Dasar-Dasar Teknik Elektronika

Semester 2

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
2022

SMK/MAK KELAS X

Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia
Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

Dasar-Dasar Teknik Elektronika
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis
Farid Mulyana
Ismanto

Penelaah
Lili Herliawan
Akhmad Musafa
Reni Nuraeni

Penyelia/Penyelaras
Supriyatno
Wardani Sugiyanto
Mochamad Widiyanto
Wijanarko Adi Nugroho
Ria Triyanti

Kontributor
Bujang Rasyid
Dewi Marliana
Tri Setiyo Utomo

Ilustrator
Priyo Trilaksono

Editor
Anggia Eka Purwanti

Desainer
Handini Noorkasih

Penerbit
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

Dikeluarkan oleh
Pusat Perbukuan & Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Jalan Jendral Sudirman Komplek Kemendikbudristek Senayan, Jakarta 10270
https://buku.kemdikbud.go.id

Cetakan Pertama 2022
ISBN 978-602-244-981-2 (no.jil.lengkap)
978-602-244-982-9 (jil.2)
978-623-388-069-5 (PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 11/14 pt, Steve Matteson.
xxii, 306 hlm.: 17,6 x 25 cm.

Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik.

Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 262/M/2022 Tentang Perubahan atas Keputusan Mendikbudristek No. 56/M/2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran, serta Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Desember 2022

Kepala Pusat,

Supriyatno

NIP 196804051988121001

Kata Pengantar

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sehubungan dengan telah terbitnya Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 262M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum Dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran Direktorat SMK, Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi telah menyusun contoh perangkat ajar.

Perangkat ajar merupakan berbagai bahan ajar yang digunakan oleh pendidik dalam upaya mencapai Profil Pelajar Pancasila dan capaian pembelajaran. Perangkat ajar meliputi buku teks pelajaran, modul ajar, video pembelajaran, modul Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila dan Budaya Kerja, serta bentuk lainnya. Pendidik dapat menggunakan beragam perangkat ajar yang relevan dari berbagai sumber. Pemerintah menyediakan beragam perangkat ajar untuk membantu pendidik yang membutuhkan referensi atau inspirasi dalam pengajaran. Pendidik memiliki keleluasaan untuk membuat sendiri, memilih, dan memodifikasi perangkat ajar yang tersedia sesuai dengan konteks, karakteristik, serta kebutuhan peserta didik.

Buku ini merupakan salah satu perangkat ajar yang bisa digunakan sebagai referensi bagi guru SMK dalam mengimplementasikan pembelajaran dengan Kurikulum Merdeka. Buku teks pelajaran ini digunakan masih terbatas pada SMK pelaksana Implementasi Kurikulum Merdeka.

Selanjutnya, Direktorat SMK mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan buku ini mulai dari penulis, penelaah, *reviewer*, editor, ilustrator, desainer, dan pihak terkait lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Semoga buku ini bermanfaat untuk meningkatkan mutu pembelajaran pada SMK pelaksana Implementasi Kurikulum Merdeka.

Jakarta, Desember 2022

Direktur SMK

Prakata

Alhamdulilah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan buku *Dasar-Dasar Teknik Elektronika untuk Kelas X*. Buku ini disusun untuk sekolah menengah kejuruan (SMK) dalam bidang keahlian teknologi manufaktur dan rekayasa, program keahlian teknik eletronika.

Buku *Dasar-Dasar Teknik Elektronika untuk Kelas X* ini disusun berdasarkan Kurikulum Merdeka, Spektrum Keahlian Pendidikan Menengah Menengah Kejuruan, Bidang Keahlian Teknologi Manufaktur dan Rekayasa, Program Keahlian Teknik Eletronika. Materi dalam buku ini disajikan dengan singkat, padat, dan dengan bahasa yang sederhana serta berbasis aktivitas peserta didik sehingga memudahkan peserta didik dalam belajar.

Buku ini dilengkapi dengan dengan tugas-tugas dan kegiatan praktik peserta didik agar dapat menerapkan keahliannya. Buku ini juga menyajikan soal-soal latihan dan penilaian akhir semester dengan tujuan untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam ketuntasan belajarnya.

Buku ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu sumber belajar peserta didik SMK dalam mencapai standar kompetensi yang diharapkan pada dunia kerja. Selain itu, diharapkan peserta didik juga dapat mengaplikasikan materi yang telah dipelajari dengan mempraktikkannya dalam kehidupan sehari-hari. Kami menyadari, sesungguhnya tidak ada sesuatu yang sempurna. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat kami harapan dengan senang hati demi perbaikan buku ini. Mudah-mudahan buku ini dapat menjadi manfaat dan berguna untuk peserta didik khususnya Sekolah Menengah Kejuruan Teknik Elektronika.

Jakarta, Desember 2022

Tim Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar Kepala Pusat Perbukuan ..... **iii**

Kata Pengantar Direktur SMK ..... **iv**

Prakata ..... **v**

Daftar Isi ..... **vi**

Daftar Gambar ..... **ix**

Daftar Tabel ..... **xviii**

Petunjuk Penggunaan Buku ..... **xx**

Bab I Gambar Teknik **1**

A. Peralatan Gambar Teknik Manual 6

B. Penggunaan Peralatan Gambar Manual 13

C. Jenis Garis, Huruf, Angka, Dan Etiket Gambar 15

D. Menggambar Konstruksi Geometris 18

E. Mengenal Gambar Proyeksi 20

F. Menggambar Teknik Listrik 25

G. Gambar Teknik Elektronika 32

H. Gambar Teknik Instrumentasi Industri 35

Bab II Konsep Dasar Kelistrikan dan Elektronika **43**

A. Konsep Dasar Materi Atom 46

B. Jenis-Jenis Bahan Listrik 48

C. Besaran dan Satuan Listrik 52

D. Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran 62

E. Memahami Rangkaian Aplikasi Elektronika Dasar 76

Bab III Komponen Elektronika Aktif dan Pasif 85

A. Pengertian Komponen Elektronika Pasif dan Aktif..... 88

B. Identifikasi Komponen Elektronika Pasif 104

C. Identifikasi Komponen Elektronika Aktif 125

D. Penerapan Komponen Pasif dan Aktif dalam Rangkaian Elektronika DC Sederhana 133

E. Penerapan Komponen Pasif dan Aktif dalam Rangkaian Elektronika AC Sederhana 141

Bab IV Alat Ukur Listrik, Elektronika, dan Instrumentasi 159

A. Jenis-Jenis Alat Ukur Listrik, Elektronika dan Instrumentasi..... 162

B. Prosedur Penggunaan Alat Ukur Listrik dan Elektronika 175

C. Perawatan Alat Ukur Listrik dan Elektronika 181

Bab V Mesin-Mesin Listrik, Elektronika, dan Instrumentasi 191

A. Mesin-Mesin Listrik..... 194

B. Peralatan Elektronika..... 208

C. Peralatan Instrumentasi 215

D. Komponen-Komponen Listrik..... 219

Bab VI Dasar Teknik Digital 231

A. Rangkaian dan Sistem Digital..... 234

B. Sistem Bilangan dan Sistem Kode 238

C. Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole 251

D. Rangkaian Logika Kombinasi 259
E. Rangkaian Sekuensial 266
F. Aplikasi Rangkaian Elektronika Optik (*Remote*+Flip-Flop, *Register*) 274

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Perbedaan Gambar Teknik (a) dan Gambar Non-Teknik (b) 4
Gambar 1.2 Ukuran Kertas Gambar 7
Gambar 1.3 Macam-Macam Pensil 9
Gambar 1.4 Jangka dan Kelengkapannya 9
Gambar 1.5 Penggaris T 10
Gambar 1.6 Penggaris Segitiga 10
Gambar 1.7 Mal Lengkung 10
Gambar 1.8 Mal Bentuk 11
Gambar 1.9 Mal Huruf dan Angka 11
Gambar 1.10 Mistar Skala 11
Gambar 1.11 Busur Derajat 360° 12
Gambar 1.12 Macam-Macam Penghapus yang Biasa Digunakan dalam Menggambar Teknik 12
Gambar 1.13 Mal Pelindung 12
Gambar 1.14 Cara Menarik Garis 13
Gambar 1.15 Cara Membuat Lingkaran dengan Jangka 14
Gambar 1.16 Cara Membuat Garis Lurus dengan Penggaris Segitiga 14
Gambar 1.17 Perbandingan ukuran huruf berdasarkan Tabel 1.4... 17
Gambar 1.18 Contoh Huruf dan Angka Jenis ISO 17
Gambar 1.19 Contoh Etiket Gambar 18
Gambar 1.20 Bentuk Segi Lima Beraturan 19
Gambar 1.21 Bentuk Elips 19
Gambar 1.22 Proyeksi Isometrik 20
Gambar 1.23 Proyeksi Dimetrik 20
Gambar 1.24 Proyeksi Miring 21
Gambar 1.25 Macam-Macam Sudut Pandang terhadap Objek 21

Gambar 1.26 Proyeksi Kuadran I atau Proyeksi Eropa 22
Gambar 1.27 Bidang dari Benda Proyeksi Kuadran I 22
Gambar 1.28 Perubahan Proyeksi Isometrik ke Proyeksi Eropa 23
Gambar 1.29 Bidang dari Benda Proyeksi Kuadran III 23
Gambar 1.30 Perubahan Proyeksi Miring ke Proyeksi Amerika 24
Gambar 1.31 Simbol Gambar Proyeksi Amerika (a) dan Proyeksi Eropa (b) 24
Gambar 1.32 Instalasi Penerangan *Single Line Diagram* (a) dan *Wiring Diagram* (b) 28
Gambar 1.33 Kontaktor dan Simbol Kontaktor 30
Gambar 1.34 *Wiring Diagram* untuk Kendali Motor AC Tiga Fasa 31
Gambar 1.35 Skema Rangkaian Elektronika Bel Sepeda Mini 32
Gambar 1.36 P&ID Pengontrolan pH secara Kontinu 35
Gambar 1.37 Simbol Katup dan Pengerak Katup 38
Gambar 2.1 Model Atom Dalton 46
Gambar 2.2 Model Atom J.J. Thomson 46
Gambar 2.3 Model Atom Rutherford 47
Gambar 2.4 Model Atom Bohr 47
Gambar 2.5 Konduktor Logam 48
Gambar 2.6 Macam-Macam Isolator Keramik 50
Gambar 2.7 Transistor 51
Gambar 2.8 Penerapan Superkonduktor pada Jalur Kereta Supercepat 52
Gambar 2.9 Simbol Tegangan DC dan Tegangan AC 55
Gambar 2.10 Hubungan Daya Listrik, Tegangan Listrik, Arus Listrik, dan Hambatan Listrik 57
Gambar 2.11 Diagram Segitiga Hukum Ohm 58
Gambar 2.12 Rangkaian Kirchhoff 59
Gambar 2.13 Rangkaian Kirchhoff II 60
Gambar 2.14 Rangkaian Seri 62

Gambar 2.15 Resistor dihubungkan secara seri pada sumber tegangan..... 63
Gambar 2.16 Nilai arus sama pada setiap resistor. 63
Gambar 2.17 Rangkaian Seri Baterai..... 66
Gambar 2.18 Rangkaian Pararel..... 67
Gambar 2.19 Rangkaian Pembagi Arus 68
Gambar 2.20 Percabangan dengan nilai resistansi paling kecil melewatkan arus listrik paling besar..... 68
Gambar 2.21 Rangkaian Paralel dengan Cabang n..... 69
Gambar 2.22 Rangkaian Paralel Baterai..... 72
Gambar 2.23 Rangkaian Campuran Resistor..... 74
Gambar 2.24 Rangkaian Lampu LED 76
Gambar 2.25 Skema Rangkaian LED 77
Gambar 2.26 Rangkaian *Driver Relay* dengan Transistor NPN dan PNP..... 78
Gambar 2.27 Sakelar dengan Transistor 79
Gambar 3.1 Ewald Georg von Kleist 88
Gambar 3.2 Simbol Resistor Tetap 89
Gambar 3.3 Resistor Tetap..... 89
Gambar 3.4 Simbol Resistor Variabel..... 89
Gambar 3.5 Resistor Variabel 89
Gambar 3.6 Simbol Termistor 90
Gambar 3.7 Termistor..... 90
Gambar 3.8 Simbol LDR 90
Gambar 3.9 *Light Dependent Resistor* (LDR)..... 90
Gambar 3.10 Turunan Farad 91
Gambar 3.11 Simbol Kapasitor Nilai Tetap..... 93
Gambar 3.12 Kapasitor Nilai Tetap 93
Gambar 3.13 Simbol Kapasitor Polar 93
Gambar 3.14 Kapasitor Polar..... 93

