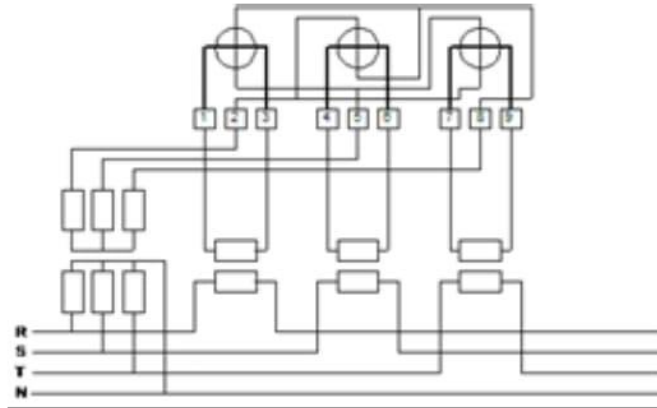
Gambar 10.14 Pelat Nama kWh-meter Tiga Fasa, 4 kawat



Gambar 10.15 Pengawatan kWh-meter Tiga Fasa, 4 Kawat

BAB X

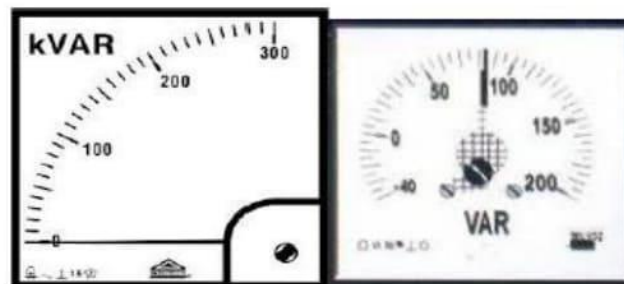
PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA



Gambar 10.16 Pengawatan kWh-meter Tiga fasa

10.3 PENGUKURAN DAYA REAKTIF DAN FAKTOR DAYA

VAR meter digunakan untuk mengukur daya reaktif. VAR meter juga mempunyai empat terminal. Untuk pengukuran daya reaktif maka penyambungan meternya sama seperti wattmeter. Konstanta ukurnya diskalakan dalam satuan VAR atau KVAR. Di pasaran VAR meter tersedia dalam 2 type, yaitu untuk pengukuran dalam sistem fasa tunggal (mempunyai 4 terminal) dan untuk pengukuran sistem tiga fasa (mempunyai 10 terminal). Untuk pengukuran daya semu dapat dilakukan secara tidak langsung yaitu dengan saling mengalikan hasil pengukuran tegangan dan arus.



Gambar 10.17 Tipikal VAR-Meter dan kVAR-Meter

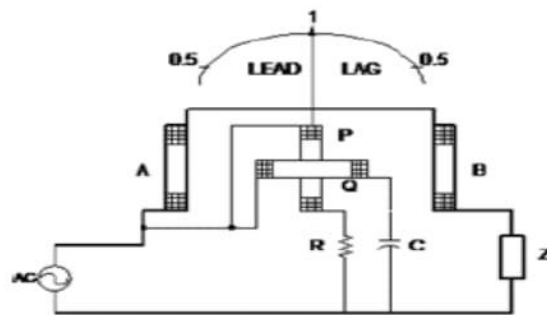
BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

10.3.1 COSPHI—METER

Power factor meter atau lazim disebut sebagai cosphi meter adalah instrumen untuk mengukur factor daya. Instrumen ini sama seperti wattmeter mempunyai 4 terminal. Penyambungan instrumen ini sama seperti watt meter.

Skala ukurnya dibuat sesuai dengan sifat beban listrik yaitu induktif dan kapasitif. Jadi terdapat dua sistem skala yaitu skala untuk beban resistif dan skala untuk beban induktif atau beban kapasitif.



Gambar 10.18 Konstruksi Cospimeter Elektrodinamis



Gambar 10.19 Cosphi-meter

10.4 LATIHAN SOAL

1. Sebutkan tiga jenis pengukuran daya listrik satu fasa beserta satuannya!
2. Gambarkan diagram segitiga daya!

BAB X

PENGUKURAN DAYA, ENERGI, DAN FAKTOR DAYA

3. Jelaskan apa saja pengukuran daya sistem tiga fasa!
4. Sebuah kWh-meter yang terpasang pada instalasi listrik satu fasa untuk mencatat konsumsi energi yang telah terpakai selama enam menunjukkan piringan meter telah berputar sebanyak 1800 putaran. Jika konstanta energimeter tersebut 1250 rph/kWh, tentukan nilai energi listrik yang sudah terpakai selama enam jam!
5. Apa yang dimaksud dengan cosphi-meter!

BAB XI

OSILOSKOP

BAB XI

OSILOSKOP

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan memahami materi beserta soal-soal pada bab 11, peserta didik diharapkan:

1. Mampu memahami osiloskop;
2. Mampu melakukan pengukuran menggunakan osiloskop;

b. Uraian Materi

11.1 OSILOSKOP

Osiloskop merupakan alat ukur, dimana bentuk gelombang sinyal listrik yang diukur, tergambar pada layar tabung sinar katoda (*cathode ray tube*). Osiloskop selanjutnya disebut CRO (*cathode ray oscilloscope*) adalah instrumen laboratorium yang sangat bermanfaat untuk pengukuran, analisa bentuk-bentuk gelombang, dan gejala lain dalam rangkaian-rangkaian listrik/elektronik. Pada dasarnya CRO adalah alat pembuat grafik X-Y yang sangat cepat berupa tampilan sebuah sinyal masukan terhadap sinyal lain atau terhadap waktu. Tampilan tersebut adalah sebuah bintik cahaya yang bergerak di permukaan layar sebagai respon terhadap tegangan-tegangan masukan.

11.2 OPERASI DASAR OSILOSKOP SINAR KATODA

Osiloskop merupakan alat ukur, dimana bentuk gelombang sinyal listrik yang diukur, tergambar pada layar tabung sinar katoda (*cathode ray tube*). Osiloskop sinar katoda atau CRO (*cathode ray oscilloscope*) adalah instrumen laboratorium yang sangat bermanfaat untuk pengukuran, analisa bentuk-bentuk gelombang, dan gejala lain dalam rangkaian-rangkaian listrik/elektronik. Pada dasarnya CRO adalah alat pembuat grafik X-Y yang sangat cepat berupa tampilan sebuah sinyal masukan terhadap sinyal lain atau terhadap waktu. Tampilan tersebut adalah sebuah bintik cahaya yang

BAB XI

OSILOSKOP

bergerak di permukaan layar sebagai respon terhadap tegangan-tegangan masukan.

Dalam pemakaian CRO yang biasa, sumbu X atau input horisontal adalah tegangan ramp linier yang dibangkitkan secara internal, berbasis waktu yang secara periodik menggerakkan bintik cahaya dari kiri ke kanan melalui permukaan layar. Tegangan yang akan diperiksa dimasukkan ke sumbu Y atau input vertikal CRO, menggerakkan bintik ke atas dan ke bawah sesuai dengan nilai sesaat tegangan masukan. Selanjutnya bintik tersebut menghasilkan jejak berkas gambar pada layar yang menunjukkan variasi tegangan masukan sebagai fungsi dari waktu. Jika tegangan masukan berulang dengan laju yang cukup cepat, gambar akan kelihatan sebagai sebuah pola yang diam pada layar. Dengan demikian CRO melengkapi suatu cara pengamatan tegangan yang berubah terhadap waktu.