Gambar 3.15 Simbol Kapasitor Variabel 93
Gambar 3.16 Kapasitor Variabel 93
Gambar 3.17 Simbol Induktor Nilai Tetap 95
Gambar 3.18 Induktor Nilai Tetap 95
Gambar 3.19 Simbol Induktor Variabel 95
Gambar 3.20 Induktor Variabel 95
Gambar 3.21 *P-N Junction* 96
Gambar 3.22 Dioda Penyearah 97
Gambar 3.23 LED 97
Gambar 3.24 Dioda Zener 97
Gambar 3.25 Dioda Foto 97
Gambar 3.26 SCR 97
Gambar 3.27 Cara Kerja Dioda 98
Gambar 3.28 Dioda Tanpa Tegangan 98
Gambar 3.29 Kondisi Tegangan Negatif 99
Gambar 3.30 Simbol Transistor NPN dan PNP 100
Gambar 3.31 Simbol Transistor NPN 100
Gambar 3.32 Simbol Transistor JFET N-Channel 100
Gambar 3.33 Simbol Transistor MOSFET N-Channel 100
Gambar 3.34 Simbol Transistor UJT 100
Gambar 3.35 Simbol Transistor PNP 100
Gambar 3.36 Simbol Transistor JFET P-Channel 100
Gambar 3.37 Simbol Transistor MOSFET P-Channel 100
Gambar 3.38 Macam-Macam IC 101
Gambar 3.39 Simbol IC 101
Gambar 3.41 IC Digital 102
Gambar 3.40 IC Linear 102
Gambar 3.42 Mixed IC 103
Gambar 3.43 Resistor dengan Empat Gelang 105

Gambar 3.44 Resistor dengan Lima Gelang 105
Gambar 3.45 Resistor *Chip* dengan Kode Angka 106
Gambar 3.46 Cara Mengukur Nilai Resistor dengan Multimeter 108
Gambar 3.47 Rangkaian Resistor Seri (a), Paralel (b), dan Seri-Paralel (c) 108
Gambar 3.48 Nilai Kapasitansi pada Kapasitor Elektrolit 113
Gambar 3.49 Nilai Kapasitansi pada Kapasitor Non-Polar 113
Gambar 3.50 Menguji Kapasitor dengan Multimeter Analog 115
Gambar 3.51 Menguji Kapasitor dengan Multimeter Digital 116
Gambar 3.52 Rangkaian Seri Kapasitor 117
Gambar 3.53 Rangkaian Paralel Kapasitor 118
Gambar 3.54 Rangkaian Campuran Kapasitor 119
Gambar 3.55 Pengodean Induktor SMD 120
Gambar 3.56 Sakelar selektor diatur pada skala induktansi. 121
Gambar 3.57 Pengukuran LCR Meter 122
Gambar 3.58 Rangkaian Seri Induktor 122
Gambar 3.59 Rangkaian Pararel Induktor 124
Gambar 3.60 Pengukuran yang menunjukkan dioda dalam keadaan baik 126
Gambar 3.61 Langkah Pertama Uji Transistor 127
Gambar 3.62 Posisi Awal Uji Transistor 128
Gambar 3.64 Langkah untuk Melepas Kapasitansi dalam MOSFET. 130
Gambar 3.65 Posisi Probe Merah dan Hitam pada Uji Transistor 130
Gambar 3.66 Ujung jari menyentuh pin Gate dan Drain secara bersamaan 131
Gambar 3.67 Posisi Jarum Setelah Jari Dilepas 131
Gambar 3.68 Simbol IC 132
Gambar 3.69 Konsep Dasar Penyearah Gelombang (Rectifier) 133
Gambar 3.70 Penyearah Setengah Gelombang 133
Gambar 3.71 Penyearah Gelombang Penuh Dua Dioda 134

Gambar 3.72 Penyearah Gelombang Penuh Empat Dioda 135
Gambar 3.73 Penyearah Gelombang Penuh Empat Dioda dengan Filter 136
Gambar 3.74 Rangkaian Dioda sebagai Sakelar 136
Gambar 3.75 Rangkaian Pemotong (*Clipper*) 137
Gambar 3.76 Rangkaian *Clamper* 137
Gambar 3.77 Rangkaian Pengganda Tegangan (*Doubler*) 138
Gambar 3.78 Transistor sebagai Sakelar 138
Gambar 3.79 Penguat Kelas A dengan Konfigurasi *Common-Emitter* 140
Gambar 3.80 Penerapan IC Regulator 140
Gambar 3.81 Rangkaian Seri RLC 141
Gambar: 3.82 Diagram Fasor untuk I, VR, VL, dan VC 142
Gambar 3.83 Dalam rangkaian kapasitif fase, arus mendahului tegangan. 145
Gambar 3.84 (A) Rangkaian Filter Lolos Atas, (B) Rangkaian Filter Lolos Bawah, (C) Kurva Respons Filter Lolos Atas, dan (D) Kurva Respons Filter Lolos Bawah 148
Gambar 3.85 Rangkaian Kopling RC 148
Gambar 3.86 Rangkaian Penggeser Fasa Bertingkat 149
Gambar 3.87 Rangkaian Filter RL Lolos Bawah (a) dan Lolos Atas (b) 152
Gambar 3.88 Rangkaian *Dimmer* 154
Gambar 4.1 Amperemeter dan bagian-bagiannya 162
Gambar 4.3 Bentuk Fisik Voltmeter dan Bagian-bagiannya 163
Gambar 4.2 Skema Rangkaian Pengukuran Arus dengan Amperemeter 163
Gambar 4.4 Skema Pengukuran dengan Voltmeter 164
Gambar 4.5 Ohmmeter 164
Gambar 4.6 *Wattmeter* 164
Gambar 4.7 Multimeter Analog (a) dan Multimeter Digital (b) 165

Gambar 4.10 Tang Ampere atau Clamp Meter dan Bagian-bagiannya 166
Gambar 4.8 Osiloskop 166
Gambar 4.12 Megger 167
Gambar 4.11 LCR Meter dan Bagian-bagiannya 167
Gambar 4.13 Termometer dan Bagian-bagiannya 169
Gambar 4.14 Rangkaian Termokopel Umum 170
Gambar 4.15 Sambungan Termokopel yang Umum Digunakan 171
Gambar 4.16 Termokopel 172
Gambar 4.17 Manometer Zat cair Pipa “U” 172
Gambar 4.18 Manomater Logam 173
Gambar 4.19 Pengukuran Ketinggian Zat Cair dengan *Radar Level Measurement* 174
Gambar 5.1 Klasifikasi Mesin Listrik 195
Gambar 5.2 Macam-Macam Motor AC 196
Gambar 5.3 Motor Listrik Sinkron 1 Fasa 196
Gambar 5.4 Motor Listrik Sinkron Tiga Fasa 197
Gambar 5.5 Aplikasi Motor Listrik 197
Gambar 5.6 Motor Komutator Mesin Cuci 198
Gambar 5.6 Motor Induksi 198
Gambar 5.8 Motor DC dengan Sikat-Sikat 199
Gambar 5.9 Bagian-Bagian Motor DC dengan Sikat-Sikat 199
Gambar 5.10 Motor DC tanpa Sikat-Sikat 200
Gambar 5.11 Bagan Motor DC tanpa Sikat-Sikat 200
Gambar 5.12 Bagan Motor DC tanpa Inti 201
Gambar 5.13 Motor Servo 202
Gambar 5.14 Bagian-Bagian *Motor Direct Drive* 203
Gambar 5.16 Motor *Stepper* 204
Gambar 5.17 Konstruksi Motor Universal 205
Gambar 5.18 Generator DC dan Generator AC 207

Gambar 5.19 Konstruksi Bagan Generator 208
Gambar 5.20 Bagan Prinsip Kerja Televisi 209
Gambar 5.21 Televisi Tabung 209
Gambar 5.24 Televisi LED 210
Gambar 5.22 Televisi Plasma 210
Gambar 5.23 TV LCD 210
Gambar 5.25 Penerima Radio 211
Gambar 5.26 *Tape Recorder* 212
Gambar 5.27 Pemutar VCD/DVD 213
Gambar 5.28 Telepon Seluler 213
Gambar 5.29 Komputer 214
Gambar 5.30 Laptop 214
Gambar 5.31 Pengontrol Pneumatik 216
Gambar 5.32 Pengontrol Elektronik 217
Gambar 5.33 PLC (*Programmable Logic Control*) 217
Gambar 5.34 Katup Pengontrol dengan *Double-Acting Piston Actuator* 218
Gambar 5.35 *Electric Valve Operator* 218
Gambar 5.36 Penghantar Inti Tembaga 219
Gambar 5.39 MCB 220
Gambar 5.37 Sekering 220
Gambar 5.38 Sekering Otomatis 220
Gambar 5.40 Stop Kontak dan Terminal Listrik 221
Gambar 5.41 Saklar Listrik 221
Gambar 5.42 Lampu Pijar 221
Gambar 5.43 Lampu Neon atau *Gas-Discharge Lamp* 222
Gambar 5.44 Lampu LED 222
Gambar 5.45 Fiting Lampu 223
Gambar 5.46 Relai 223
Gambar 5.47 Kontaktor Magnetik 224

Gambar 5.48 Bagian-Bagian Baterai 225
Gambar 5.49 Baterai..... 226
Gambar 5.50 Akumulator 226
Gambar 6.1 Modul Rangkaian Digital 234
Gambar 6.2 Representasi Logika '0' dan '1' dalam Rangkaian..... 235
Gambar 6.3 Representasi Logika Digital TTL pada Sisi Masukan (a) dan Sisi Keluaran (b)..... 236
Gambar 6.4 Kondisi yang Menyebabkan Munculnya Logika 'X' 236
Gambar 6.5 Macam-Macam Kondisi yang Menyebabkan Logika 'Z' 237
Gambar 6.6 Ilustrasi Posisi 'H', 'W', dan 'L' di Antara Logika '0' dan '1'..... 238
Gambar 6.7 LED 7-Segmen Tipe *Common Cathode*..... 247
Gambar 6.8 LED 7-Segmen Tipe *Common Anode* 248
Gambar 6.9 Gerbang OR..... 252
Gambar 6.10 Gerbang AND 253
Gambar 6.11 Gerbang NOR 254
Gambar 6.12 Gerbang NAND 254
Gambar 6.13 Penurunan Teorema Variabel Tunggal 255
Gambar 6.14 Rangkaian yang Belum Disederhanakan (a) dan (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan..... 263
Gambar 6.15 Flip-Flop Set-Reset 266
Gambar 6.16 RS Flip-Flop 267
Gambar 6.17 Flip-Flop D 268
Gambar 6.18 *Timing Diagram* Flip-Flop D..... 268
Gambar 6.19 Flip-Flop J-K..... 269
Gambar 6.20 Flip-Flop T..... 269
Gambar 6.24 *Timming Diagram* T Flip-Flop..... 270
Gambar 6.22 Dasar *Remote Control*..... 274

Daftar Tabel

Tabel 1.1 Standar Ukuran Kertas Gambar Menurut Standar ISO 216 Seri A 6
Tabel 1.2 Ukuran, Sifat, dan Penggunaan Pensil Grafit 8
Tabel 1.3 Jenis-Jenis Garis dan Penggunaannya ISO 128 15
Tabel 1.4 Perbandingan Standar Ukuran Huruf 16
Tabel 1.5 Sudut Proyeksi pada Gambar Proyeksi Piktorial 20
Tabel 1.6 Simbol Sambungan Listrik 25
Tabel 1.7 Simbol Komponen Listrik 26
Tabel 1.8 *Ground* dan Pentanahan 27
Tabel 1.9 Gambar dan Simbol Komponen Elektronika 33
Tabel 1.10 Arti Gambar dan Simbol P&ID Pengontrolan pH secara Kontinu 36
Tabel 1.11 Simbol Garis dan Keterangannya 37
Tabel 1.12 Simbol Instrumen atau Fungsi Umum 38
Tabel 2.1 Jenis-Jenis Bahan dan Tahanan Kabel 49
Tabel 2.2 Besaran dan Satuan dalam SI 53
Tabel 2.3 Awalan Satuan SI 53
Tabel 3.1 Jenis-Jenis Resistor dan Simbolnya 89
Tabel 3.2 Macam-Macam Kapasitor 93
Tabel 3.3 Jenis-Jenis Induktor 95
Tabel 3.4 Macam-Macam Dioda 97
Tabel 3.5 Simbol-Simbol Transistor 100
Tabel 3.6 Warna Gelang Resistor 104
Tabel 3.7 Membaca Resistor dengan Empat Gelang 105
Tabel 3.8 Membaca Resistor dengan Lima Gelang 105
Tabel 4.1 Kategori Termokopel menurut ISA 171
Tabel 6.1 Perbedaan Rangkaian Digital dan Sistem Digital 235
Tabel 6.2 Nilai Heksadesimal untuk Beberapa Kode ASCII 7-bit 248

Tabel 6.3 Peraga 7-segmen untuk Bilangan Desimal 0 Sampai F..... 249
Tabel 6.4 Kebenaran Rangkaian Logika Berbagai Jumlah Variabel *Input*..... 251
Tabel 6.5 Tabel Kebenaran Gerbang OR 2 *Input*..... 252
Tabel 6.6 Gerbang NOT..... 253
Tabel 6.7 Tabel Kebenaran Gerbang NOR..... 254
Tabel 6.8 Tabel Kebenaran Gerbang NAND..... 254
Tabel 6.9 Teorema Aljabar Boole untuk Variabel Tunggal..... 256
Tabel 6.10 Teorema Aljabar Boole untuk Variabel Jamak..... 256
Tabel 6.11 Kebenaran Hukum Aljabar Boole..... 257
Tabel 6.12 Kebenaran Fungsi $X = \bar{A}\bar{B}$C + A$\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} + ABC$..... 261
Tabel 6.13 Tabel Kebenaran Fungsi R..... 262
Tabel 6.14 Table Kebenaran Y= A BD+A BD dan Y = A B..... 263
Tabel 6.15 Tabel Kebenaran untuk Persamaan Q = $\overline{\text{A}}$. B. C + ABC + $\overline{\text{AB}}$ 264
Tabel 6.16 Tabel Kebenaran Flip-Flop Set-Reset..... 267
Tabel 6.17 RS Flip-flop..... 267
Tabel 6.18 Tabel Kebenaran Flip-Flop D..... 268
Tabel 6.19 Tabel Kebenaran Flip-Flop J-K..... 269
Tabel 6.20 Tabel Kebenaran Flip-Flop T..... 270

Petunjuk Penggunaan Buku

Buku ini disajikan dengan dilengkapi sejumlah fitur untuk membantu kalian memahami materi di dalamnya. Apa saja yang dapat kalian temukan dalam buku ini? Yuk, perhatikan penjelasan berikut!



Tujuan Pembelajaran memberikan kalian penjelasan tentang tujuan apa saja yang akan kalian capai setelah mempelajari materi pada bab tersebut.



Kata Kunci adalah kumpulan kata-kata penting yang akan kalian pelajari pada bab tersebut.



Pada **Peta Materi**, kalian akan menemukan judul subbab-subbab yang dipelajari pada bab tersebut.





Ada dua macam **Aktivitas**, yaitu aktivitas mandiri dan kelompok. Kalian dapat membedakan jenisnya melalui gambar ikon yang menyertainya. Kegiatan ini mengajak kalian untuk memperdalam materi dengan berlatih.

Untuk mengetahui konstruksi geometris lainnya dan langkah-langkah untuk membuat konstruksi geometris, silakan klik di sini atau pindai kode QR berikut. Catat hal-hal penting yang kalian temukan pada buku .catatan masing-masing

Di antara materi yang dipelajari, kalian dapat menemukan sejumlah kode QR yang akan membawa kalian menuju materi tambahan sebagai pelengkap pengetahuan kalian terkait materi yang dipelajari pada bab.



Pada **Uji Kompetensi**, kalian akan menguji pemahaman kalian mengenai materi yang telah kalian pelajari pada bab tersebut.



Pada **Pengayaan**, kalian diajak untuk memindai kode QR atau mengeklik tautan yang tersedia untuk mengunjungi laman internet yang berisi tambahan materi untuk semakin meningkatkan pengetahuan kalian terkait materi yang telah kalian pelajari pada bab.



Refleksi adalah tempat kalian untuk menilai pencapaian diri secara mandiri, apakah kalian telah benar-benar menguasai materi yang baru saja kalian pelajari pada bab tersebut.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Dasar-Dasar Teknik Elektronika
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis: Farid Mulyana, Ismanto

ISBN: 978-602-244-981-2 (no.jil.lengkap)
978-602-244-982-9 (jil.2)
978-623-388-069-5 (PDF)

Bab I Gambar Teknik





Apakah kalian mengetahui jenis gambar di atas? Apa fungsi gambar tersebut? Apa perbedaan antara gambar di atas dengan gambar-gambar lain yang sering kalian lihat dalam kehidupan sehari-hari?

TUJUAN PEMBELAJARAN

Pada akhir pembelajaran bab ini, kalian diharapkan memahami standar gambar teknik, macam-macam peralatan gambar teknik, dan cara menggunakannya secara benar. Kalian juga diharapkan memahami simbol-simbol rangkaian listrik, elektronika, dan instrumentasi, serta belajar cara menggambarnya baik secara manual maupun dengan bantuan aplikasi gambar.

KATA KUNCI

gambar teknik, simbol elektronika, simbol instrumentasi, rangkaian listrik, rangkaian elektronika, rangkaian instrumentasi

PETA MATERI



Seorang siswa SMK ingin membuat model elektronika. Dalam pembuatannya, ia memerlukan bantuan temannya. Ia mencoba menyampaikan gagasan tersebut, tetapi temannya kurang mengerti maksudnya. Agar sang teman dapat lebih mudah memahami, apa kira-kira yang akan dilakukan siswa tersebut? Betul sekali, ia dapat menyampaikan gagasan dalam bentuk gambar, misalnya dengan membuat sketsa model tersebut.

Penjelasan dalam bentuk gambar sketsa biasanya lebih mudah dipahami. Benar saja, setelah siswa tersebut membuat sketsa model, temannya langsung dapat memahami gagasannya.

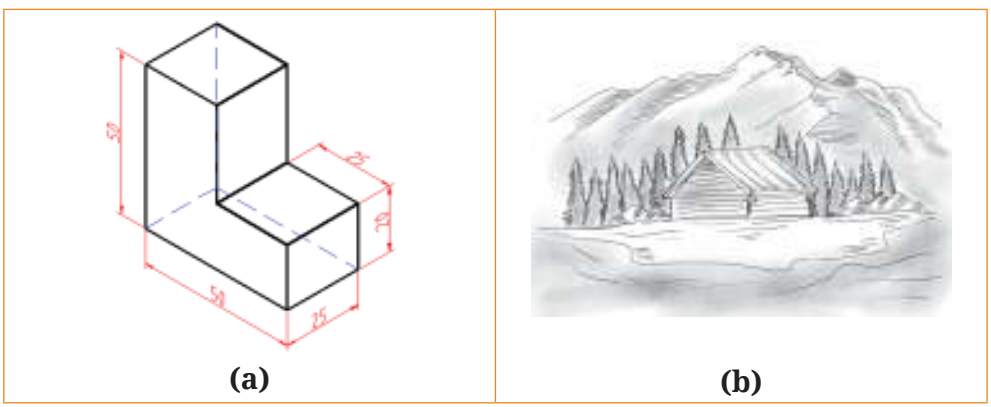
Nah, apa yang dapat kalian simpulkan dari peristiwa tersebut?

Dalam bidang teknik elektronika, gambar teknik merupakan suatu alat komunikasi yang digunakan seorang perencana untuk menyampaikan ide atau gagasan dalam merancang dan membuat desain suatu produk.

Pada gambar teknik diperlukan keterangan dari hal-hal yang bersifat teknis agar bisa meneruskan informasi yang dimaksud dengan benar dan tepat, sehingga gambar yang dibuat dapat dipahami dengan jelas tanpa ada keraguan. Keterangan tersebut dapat berupa simbol atau lambang, sehingga dalam hal ini diperlukan keterampilan yang baik dalam pembuatan gambar teknik.

Penyajian gambar teknik harus memenuhi aturan-aturan yang berlaku secara internasional. Dengan demikian, pembaca gambar teknik akan memahaminya, tanpa memedulikan asal ataupun lokasi geografisnya.

Untuk memahami perbedaan gambar teknik dengan gambar umum/non-teknik, perhatikan gambar berikut.



Gambar 1.1 Perbedaan Gambar Teknik (a) dan Gambar Non-Teknik (b)
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

AKTIVITAS 1

Diskusikan perbedaan gambar teknik dan gambar non-teknik yang kalian lihat pada Gambar 1.1.

Sebagai bahan referensi, kalian dapat mencari informasi melalui internet, buku, atau jurnal dengan kata kunci gambar teknik dan gambar non teknik.

Secara umum, gambar teknik memiliki tiga fungsi, di antaranya:

A. sebagai alat untuk menyampaikan informasi, artinya menyampaikan maksud perancang ke orang yang berkaitan dengan perencanaan proses, pembuatan, pemeriksaan, perakitan, dan proses lainnya secara tepat;

B. bahan dokumentasi, dokumentasi, artinya gambar teknik merupakan dokumen yang penting bagi industri yang berfungsi sebagai informasi untuk pengembangan produk pada masa depan; dan

C. sebagai cara untuk menuangkan ide-ide pembangunan. Ide seorang desainer untuk membuat benda-benda teknis dimulai dari sebuah konsep di dalam kepalanya, kemudian konsep tersebut terwujud menjadi sebuah gambar.

Gambar teknik bersifat universal. Karena itu, penyampaian informasi dalam gambar teknik perlu mengikuti suatu standardisasi. Dengan demikian, semua orang yang membacanya dapat memiliki pemahaman yang sama terhadap gambar yang direalisasikan.

Mungkin kalian pernah mendengar istilah SNI (Standar Nasional Indonesia). Ini adalah standar yang berlaku secara nasional di Indonesia. Pembuatan gambar teknik dapat mengikuti standar ini, tetapi hanya berlaku secara nasional di Indonesia. Apabila kalian ingin membuat gambar teknik yang diterima secara internasional, gambar teknik tersebut harus mengikuti standar internasional.

Seiring kerja sama internasional yang semakin meningkat, para pelaku industri dan ekonomi wajib menggunakan standar internasional. Standar yang berlaku secara internasional disebut ISO, yang ditetapkan oleh International Organization for Standardization atau organisasi standar internasional, suatu lembaga non-pemerintahan yang menetapkan standar-standar industrial maupun komersial di dunia. Standar ISO inilah yang kemudian berlaku dalam pembuatan gambar teknik.

Membuat gambar teknik dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara manual dan secara digital atau menggunakan perangkat lunak. Kedua cara ini akan dibahas dalam bab ini. Aplikasi yang digunakan pada perangkat lunak dapat disesuaikan dengan yang kalian miliki atau yang sekolah kalian miliki.

A. Peralatan Gambar Teknik Manual

Dalam pembuatan gambar teknik, ada sejumlah peralatan yang tentunya harus kalian siapkan. Berikut adalah sejumlah peralatan untuk membuat gambar teknik.

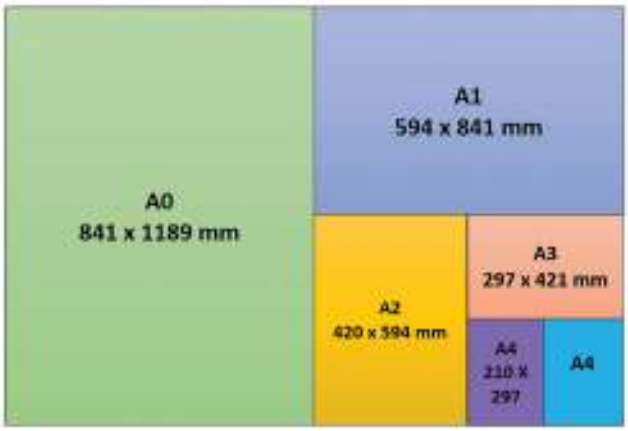
1. Kertas Gambar

Kertas gambar merupakan peralatan menggambar yang utama pada proses pembuatan gambar. Kertas gambar memiliki ukuran yang sudah standar. Ukuran kertas gambar menurut standar SNI yang mengacu pada norma ISO 216 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.1 Standar Ukuran Kertas Gambar Menurut Standar ISO 216 Seri A

Ukuran	Ukuran (mm)		Sisi Kiri (mm)	C (mm)
	Lebar	Panjang		
A0	841	1189	20	10
A1	549	841	20	10
A2	420	594	20	10
A3	297	420	20	10
A4	210	297	20	5
A5	140	210	20	5
A5	140	210	20	5

Sumber: Takeshi Sato (1999)



Gambar 1.2 Ukuran Kertas Gambar
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Kertas gambar harus diberi garis pinggir sesuai dengan ukurannya. Simbol "C" pada Tabel 1.1 adalah ukuran tepi bawah, tepi atas, dan tepi kanan. Sedangkan tepi kiri diatur sebesar 20 mm untuk setiap ukuran kertas gambar. Maksud pengaturan ukuran ini adalah ketika kertas gambar dikelompokkan, gambar tidak akan terganggu/rusak.