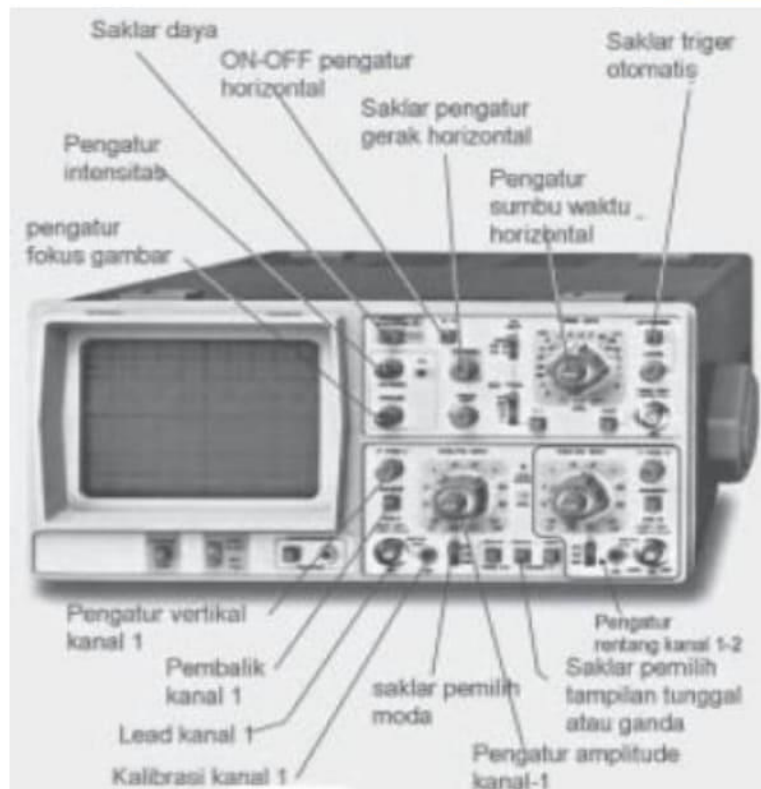
Disamping tegangan, CRO dapat menyajikan gambaran visual dari berbagai fenomena dinamik melalui pemakaian transducer yang mengubah arus, tekanan, regangan, suhu, akselerasi, dan banyak besaran fisis lainnya menjadi tegangan.

Subsistem utama dari sebuah CRO terdiri dari:

- 1) Pemancar Elektron (Tabung Sinar Katoda (CRT))
- 2) Penguat Vertikal
- 3) Saluran Tunda
- 4) Generator Basisi waktu
- 5) Penguat horisontal
- 6) Rangkaian Pemicu
- 7) Sumber Daya

BAB XI

OSILOSKOP



Gambar 11.1 Bagian-Bagian Osiloskop

Osiloskop termasuk alat ukur elektronik, digunakan untuk melihat bentuk gelombang, menganalisis gelombang, dan fenomena lain dalam rangkaian listrik dan elektronika. Dengan osiloskop dapat melihat amplitudo tegangan dan bentuk gelombang, sehingga harga rata-rata, puncak, RMS (*root mean square*), maupun harga puncak ke puncak atau V_{p-p} dari tegangan dapat kita ukur. Selain itu, juga hubungan antara frekuensi dan fasa antara dua gelombang juga dapat dibandingkan.

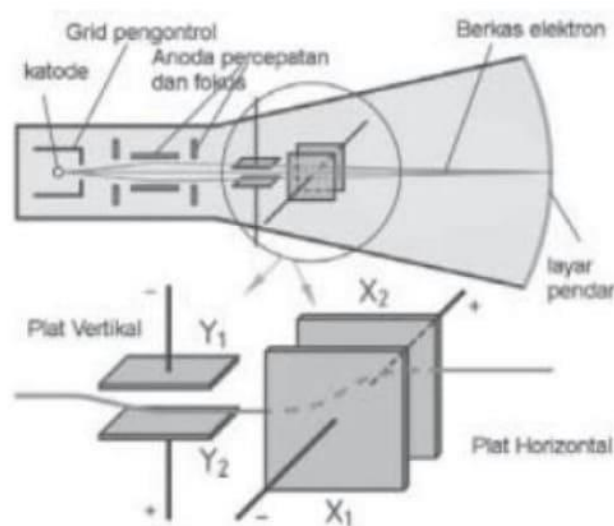
Tabung sinar katoda (CRT) merupakan jantung osiloskop, Pada dasarnya CRT menghasilkan suatu berkas elektron yang dipusatkan secara tajam dan dipercepat pada suatu titik kecepatan yang sangat tinggi. Berkas yang dipusatkan dan dipercepat ini bergerak dari sumbernya (*electron gun*) ke depan

BAB XI

OSILOSKOP

CRT, di mana ia membentur bahan fluorerensi yang melekat di permukaan CRT (layar) bagian dalam dengan energi yang cukup untuk membuat layar bercahaya dalam sebuah bintik kecil.