Jenis kertas yang digunakan di antaranya kertas sketsa/ milimeter, kalkir, dan film gambar. Kertas film gambar biasanya digunakan dalam pembuatan gambar yang sangat teliti dan memerlukan keawetan yang lama.

2. Pensil

Pensil mempunyai ukuran tertentu yang menunjukkan tingkat kepadatan yang berbeda-beda. Pensil yang paling umum digunakan adalah pensil grafit. Grafit merupakan bagian utama pensil yang berwarna hitam. Kemudian batang grafit dibungkus oleh lapisan kayu dan dibentuk sedemikian rupa, menghasilkan pensil yang kita kenal sekarang. Tingkat kepadatan grafit inilah yang menentukan ukuran pensil.

Grafit pada pensil dibuat dari karbon dengan campuran tanah liat sebagai bahan pengikatnya. Banyaknya campuran tanah liat menentukan hasil akhir grafit yang lunak atau keras. Semakin banyak campuran tanah liat, grafit semakin keras dan goresannya semakin tipis. Semakin sedikit campuran tanah liat, grafit semakin lunak dan goresannya pekat. Perhatikan tabel ukuran pensil berikut.

Tingkat kelunakan pensil ditandai dengan huruf B, sementara tingkat kekerasan ditandai dengan huruf H. Semakin besar angka di depan huruf tersebut, maka semakin lunak atau semakin keras pensil grafit tersebut.

Tabel 1.2 Ukuran, Sifat, dan Penggunaan Pensil Grafit

Ukuran	Sifat	Penggunaan
9B	Sangat lunak, warna hitam pekat	Dalam kegiatan seni, misalnya untuk menggambar sketsa
8B		
7B		
6B		
5B		
4B		
3B	Lunak	Untuk menggambar bebas dan menulis
2B		
B		
HB	Sedang	Untuk menulis dan menggambar linear
F		
H	Keras	Untuk menggambar teknis dan gambar matematika
2H		
3H	Lebih keras	Untuk menggambar rancangan teknis mendetail dan grafik
4H		
5H		
6H	Sangat keras, warna keabu-abuan	Untuk tujuan khusus, seperti litografi, kartografi, dan xilografi
7H		
8H		
9H		



Gambar 1.3 Macam-Macam Pensil
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

3. Jangka

Fungsi jangka adalah untuk menggambarkan lingkaran penuh atau busur lingkaran. Jangka memiliki dua kaki, salah satunya terbuat dari logam runcing yang diperkuat dengan sekrup. Kaki lainnya dapat diisi dengan:

a. pensil,
b. *track pen*,
c. jarum jangka, untuk membagi atau mengukur, atau
d. jangka tusuk.



Gambar 1.4 Jangka dan Kelengkapannya
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

4. Penggaris

Penggaris atau mistar adalah alat yang digunakan untuk membuat garis lurus. Berikut adalah beberapa macam penggaris yang digunakan untuk menggambar teknik dasar.

a. Penggaris T



Gambar 1.5 Penggaris T

Penggaris T memiliki bagian-bagian yang disebut kepala dan daun. Ukuran penggaris jenis ini disesuaikan dengan ukuran meja gambarnya. Penggaris ini digunakan untuk membuat garis horizontal yang panjang. Dalam penggunaannya, penggaris ditempelkan ke bagian sisi kiri meja gambar, lalu dapat digeser ke atas dan ke bawah.

b. Penggaris Segitiga



Gambar 1.6 Penggaris Segitiga
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Ada dua macam penggaris segitiga, yaitu segitiga siku-siku dan segitiga siku sama kaki. Fungsi penggaris segitiga dalam menggambar teknik yaitu untuk:

1) membuat garis lurus vertikal;
2) membuat garis miring sesuai dengan sudut pada penggaris segitiga, yaitu 30^0, 45^0, atau 60^0;
3) membagi lingkaran menjadi beberapa bagian yang sama besar; dan
4) membuat garis sejajar dengan sebuah garis yang dijadikan acuan.

Penggaris segitiga juga dapat digunakan dengan dikombinasikan dengan penggaris T.

c. Mal Lengkung

Mal lengkung digunakan untuk membentuk garis lengkungan yang tidak bisa dibuat dengan jangka.



Gambar 1.7 Mal Lengkung

d. Mal Bentuk

Mal bentuk adalah alat bantu yang sudah memiliki sejumlah cetakan bentuk objek. Alat ini digunakan untuk menggambar objek dengan cepat, misalnya untuk membuat lambang-lambang pada bidang elektronik.



Gambar 1.8 Mal Bentuk
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

e. Mal Huruf dan Angka

Selain mal bentuk, ada juga mal huruf dan angka. Seperti mal bentuk, mal huruf dan angka digunakan untuk membuat huruf dan angka secara cepat dan tepat.



Gambar 1.9 Mal Huruf dan Angka
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

f. Mistar Skala

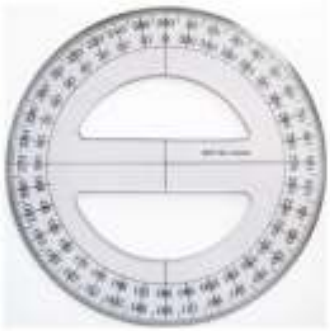
Mistar skala berfugsi untuk mengetahui besar kecilnya ukuran suatu benda dalam perbandingan yang tetap. Mistar skala berpenampang segitiga.



Gambar 1.10 Mistar Skala
Sumber: Avenafatua/Wikimedia Commons (2007)

g. Busur Derajat

Busur derajat terbuat dari bahan plastik, atau bahan aluminium. Umumnya busur derajat memiliki garis-garis ukuran pembagi dari 0°—180°. Ada pula busur derajat yang memiliki sudut sampai 360°. Busur derajat berfungsi untuk membagi sudut atau mengukur sudut.



Gambar 1.11 Busur Derajat 360°

Sumber: Chris/Flickr (2008)

5. Penghapus dan Pelindung

Penghapus adalah alat untuk menghapus tulisan atau coretan. Penghapus yang digunakan dalam menggambar teknik adalah jenis penghapus yang dipergunakan untuk kertas gambar, yaitu penghapus pensil dan penghapus tinta.

Salah satu kesulitan dalam menghapus gambar teknik terjadi ketika hendak menghapus garis-garis yang jaraknya berdekatan. Risikonya, garis yang tidak perlu dihapus akan ikut terhapus. Karena itu, kalian dapat menggunakan alat yang dinamakan mal pelindung. Dengan mal pelindung, garis-garis yang tidak perlu dihapus akan aman karena terlindungi dari proses penghapusan.



Gambar 1.12 Contoh Penghapus yang Biasa Digunakan dalam Menggambar Teknik



Gambar 1.13 Mal Pelindung

Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

AKTIVITAS 2

Untuk menambah pengetahuan kalian tentang peralatan gambar teknik, silakan pindai kode QR berikut.

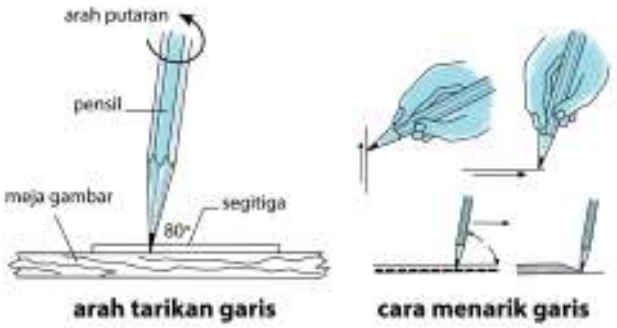
Tugas kalian setelah membaca membuat rangkuman materi dan membuat gambar sesuai dengan yang dilihat di video.

B. Penggunaan Peralatan Gambar Manual

Untuk menghasilkan kualitas gambar yang baik, tentunya kalian harus menguasai atau terampil dalam penggunaan peralatan-peralatan gambar tersebut. Berikut adalah cara penggunaan peralatan gambar sesuai dengan aturan.

1. Pensil

Pada saat menggunakan pensil, pensil harus diposisikan miring sekitar 80° searah dengan tarikan garis, yaitu ke arah kanan. Pada saat membuat garis, diusahakan pensil sambil diputar menggunakan dua jari, yaitu telunjuk dan ibu jari.



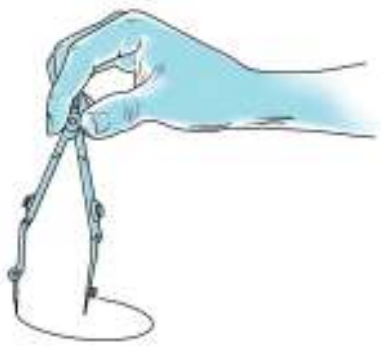
Gambar 1.14 Cara Menarik Garis

2. Jangka

Jangka digunakan untuk membuat lingkaran atau busur agar presisi. Untuk menggunakannya, tentukan titik pusat lingkaran atau busur dengan kaki jangka yang berujung jarum. Tancapkan ujung jarum ke kertas, tetapi jangan terlalu dalam. Lalu putarkan kaki jangka lain sampai membentuk lingkaran atau busur.

Untuk membuat lingkaran atau busur dengan ukuran tertentu, pertama-tama tentukan dulu jari-jari lingkaran. Bentangkan jangka, ukur lebarnya menggunakan penggaris. Itulah jari-jari lingkaran atau busur.

Pada saat menggunakan jangka, pastikan posisi ujung kaki-kaki jangka harus tegak lurus terhadap bidang gambar. Apabila kalian akan membuat lingkaran atau busur dengan ukuran besar, sementara kaki jangka kalian kurang panjang, kalian dapat menambahkan kaki penyambung.



Gambar 1.15 Cara Membuat Lingkaran dengan Jangka

3. Penggaris Segitiga

Sebelum digunakan, periksa kesesuaian penggaris segitiga dengan ketentuan berikut.

a. Pinggiran penggaris segitiga harus rata.
b. Sudut siku-siku harus 90°.

Apabila telah memenuhi ketentuan tersebut, penggaris segitiga tersebut dapat kalian gunakan sesuai fungsinya, contohnya membuat garis lurus, membuat dua buah garis saling tegak lurus, atau membuat garis-garis miring sejajar sesuai dengan sudut segitiganya. Hal yang perlu kalian perhatikan saat menggunakan segitiga yaitu:

a. posisikan pensil tegak lurus (90°) terhadap segitiga,
b. posisikan pensil miring 80° ke arah tarikan garis, dan
c. saat menarik garis, usahakan sambil memutar pensil.



Gambar 1.16 Cara Membuat Garis Lurus dengan Penggaris Segitiga

C. Jenis Garis, Huruf, Angka, dan Etiket Gambar

Sebelum membuat gambar teknik, kalian harus terlebih dahulu memahami dasar penggambaran sesuai dengan standar ISO, sebagai berikut.

1. Garis, Huruf, dan Angka

Dalam menggambar teknik, terdapat beberapa macam garis yang dapat digunakan, dibedakan berdasarkan bentuk dan tebalnya. Menurut standarnya, ada empat macam garis gambar, yaitu:

a. garis kontinu (garis nyata),
b. garis gores (bentuk garis putus-putus pendek),
c. garis gores tunggal (bentuk garis dengan garis strip pendek di antara goresan panjang), dan
d. garis gores ganda.

Menurut tebalnya, ada dua jenis garis yaitu garis tipis dan garis tebal. Perbandingannya adalah 1:0,5. Tabel 1.3 menjelaskan macam-macam garis menurut standar ISO yang digunakan dalam gambar teknik.

Tabel 1.3 Jenis-Jenis Garis dan Penggunaannya ISO 128

Jenis Garis	Keterangan	Penggunaan
A	Tebal kontinu	A1. Garis-garis nyata (gambar). A2. Garis-garis tepi.
B	Tipis Kontinu (lurus atau lengkung)	B1. Garis-garis berpotong khayal (imajiner). B2. Garis-garis ukur. B3. Garis-garis proyeksi/bantu. B4. Garis-garis penunjuk. B5. Garis-garis arsir. B6. Garis-garis nyata dari penampang yang berputar di tempat. B7. Garis sumbu pendek.
C	Tipis kontinu bebas	C1. Garis-garis batas dari potongan sebagian atau bagian yang dipotong, bila batasnya bukan garis bergores tipis.
D	Tipis kontinu dengan zig-zag	D1. Sama dengan C1.

E	Garis gores tebal	E1. Garis nyata terhalang. E2. Garis tepi terhalang.
F	Garis gores tipis	F1. Garis nyata terhalang. F2. Garis tepi terhalang.
G	Garis bergores tipis	G1. Garis sumbu. G2. Garis simetri. G3. Lintasan.
H	Garis bergores tipis, yang dipertebal pada ujung-ujungnya dan pada perubahan arah	H1. Garis (bidang potong).
J	Garis bergores tebal	J1. Penunjukan permukaan yang harus mendapat penanganan khusus.
K	Garis bergores ganda tipis	K1. Bagian yang berdampingan. K2. Batas-batas kedudukan benda yang bergerak. K3. Garis sistem (pada baja profil). K4. Bentuk semula sebelum dibentuk. K5. Bagian benda yang berada di depan bidang potong.

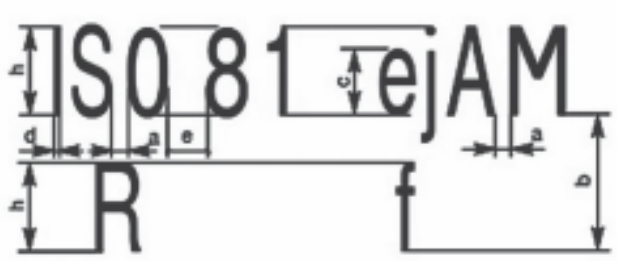
Sumber: Benny Susman (2022)

Huruf dan angka yang digunakan dalam gambar teknik harus jelas dan seragam sesuai dengan standar ISO 3098/1-1974. Perbandingan tinggi huruf dan lebar huruf diambil dari perbandingan ukuran kertas gambar yang distandarkan, yaitu √2:1.

Tabel 1.4 Perbandingan Standar Ukuran Huruf

Sifat	Perbandingan	
	Tipe A	Tipe B
Tinggi huruf	H	H
Kecil	(10/14)h	(7/10)h
Jarak antarhuruf	(2/14)h	(2/10)h
Jarak antargaris	(20/14)h	(14/10)h
Jarak antarkata	(16/14)h	(6/10)h
Tebal huruf	(1/14)h	(1/10)h

Sumber: Takeshi Sato (1999)



Gambar 1.17 Perbandingan ukuran huruf berdasarkan Tabel 1.4.

Sumber: Takeshi Sato (1999)



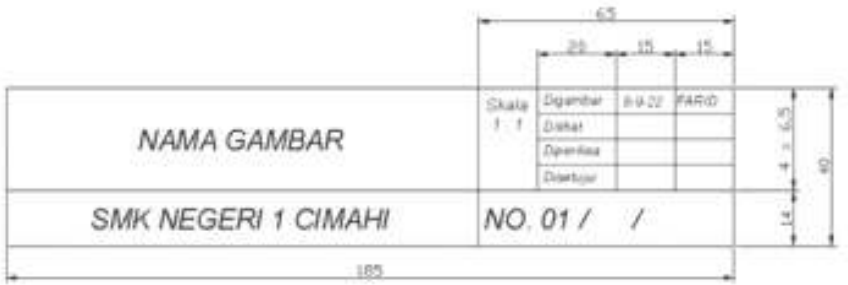
Gambar 1.18 Contoh Huruf dan Angka Jenis ISO

Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

2. Etiket Gambar

Etiket atau kepala gambar wajib dibuat dalam suatu gambar teknik agar bersifat resmi dan dapat memuat informasi dengan lebih jelas. Etiket umumnya diletakkan pada pojok kanan bawah kertas gambar dengan ukuran menyesuaikan dengan ukuran kertas, jenis informasi, dan keterangan apa saja yang tercantum.





Gambar 1.19 Contoh Etiket Gambar
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Sebagai tambahan pengetahuan kalian tentang peralatan gambar teknik, silakan pindai kode QR berikut.

AKTIVITAS 3

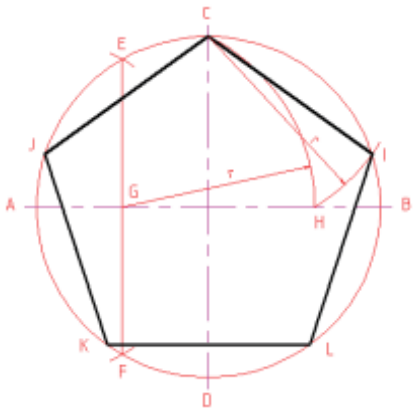
Buat gambar seperti yang diperlihatkan pada kode QR berikut. Gambar pada kertas gambar A3 lengkap dengan etiketnya.

D. Menggambar Konstruksi Geometris

Konstruksi geometris adalah gambar dari beberapa bentuk yang dapat diukur dan dapat diidentifikasi. Konstruksi geometris juga didefinisikan sebagai prosedur untuk menggambar bentuk berdasarkan struktur dasar seperti garis, sudut, kurva, lingkaran, dan sebagainya. Konstruksi geometris sangat sering digunakan seorang juru gambar ketika menggambar.

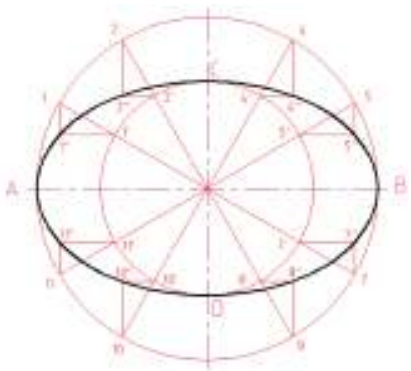
Geometri pada konstruksi geometris berupa kurva (busur), lingkaran, garis, dan/atau sudut. Konstruksi geometris digunakan agar gambar yang dihasilkan memiliki bentuk yang bagus. Contoh bentuk geometri dijelaskan sebagai berikut.

1. Bentuk Segi Lima Beraturan



Gambar 1.20 Bentuk Segi Lima Beraturan
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

2. Bentuk Elips



Gambar 1.21 Bentuk Elips
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Untuk mengetahui konstruksi geometris lainnya dan langkah-langkah untuk membuat konstruksi geometris, silakan klik di sini atau pindai kode QR berikut. Catat hal-hal penting yang kalian temukan pada buku catatan masing-masing.

E. Mengenal Gambar Proyeksi

Dalam gambar teknik dikenal dua istilah gambar proyeksi, yaitu proyeksi piktorial dan proyeksi ortogonal.

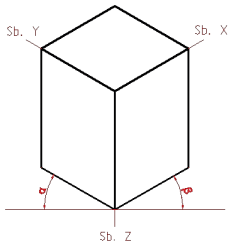
1. Proyeksi Piktorial

Proyeksi piktorial yaitu gambar proyeksi yang berfungsi untuk menggambarkan bentuk benda atau objek tiga dimensi pada bidang datar atau bidang dua dimensi. Ada tiga jenis proyeksi piktorial, yaitu:

a. proyeksi piktorial isometrik,
b. proyeksi piktorial dimetrik, dan
c. proyeksi piktorial miring.

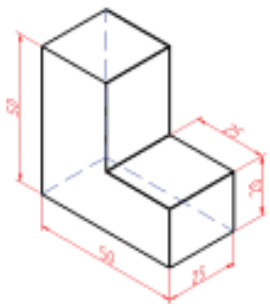
Untuk lebih memahami masing-masing proyeksi tersebut, kalian bisa lihat penjelasannya pada Tabel 1.5 berikut.

Tabel 1.5 Sudut Proyeksi pada Gambar Proyeksi Piktorial

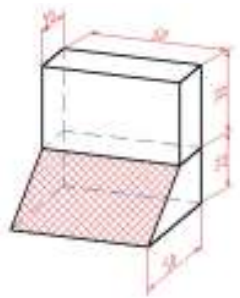


Proyeksi	Sudut Proyeksi		Skala Ukuran		
	α	β	Sb.X	Sb.Y	Sb.Z
Isometrik	30°	30°	1 : 1	1 : 1	1 : 1
Dimetrik	7°	40°	1 : 1	1 : 2	1 : 1
Miring	0°	45°	1 : 1	1 : 2	1 : 1

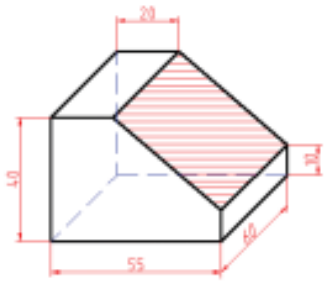
Berikut adalah contoh dari ketiga proyeksi tersebut.



Gambar 1.22 Proyeksi Isometrik
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



Gambar 1.23 Proyeksi Dimetrik
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



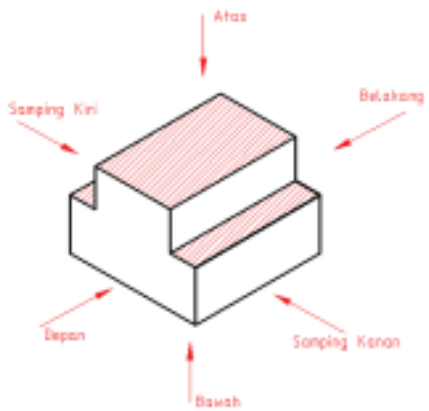
Gambar 1.24 Proyeksi Miring
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

2. Proyeksi Ortogonal

Proyeksi ortogonal adalah gambar proyeksi yang bidang proyeksinya memiliki sudut tegak lurus terhadap proyektornya. Proyektor adalah garis yang memproyeksikan objek ke bidang proyeksi. Garis-garis proyektor tidak hanya tegak lurus dengan bidang proyeksi, tetapi juga harus sejajar satu sama lain.

Untuk memberikan informasi yang lengkap tentang objek tiga dimensi pada gambar proyeksi ortogonal, umumnya diperlukan lebih dari satu bidang proyeksi. Bidang-bidang tersebut memiliki syarat berikut.

a. Tampak depan, yaitu proyeksi ke bidang proyeksi di depan objek.
b. Tampak atas, yaitu proyeksi ke bidang proyeksi di atas objek.
c. Tampak samping kanan, yaitu proyeksi ke bidang proyeksi di sebelah kanan objek.

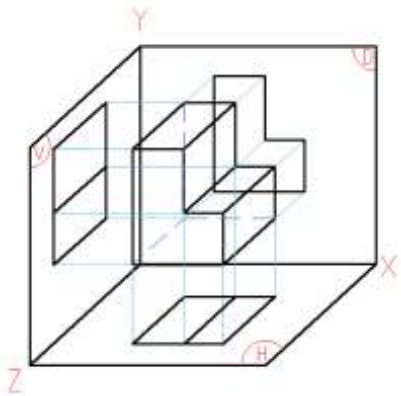


Gambar 1.25 Macam-Macam Sudut Pandang terhadap Objek
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Selain proyeksi pitorial dan ortogonal, ada pula proyeksi gambar yang disebut proyeksi Eropa dan proyeksi Amerika.

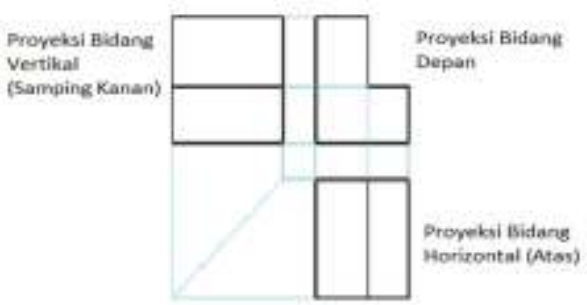
1. Proyeksi Eropa

Proyeksi Eropa merupakan proyeksi yang letaknya terbalik dengan arah garis pandangannya. Jika suatu objek ditempatkan pada bidang horizontal, di depan bidang D (depan) dan di sebelah kanan bidang V (vertikal), benda tersebut berada pada kuadran I. Jika kita memproyeksikan objek ke dalam kuadran I pada bidang H, V, dan D, akan diperoleh bayangan atau proyeksi. Proyeksi pada kuadran I inilah yang disebut dengan proyeksi Eropa.