Selagi merambat dari sumbernya ke layar, berkas elektron lewat di antara sepasang pelat defleksi vertikal dan sepasang pelat defleksi horisontal. Tegangan yang dimasukkan ke pelat defleksi vertikal dapat menggerakkan berkas elektron pada bidang vertikal sehingga bintik CRT bergerak ke atas dan ke bawah. Tegangan yang dimasukkan ke pelat defleksi horisontal dapat menggerakkan berkas pada bidang horisontal dan bintik CRT ini dari kiri ke kanan. Gerakan-gerakan ini saling tidak bergantung satu sama lain sehingga bintik CRT dapat ditempatkan di setiap tempat pada layar dengan menghubungkan masukan tegangan vertikal dan horisontal yang sesuai secara bersamaan.



Gambar 11.2 Prinsip Pemancar Eletron

11.2.1 PEMANCAR ELEKTRON

Pemancar elektron merupakan bagian terpenting sebuah osiloskop. Katode di dalam CRT (*Cathode Ray Tube*) akanmengemisikan elektron-elektron ke layar CRT melalui elektrode-elektrode pemfokus intensitas

BAB XI

OSILOSKOP

pancaran elektron ditentukan oleh banyaknya elektron yang diemisikan oleh katode.

Bahan yang memantulkan cahaya pada layar CRT dapat diperoleh dari sulfid, oksid atau silikat dari kadmium, yang diaktifkan melalui bahan tambahan dari perak, emas atau tembaga. Pada umumnya dipilih warna hijau untuk tampilan cahaya pada layar CRT, karena mata manusia pada umumnya peka terhadap warna ini.

11.2.2 PENGUAT VERTIKAL

Penguat vertikal dapat memberikan tegangan hingga 100 V. Penguat ini harus dapat menguatkan tegangan DC maupun AC dengan penguatan yang sama. Pengukuran sinyal dapat diatur melalui tombol POS (*position*).

11.2.3 INPUT Y

Bagian Input-Y (Vert. Input) terhubung dengan tombol pembagi tegangan, untuk membagi tegangan yang akan diukur, dengan perbandingan 10 : 1 atau 100 : 1. Tombol ini harus dibantu dengan sinyal kotak untuk kompensasi.

11.2.4 PENGUAT HORIZONTAL

Penguat ini memiliki dua input, satu dari *sweep* generator, menghasilkan *trace* (sapuan) horizontal lewat CRT dan input yang lain menguatkan sinyal eksternal dan ditampilkan pada CRT hanya pada sumbu horizontal. Skala pada sumbu Horizontal CRT Osiloskop, digunakan untuk mengukur waktu (periode) dari sinyal yang diukur, misalnya 2 ms/ divisi.

BAB XI

OSILOSKOP

11.2.5 GENERATOR-WAKTU

Generator waktu menghasilkan sinyal gigi gergaji, yang frekuensinya dapat diatur, dengan cara mengatur periodenya melalui tombol *TIMEBASE*. CRT akan menampilkan sinyal yang diukur (sinyal input) hanya jika periode sinyal tersebut persis sama dengan periode sinyal gigi gergaji ini atau merupakan kelipatan periodenya.

11.2.6 TRIGGERING DAN BIAS WAKTU

Sinyal gigi gergaji akan mulai muncul jika ada sinyal trigger. Pada saat sinyal input melewati level trigger, maka sinyal gigi gergaji mulai muncul.

11.2.7 CATU DAYA

Kinerja catu daya ini sangat mempengaruhi kinerja bagian lainnya di dalam osiloskop. Catu daya yang tidak terregulasi dengan baik akan menyebabkan kesalahan pengukuran dan tampilan yang tidak baik pada CRT (fokus, kecerahan/ *brightness*, sensitifitas, dan sebagainya).