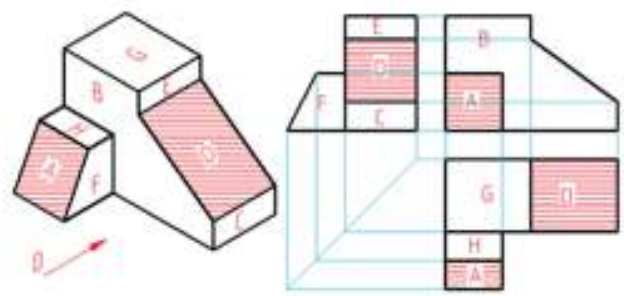
Gambar 1.26 Proyeksi Kuadran I atau Proyeksi Eropa
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Apabila bidang proyeksinya dibuka menjadi sebuah bidang dua dimensi, gambar proyeksinya menjadi seperti berikut.



Gambar 1.27 Bidang dari Benda Proyeksi Kuadran I
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Berikut contoh perubahan proyeksi isometrik menjadi proyeksi Eropa.

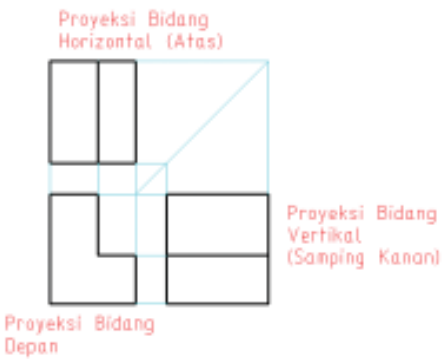


Gambar 1.28 Perubahan Proyeksi Isometrik ke Proyeksi Eropa
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

2. Proyeksi Amerika

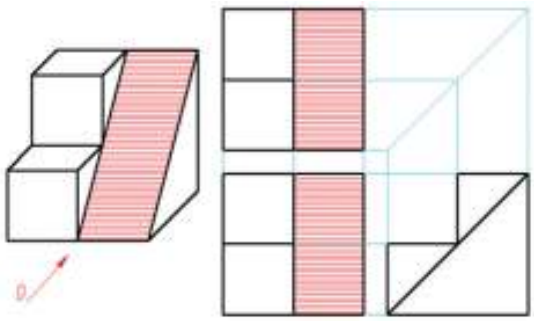
Proyeksi Amerika adalah proyeksi yang sama dengan arah garis pandangnya. Jika suatu objek benda ditempatkan di bawah bidang horizontal, di depan bidang D (depan), dan di sebelah kiri bidang V (vertikal), benda tersebut berada pada kuadran III. Apabila objek/benda yang terletak pada kuadran III diproyeksikan terhadap bidang H, V, dan D, akan didapat bayangan atau proyeksi. Proyeksi yang berada pada kuadran III inilah yang dikenal sebagai proyeksi Amerika.

Apabila kalian sudah memahami proses terbentuknya gambar bidang dari gambar benda menurut pandangan proyeksi Eropa, tentu kalian tidak akan kesulitan dalam memahami proyeksi Amerika.



Gambar 1.29 Bidang dari Benda Proyeksi Kuadran III
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Gambar berikut adalah contoh perubahan yang terjadi dari proyeksi piktorial menjadi proyeksi Amerika.



Gambar 1.30 Perubahan Proyeksi Miring ke Proyeksi Amerika
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Simbol gambar proyeksi Eropa dan proyeksi Amerika diperlihatkan pada gambar berikut.



(a) **(b)**

Gambar 1.31 Simbol Gambar Proyeksi Amerika (a) dan Proyeksi Eropa (b)
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Untuk menambah pengetahuan kalian tentang gambar proyeksi, silakan kalian klik di sini atau pindai kode QR berikut.

Kemudian, buat gambar proyeksi isometri, proyeksi dimetri, dan proyeksi miring dengan bentuk gambar seperti pada materi tersebut pada kertas gambar A4, lengkap dengan etiket gambar.

F. Menggambar Teknik Listrik

Dalam bidang teknik listrik, untuk menggambarkan rangkaian listrik diperlukan gambar simbol-simbol listrik. Misalnya kalian ingin menggambarkan rangkaian instalasi rumah tinggal. Jika kalian menggambarkan bentuk komponen sebenarnya, tentunya akan mengalami kesulitan. Agar lebih mudah, kalian memerlukan simbol-simbol. Tujuan menggambar simbol listrik adalah untuk menyingkat keterangan sekaligus tidak menimbulkan perbedaan arti. Berikut adalah penjelasan simbol-simbol listrik tersebut.

1. Simbol-Simbol Komponen Listrik

Simbol listrik merupakan lambang komponen listrik yang digunakan untuk membuat rangkaian listrik. Gambar simbol listrik memiliki fungsi untuk menyingkat keterangan, tetapi tidak menimbulkan arti yang berbeda. Simbol listrik memiliki standardisasi, di antaranya dari ANSI, JIC, NMEA, DIN, dan standar lainnya yang berlaku secara regional maupun internasional.

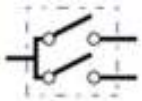
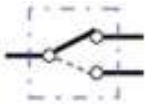
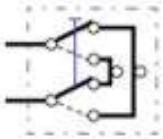
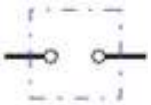
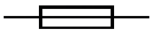
Indonesia sendiri telah memiliki standar simbol yang berhubungan dengan listrik arus kuat yang tertuang dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Simbol sambungan dan komponen listrik berdasarkan PUIL 2011 diperlihatkan pada Tabel 1.6, Tabel 1.7, dan Tabel 1.8.

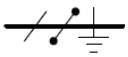
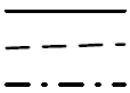
Tabel 1.6 Simbol Sambungan Listrik

Simbol	Komponen	Keterangan
	Kabel listrik	Konduktor atau kabel penghubung
	Koneksi kabel	Statusnya terhubung
	Kabel tidak terkoneksi	Statusnya tidak terhubung atau terputus

Sumber: Bartien Sayogo (2022)

Tabel 1.7 Simbol Komponen Listrik

No.	Nama Komponen	Simbol Diagram	
		Perencanaan	Pengawatan
1	Sakelar tunggal		
2	Sakelar seri (ganda)		
3	Sakelar tukar		
4	Sakelar silang		
5	Stop kontak tanpa arde		
6	Stop kontak ber-arde		
7	Lampu pijar		
8	Lampu TL		
9	Sekring (*fuse*)		
10	Rangkaian pemutus arus (MCB)		
11	Kawat fasa (bertegangan)		
12	Kawat nol (tidak bertegangan)		
13	Kawat arde		

14	3 kawat: fasa, nol, dan arde		
15	KWH-meter		
16	Generator		

Sumber: Bartien Sayogo (2022)

Tabel 1.8 *Ground* dan Pentanahan

Simbol	Komponen	Keterangan
	*Earth grounds*	Status: referensi, yaitu 0 suatu sumber listrik
	*Chassis grounds*	Status: ground, dihubungkan ke badan suatu rangkaian listrik
	*Common/digital grounds*	Sirkuit umum

Sumber: Bartien Sayogo (2022)

Untuk mendapatkan tambahan informasi tentang simbol kelistrikan, silakan klik di sini atau pindai kode QR berikut.

2. Menggambar Rangkaian Instalasi Listrik

Gambar rangkaian instalasi listrik dapat dibagi menjadi dua macam, dengan penjelasan berikut.

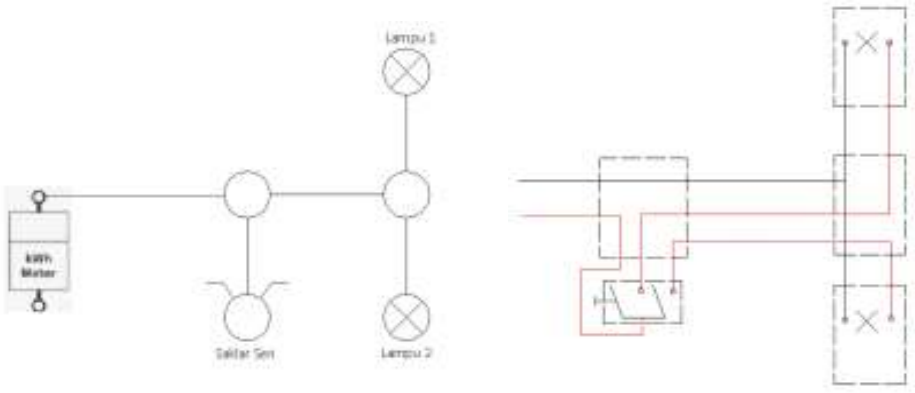
a. Gambar Instalasi

Gambar instalasi yaitu gambar yang memiliki fungsi untuk menunjukkan tata letak peralatan listrik dan pengendali yang terpasang. Yang termasuk gambar instalasi misalnya letak lampu, stop kontak, sakelar, dan PHB.

b. Gambar Diagram

Gambar diagram yaitu gambar berupa simbol yang menunjukkan letak peralatan listrik yang digunakan. Gambar diagram terdiri dari diagram pengawatan (*wiring diagram* atau WD) dan diagram garis tunggal (*single line diagram* atau SLD).

Kita bahas Gambar 1.32 sebagai contoh. Gambar menunjukkan *wiring diagram* dan *single line diagram* dari sebuah sakelar seri yang melayani dua lampu atau beberapa lampu yang dipasang paralel. Pada Gambar 1.32, dua buah lampu akan dinyalakan melalui satu sakelar seri. Sumber tegangan adalah KWH meter yang dihubungkan ke lampu melalui kawat penghantar 1 fasa. Jika salah satu sakelar ditekan (*on*), Lampu 1 akan menyala. Jika sakelar yang lainnya ditekan (*on*), Lampu 2 akan menyala.



(a) **(b)**

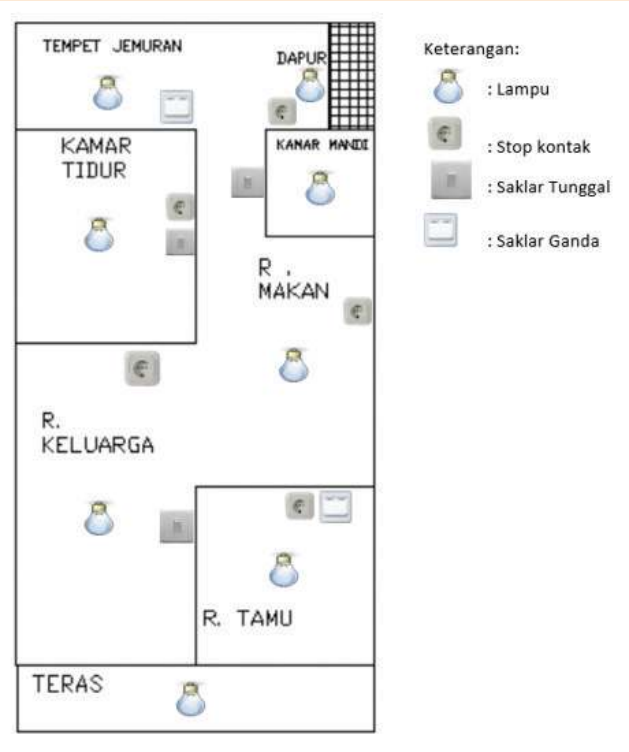
Gambar 1.32 Instalasi Penerangan *Single Line Diagram* (a) dan *Wiring Diagram* (b)
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

AKTIVITAS 4

1. Buat rangkaian instalasi lampu penerangan pada Gambar 1.32 dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak seperti Viso, Eagel, Proteus, atau perangkat lunak lainnya yang tersedia di laboratorium sekolah kalian.

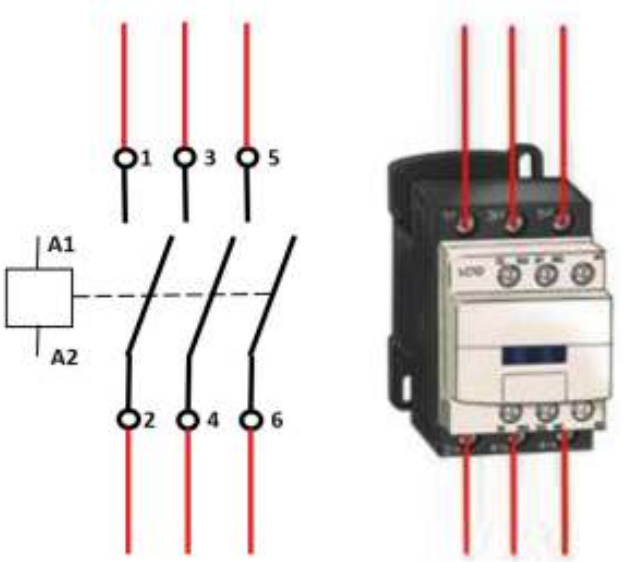
2. Buat *single line diagram* dan *wiring diagram* dari gambar denah berikut. Kalian dapat menggambarkan secara manual terlebih dahulu, baru kemudian gambar dengan menggunakan aplikasi, misalnya Visio, Eagle, AutoCad, atau aplikasi lain yang tersedia di sekolah.

   Gambarkan lengkap dengan etiket gambar!



3. Gambar Instalasi Tenaga Listrik

Gambar instalasi tenaga listrik merupakan gambar instalasi yang beban kerjanya berupa motor listrik, yang berfungsi untuk menggerakkan mesin-mesin produksi pada industri. Rangkaian ini umumnya menggunakan motor listrik sebagai beban yang dikendalikan oleh kontaktor. Simbol dan bentuk kontaktor ditunjukkan pada gambar berikut.

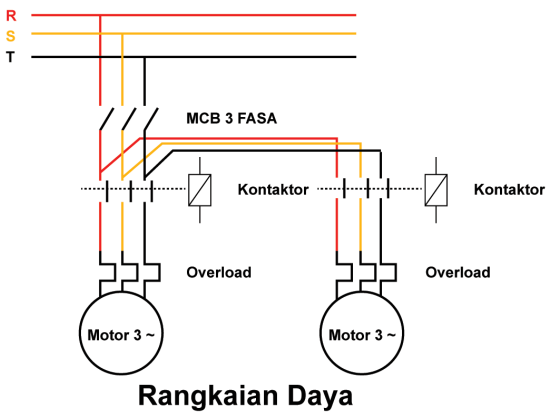


Gambar 1.33 Kontaktor dan Simbol Kontaktor

Sebagai contoh, mari kita bahas Gambar 1.34. Gambar ini menunjukkan contoh kendali motor yang bergantian dengan kontaktor.

Pada Gambar 1.34 ditunjukkan *wiring diagram* untuk rangkaian daya dan rangkaian kendali dua motor listrik jenis motor AC tiga fasa. Cara kerja rangkaian adalah sebagai berikut. Apabila sakelar S1 ditekan, kontaktor K1 akan bekerja, yang mengakibatkan motor pertama akan berputar. Selanjutnya, agar motor kedua yang berputar, tekan terlebih dahulu tombol stop sehingga motor pertama akan berhenti. Kemudian tekan sakelar S2. Motor kedua pun akan berputar.

Tujuan penggunaan rangkaian sistem ini adalah untuk mengantisipasi gangguan pada motor pertama. Apabila motor pertama mengalami gangguan, motor kedua dapat langsung digunakan tanpa harus melakukan penggantian motor. Kedua motor ini dipasang secara paralel.



Gambar 1.34 *Wiring Diagram* untuk Kendali Motor AC Tiga Fasa

AKTIVITAS 5

Gambarkan *wiring* diagram kendali motor AC tiga fasa pada Gambar 1.34 menggunakan aplikasi. Kalian dapat menggunakan Visio, Eagle, AutoCAD, Proteus, atau aplikasi lain yang tersedia di sekolah.

G. Gambar Teknik Elektronika

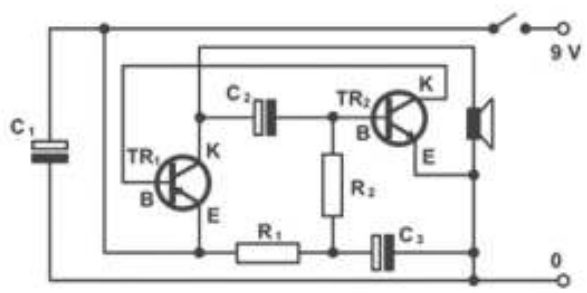
Dalam bidang elektronika, peralatan elektronika terdiri dari beberapa komponen yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga sehingga dapat berfungsi. Coba kalian perhatikan televisi di rumah kalian. Di dalamnya terdapat rangkaian-rangkaian yang terdiri dari ratusan komponen elektronika yang disatukan atau dirangkai pada sebuah PCB (*printed circuit board*) sehingga televisi tersebut dapat berfungsi.

Komponen-komponen elektronika yang dihubungkan membentuk suatu rangkaian elektronika. Dalam menyusun rangkaian elektronika diperlukan suatu perencanaan yang baik agar rangkaian tersebut dapat berfungsi. Perencanaan dilakukan dengan cara menggambar desain atau skema rangkaian elektronika terlebih dahulu.

Dalam menggambar desain rangkaian elektronika, kita tidak menggambarkan bentuk komponen secara nyata, melainkan menggambar simbol-simbol dari komponen tersebut. Untuk itu, kalian perlu memahami simbol-simbol komponen elektronika dengan baik.

Simbol elektronika diperlukan pada saat kalian akan membuat gambar sistem rangkaian elektronika. Simbol-simbol ini diperlukan untuk mempermudah pembuatan skema rangkaian elektronika dan mempermudah pemahaman saat proses perakitan.

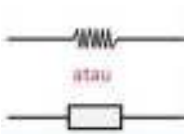
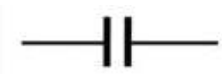
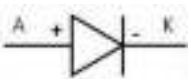
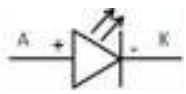
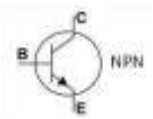
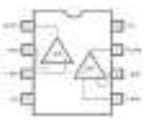
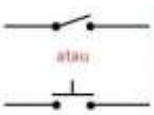
Sebelum melakukan proses perakitan rangkaian elektronika, kalian akan membaca skema rangkaian terlebih dahulu untuk menentukan macam-macam komponen yang diperlukan. Selain itu, penerapan simbol-simbol ini akan diperlukan pada saat kalian melakukan perbaikan peralatan elektronika, karena yang pertama akan dilihat adalah skema rangkaian yang terdiri dari simbol-simbol elektronika. Jadi seorang teknisi elektronika harus memahami simbol-simbol elektronika dalam pekerjaannya. Contoh simbol elektronika dapat kalian lihat pada Gambar 1.35, yang menunjukkan contoh skema rangkaian elektronika bel sepeda mini.



Gambar 1.35 Skema Rangkaian Elektronika Bel Sepeda Mini

Simbol elektronika distandardisasi oleh lembaga internasional, seperti ANSI (American National Standard Institute), IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers), dan IEC (International Electrotechnical Commission). Contoh simbol komponen elektronika yang sudah distandardisasi dapat dilihat pada tabel berikut.

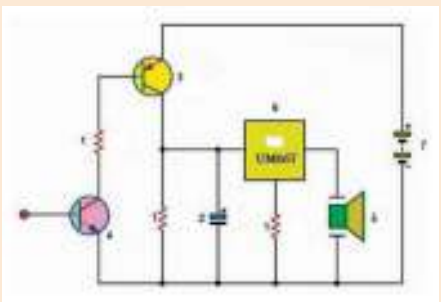
Tabel 1.9 Gambar dan Simbol Komponen Elektronika

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Baterai		
Resistor		
Kapasitor		
Induktor		
Diode Penyearah		
LED		
Transistor		
Integrated Circuit (IC)		
Saklar (*Switch*)		

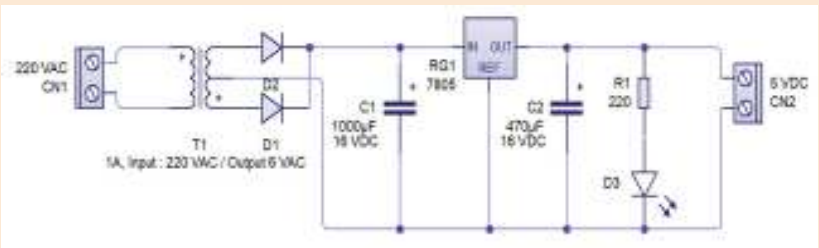
Untuk memperkaya pengetahuan kalian tentang komponen-komponen elektronika, silakan pindai kode QR berikut.

AKTIVITAS 6

1. Buat tabel komponen elektronika dan simbolnya selain yang sudah kalian pelajari pada materi sebelum ini, sejumlah minimal 15 komponen. Gambarkan jawaban kalian pada kertas A4 lengkap dengan etiketnya.
2. Sebutkan nama dan simbol dari komponen-komponen yang ada pada rangkaian elektronika berikut.



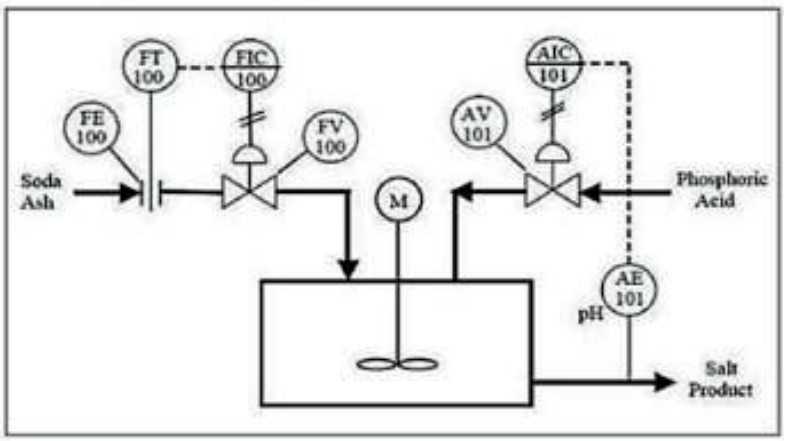
3. Gambarkan skema rangkaian elektronika catu daya (*power supply*) dari jala-jala listrik 220 Vac dengan keluaran tegangan DC 5 volt. Gambar dibuat pada kertas A4. Selanjutnya gambarkan rangkaian catu daya yang sudah kalian buat dengan menggunakan perangkat lunak seperti Eagle, Visio, Proteus, atau perangkat lunak lainnya yang tersedia di sekolah.



H. Gambar Teknik Instrumentasi Industri

Seperti halnya bidang teknik listrik dan teknik elektronika, bidang teknik instrumentasi industri juga mempunyai simbol-simbol standar yang digunakan untuk menggambarkan komponen-komponen yang digunakan pada *plant* industri. Ini untuk memudahkan teknisi instrumentasi dalam membaca dan menginterpretasikan gambar rangkaian komponen yang ada.

Gambar teknik di bidang instrumentasi dikenal dengan istilah P&ID (*piping and instrumentation diagram*). Gambar ini berfungsi untuk membantu kelancaran pekerjaan teknisi instrumentasi dalam memahami simbol yang menjelaskan lokasi, fungsi, dan parameter yang harus dikontrol, spesifikasi, instalasi, dan kalibrasi. Contoh gambar instrumentasi diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1.36 P&ID Pengontrolan pH secara Kontinu

Pada gambar P&ID di atas terdapat beberapa macam lambang atau simbol instrumentasi. Tabel berikut menjelaskan arti dari lambang dan simbol tersebut.

Tabel 1.10 Arti Gambar dan Simbol P&ID Pengontrolan pH secara Kontinu

	Simbol ISA	Arti
Elemen Instrumentasi		*Orifice plate* (*flow sensor*)
		*Pneumatic actuator valve*
		Motor
		*Mixer*
Sinyal		*Process flow line*
		Instrument supply/process connection
		Electric signal (continuous)
		Pneumatic signal (continuous)
Elemen dan Proses	FV	*Flow control valve*
	FIC	*Flow indicator and controller*
	FE	*Flow element*
	AV	*Analysis control valve*
	AIC	*Analysis indicator and controller*
	AE	*Analysis element*
Letak		Instrumentasi *discrete*, ditempatkan pada control panel utama, terpasang di bagian depan (*front-mounted*).
		Instrumentasi *discrete*, terpasang di lapangan.