11.3 OSILOSKOP DIGITAL

Pada osiloskop digital, semua data yang akan ditampilkan disimpan di dalam RAM. Sinyal analog akan di-sampling, lalu dikuantisasi oleh ADC, diberi nilai (biner) sesuai dengan besarnya amplitudo tersampling. Nilai ini dapat ditampilkan kembali secara langsung pada layar CRT atau monitor PC melalui kabel penghubung RS-232. Perbedaan antara osiloskop analog dan digital hanya pada pemroses sinyal ADC. Pengarah pancaran elektron pada osiloskop ini sama dengan pengarah pancaran elektron pada osiloskop analog. Osiloskop digital ada yang dilengkapi dengan perangkat lunak matematik untuk analisis sinyal atau printer.

BAB XI

OSILOSKOP

Osiloskop digital, terdiri dari:

- 1) ADC (*Analog-to-Digital Converter*)
- 2) DAC (*Digital-to-Analog Converter*)
- 3) Penyimpan Elektronik

Berikut ini diberikan ilustrasi pengukuran dengan menggunakan osiloskop meliputi: (1) pengukuran tegangan DC, (2) mengukur tegangan AC, periode, dan frekuensi, (3) mengukur arus listrik AC, (4) pengukuran beda fasa tegangan dengan arus listrik AC, dan Lisayus.

11.3.1 PENGUKURAN SINYAL TEGANGAN

1. PENGUKURAN SINYAL TEGANGAN DC

Tahanan R1 dan R2 berfungsi sebagai pembagi tegangan. Ground osiloskop dihubungkan ke negatif catu daya DC. Probe kanal-1 dihubungkan ujung sambungan R1 dengan R2. Tegangan searah diukur pada mode DC.

Misalnya:

$$VDC = 5V/div. 3div = 15 V$$

Bentuk tegangan DC merupakan garis tebal lurus pada layar CRT. Tegangan terukur diukur dari garis nol ke garis horizontal DC.



Gambar 11.3 Cara Pengukuran Tegangan DC

BAB XI

OSILOSKOP

2. MENGUKUR TEGANGAN AC, PERIODE (T), DAN FREKUENSI (F)

Trafo digunakan untuk mengisolasi antara listrik yang diukur dengan listrik pada osiloskop.

Jika menggunakan listrik PLN maka frekuensinya 50 Hz.

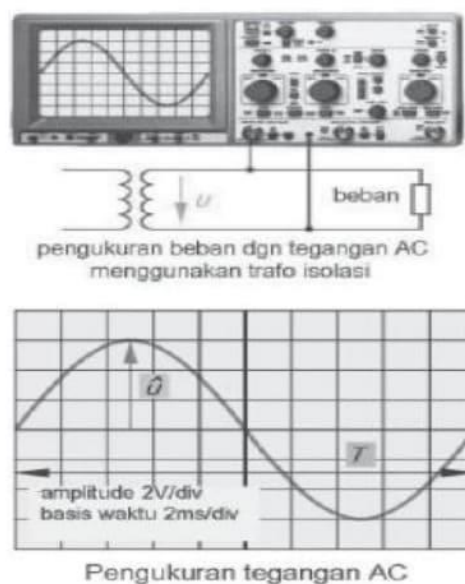
Misalnya: $V_p = 2\text{V/div} \cdot 3\text{ div} = 6\text{ V}$

$V_{rms} = 6 / \sqrt{2} = 4,2\text{ V}$

$T = 2\text{ms/div} \cdot 10\text{ div} = 20\text{ ms}$

$f = 1/T = 1/20\text{ms} = 50\text{ Hz}$

Tegangan AC berbentuk sinusoida dengan tinggi U dan lebar periodenya T. Besarnya tegangan 6 V dan periodenya 20 milidetik dan frekuensinya 50 Hz.



Gambar 11.4 Cara Pengukuran Tegangan AC

BAB XI

OSILOSKOP

11.3.2 PENGUKURAN ARUS

MENGUKUR SINYAL ARUS LISTRIK AC

Pada dasarnya osiloskop hanya mengukur tegangan. Untuk mengukur arus dilakukan secara tidak langsung dengan $R = 1\Omega$ untuk mengukur drop tegangan.

Misalnya:

$$V_p = 50 \text{ mV/div} \cdot 3 \text{ div} = 150 \text{ mV}$$

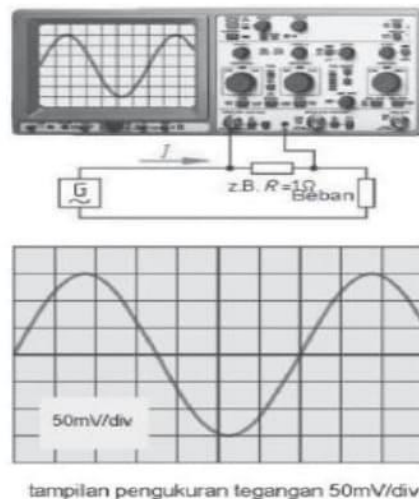
$$= 0,15 \text{ V}$$

$$V_{rms} = 0,15 / \sqrt{2} = 0,1 \text{ V}$$

$$I = V_{rms}/R = 0,1 \text{ V} / 1\Omega$$

$$= 0,1 \text{ A}$$

Bentuk sinyal arus yang melalui resistor R adalah sinusoida menyerupai tegangan. Pada beban resistor sinyal tegangan dan sinyal arus akan sephasa.



Gambar 11.5 Prinsip Pengukuran Arus

BAB XI

OSILOSKOP

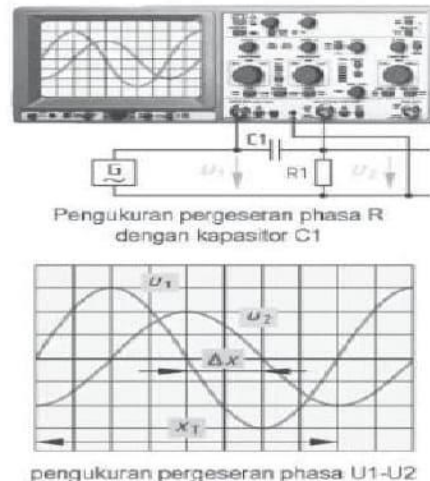
11.3.3 PENGUKURAN BEDA PHASA

MENGUKUR BEDA FASA TEGANGAN DENGAN ARUS LISTRIK AC.

Beda fasa dapat diukur dengan rangkaian C1 dan R1. Tegangan U1 menampakkan tegangan catu dari generator AC. Tegangan U2 dibagi dengan nilai resistor R1 representasi dari arus listrik AC. Pergeseran fasa U1 dengan U2 sebesar Δx .

$$\begin{aligned}\text{Misalnya: } \phi &= \Delta x \cdot 360^\circ / X_T 264 \\ &= 2 \text{ div} \cdot 360^\circ / 8 \text{ div} = 90^\circ\end{aligned}$$

Tampilan sinyal sinusoida tegangan U1 (tegangan catu daya) dan tegangan U2 (jika dibagi dengan R1, representasi dari arus AC). Pergeseran fasa antara tegangan dan arus sebesar $\phi = 90^\circ$.



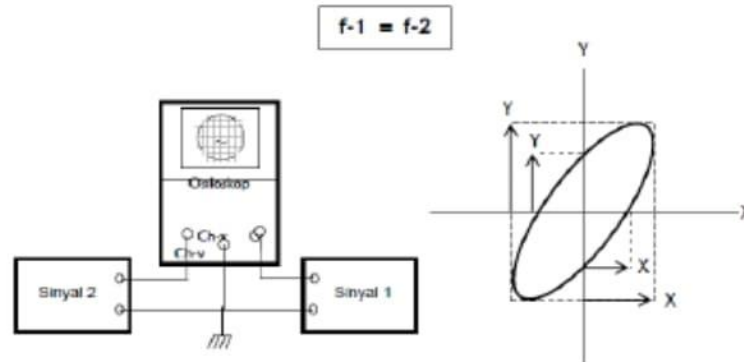
Gambar 11.6 Pengukuran Beda Fasa

11.3.4 METODE LISSAJOUS

Dua sinyal dapat diukur beda phasanya dengan memanfaatkan input vertikal (kanal Y) dan horizontal (kanal-X). Dengan menggunakan osiloskop dua kanal dapat ditampilkan beda fasa yang dikenal dengan metode Lissajous.

BAB XI

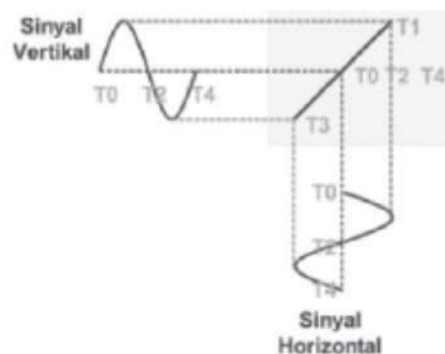
OSILOSKOP



Gambar 11.7 Prinsip Pengukuran Metoda Lissajous

1. BEDA PHASA 0° ATAU 360°.

Dua sinyal yang berbeda, dalam hal ini sinyal input dan sinyal output jika dipadukan akan menghasilkan konfigurasi bentuk yang sama sekali berbeda. Sinyal input dimasukkan ke kanal Y (vertikal) dan sinyal output dimasukkan ke kanal X (horizontal) berbeda 0°, dipadukan akan menghasilkan sinyal paduan berupa garis lurus yang membentuk sudut 45°.



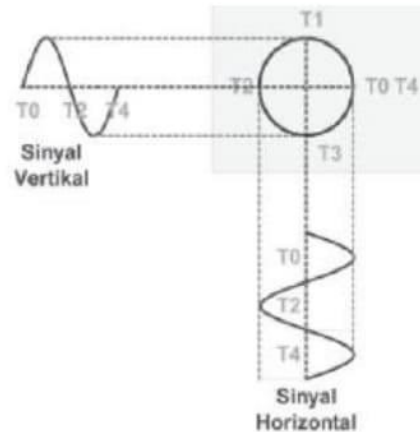
Gambar 11.8 Beda Fasa nol atau 360° antara Input dan Output

2. BEDA PHASA 90° ATAU 270°.

Sinyal vertikal berupa sinyal sinusoida. Sinyal horizontal yang berbeda fasa 90° atau 270° dimasukkan. Hasil paduan yang tampil pada layar CRT adalah garis bulat.

BAB XI

OSILOSKOP



Gambar 11.9 Beda Fasa 90° atau 270° antara Input dan Output

11.4 LATIHAN SOAL

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan osiloskop!
2. Bagaimana cara pemakaian dari osiloskop? Jelaskan!
3. Sebutkan subsistem utama pada osiloskop!
4. Terdiri dari apa saja osiloskop digital?
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pemancar elektron dalam subsistem utama pada osiloskop!

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Yusuf Fadhilah Akbar, anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Jakarta pada tanggal 20 Desember 1997 dari pasangan Bapak Nur Pakih dan Ibu Tuti Handayani. Bertempat tinggal di Perum Bumi Dirgantara Permai Jl. Garuda VI Blok BY/13 Jatisari Jatiasih Kota Bekasi.

Riwayat Pendidikan, penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDIT Al-Ishmah tahun 2009, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Islam Al-Azhar 19 Cibubur tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Labschool Cibubur tahun 2015. Kemudian pada tahun 2015 melanjutkan studi di Universitas Negeri Jakarta Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Program Studi Pendidikan Teknik Elektro melalui jalur PENMABA.

Riwayat Organisasi, penulis telah mengikuti beberapa organisasi yang berada di jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik UNJ diantaranya menjabat sebagai staff Sosial Masyarakat BEMP Teknik Elektro 2016-2017, staff Pengajaran *Community Development* Fakultas Teknik UNJ 2016-2017, dan kepala departemen Rohani dan Sosial BEMP Teknik Elektro 2017-2018.

Pengalaman Mengajar: Selama berkuliah, penulis telah melaksanakan Praktik Kegiatan Mengajar di SMK Negeri 34 Jakarta selama 1 semester pada bulan Agustus 2018 – Desember 2018.

Pengalaman Bekerja: Selama berkuliah, penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PT. Panasonic Manufacturing Indonesia divisi *Production Engineering – Maintenance* bagian *Water Pump* selama 2 bulan pada bulan Januari 2018 – Maret 2018.