Dari contoh gambar diagram P&ID tersebut, kalian dapat melihat secara detail informasi mengenai peralatan proses dan alat instrumen (alat ukur proses) yang terpasang di *plant*, seperti yang disebutkan berikut.

1. Peralatan proses dan rancangan variabel proses.
2. Sambungan pipa dengan material, ukuran, dan spesifikasi fabrikasinya.

3. Keperluan peralatan termasuk ukuran pipa dan bahannya.
4. Seluruh peralatan utama instrumen.

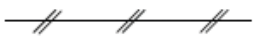
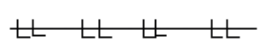
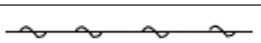
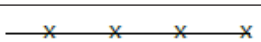
Seperti halnya gambar teknik lainnya, gambar diagram isntrumentasi digambarkan dalam bentuk simbol-simbol yang terstandardisasi. Standar yang dianut misalnya standar Amerika (ISA) atau Jepang (JIS). Penggambaran simbol-simbol instrumentasi dapat dilakukan secara manual atau menggunakan perangkat lunak seperti AutoCAD, Microsoft Visio, atau Cadworx.

Pada gambar instrumentasi terdapat 3 pengelompokan simbol, yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Simbol Instrumen Garis

Simbol garis ini memiliki fungsi untuk membedakan apakah sistem instrumetasi yang terpasang menggunakan sistem pneumatik, elektrik, atau hidrolik.

Tabel 1.11 Simbol Garis dan Keterangannya

Gambar Simbol	Keterangan
	Pipa proses *(main line)*
	*Pneumatic signal*
	Electric/electronic signal
	*Hydraulic signal*
	*Electromagnetic or sonic signal*
	*Capillary tubing (filled system)*

2. Simbol Instrumen

Simbol instrumen dikenal dengan nama simbol balon karena simbolnya berbentuk bulat. Simbol instrumen berfungsi untuk menggambarkan jenis instrumen yang digunakan dan menunjukkan letak posisi alat instrumen.

Tabel 1.12 Simbol Instrumen atau Fungsi Umum

	Lokasi Utama yang Diakses/ Dimonitor Operator	Terpasang di Lapangan	Lokasi Tambahan yang Diakses Operator
Instrumentasi Tungal/ Individual	1 	2 	3 
Dapat Dimonitor dan Digunakan untuk Kontrol Bersama	4 	5 	6 
Fungsi Perhitungan dalam Komputer	7 	8 	9 
Programmable Logic Controller	10 	11 	12 

3. Simbol Utilitas

Simbol utilitas menggambarkan komponen peralatan yang digunakan pada sistem instrumentasi, di antaranya *valve* atau katup, *valve actuator, fitting* dan representasi simbol, serta simbol peralatan lainnya.



Gambar 1.37 Simbol Katup dan Pengerak Katup

Untuk menambah pengetahuan tentang gambar instrumentasi,kalian dapat mencari informasi melalui internet atau buku dengan kata kunci gambar instrumentasi



AKTIVITAS 7

Dari materi tentang gambar instrumentasi yang kalian dapatkan dari sumber internet atau buku, gambarkan simbol-simbol instrumentasi dengan kriteria:

1. simbol instrumen garis,
2. simbol instrumen/simbol balon, dan
3. simbol utilitas.

Buat gambar pada kertas gambar A3 lengkap dengan etiket gambarnya.



RANGKUMAN

1. Gambar teknik termasuk cara komunikasi yang digunakan seorang perencana untuk menyampaikan ide atau gagasan dalam merancang dan membuat desain atau produk.
2. Fungsi gambar teknik adalah:
   a. sebagai alat untuk menyampaikan informasi, artinya menyampaikan maksud perancang ke orang yang berkaitan dengan perencanaan proses, pembuatan, pemeriksaan, perakitan, dan proses lainnya secara tepat;
   b. sebagai bahan dokumentasi, artinya gambar teknik merupakan dokumen yang penting bagi dunia industri untuk digunakan sebagai informasi untuk pengembangan produk berikutnya; dan
   c. sebagai cara untuk menuangkan ide pengembangan, artinya ide seorang perancang untuk membuat benda-benda teknik bermula dari sebuah konsep pemikiran, kemudian konsep tersebut dituangkan dalam bentuk gambar.
3. Yang termasuk peralatan gambar teknik di antaranya:
   a. kertas gambar,
   b. pensil dan rapido,

c. jangka dan kelengkapannya,
d. penggaris,
e. penghapus dan pelindung,
f. meja gambar, dan
g. mesin gambar

4. Konstruksi geometris adalah gambar bentuk tertentu yang terukur dan dapat didefinisikan. Konstruksi geometris didefinisikan juga sebagai tata cara penggambaran suatu bentuk yang didasarkan pada konstruksi dasar seperti garis, sudut, garis lengkung, lingkaran, dan lain sebagainya.
5. Proyeksi piktorial adalah gambar proyeksi yang digunakan pada gambar teknik, yang memiliki fungsi untuk menggambarkan benda tiga dimensi pada ruang bidang dua dimensi.
6. Proyeksi ortogonal adalah gambar proyeksi yang bidang proyeksinya memiliki sudut tegak lurus terhadap proyektornya.
7. Gambar simbol listrik memiliki fungsi untuk menyingkat keterangan tetapi tidak menimbulkan arti yang berbeda.
8. Ada dua macam gambar rangkaian listrik, yaitu:
   a. gambar instalasi penerangan dan
   b. gambar instalasi tenaga listrik.
9. Simbol elektronika diperlukan untuk mempermudah pembuatan skema rangkaian dan mempermudah pemahaman saat proses perakitan.

UJI KOMPETENSI

A. Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan benar!
   1. Jelaskan pengertian simbol listrik!
   2. Menurut pendapat kalian, apa kegunaan simbol elektronika?
   3. Jelaskan pengertian gambar instalasi dan gambar rangkaian pengendali!

B. Kerjakan!

1. Gambarkan *single line diagram* dan *wiring diagram* untuk satu sakelar tukar yang melayani dua lampu. Gambarkan pada kertas ukuran A4 lengkap dengan etiketnya!
2. Gambarkan sebuah rangkaian elektronik sederhana (misalnya rangkaian pengendali lampu taman) dengan menggunakan perangkat lunak aplikasi. Beri keterangan komponen-komponen yang digunakannya.

C. Bentuk kelompok yang terdiri dari empat orang. Buat *wiring diagram* dan *single line diagram* untuk sistem penerangan rumah yang terdiri dari:

1. dua kamar tidur,
2. ruang tamu,
3. dapur,
4. satu kamar mandi,
5. ruang keluarga, dan
6. teras rumah.

Buat pada kertas gambar A4, kemudian buat ulang menggunakan perangkat lunak aplikasi yang kalian kuasai.



PENGAYAAN

Untuk menambah wawasan kalian, baca materi tentang gambar teknik dengan memindai kode QR berikut.

https://solidface.com/technical-drawing/

http://gg.gg/Menggambar-Teknik-Elekronika



Setelah mempelajari tentang cara menggambar teknik elektronika, tentu kalian kini lebih memahami tentang pentingnya gambar teknik. Jika masih ada materi yang kalian anggap sulit untuk dipahami, silakan diskusikan dengan teman-teman di kelas atau tanyakan kepada guru kalian.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2022

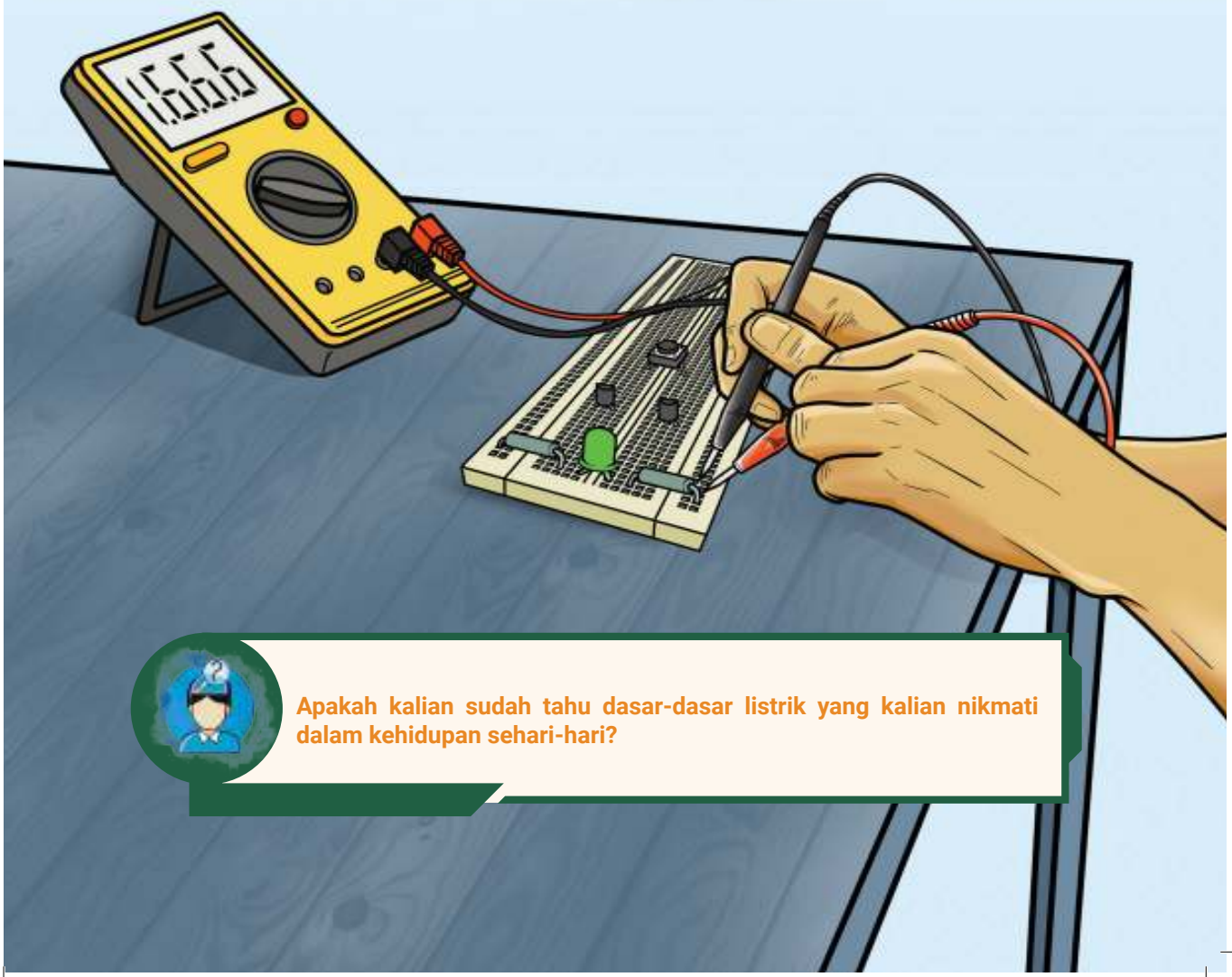
Dasar-Dasar Teknik Elektronika
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis: Farid Mulyana, Ismanto

ISBN: 978-602-244-981-2 (no.jil.lengkap)
978-602-244-982-9 (jil.2)
978-623-388-069-5 (PDF)

Bab II

Konsep Dasar Kelistrikan dan Elektronika



Apakah kalian sudah tahu dasar-dasar listrik yang kalian nikmati dalam kehidupan sehari-hari?

TUJUAN PEMBELAJARAN

Dengan mempelajari bab ini, kalian akan memahami konsep dasar materi, atom, dan jenis-jenis bahan listrik; memahami besaran dan satuan listrik dasar (tegangan, arus, resistansi, dan daya); dan memahami hukum dasar dalam analisa rangkaian listrik (Hukum Ohm dan Hukum Kirchhoff). Kalian juga akan memahami konsep rangkaian seri, rangkaian paralel, dan rangkaian campuran dalam rangkaian listrik dan elektronika, serta memahami rangkaian aplikasi elektronika dasar.

KATA KUNCI

dasar-dasar listrik, elektronika analog, elektronika digital, aplikasi elektronika

PETA MATERI



Perhatikan alat-alat listrik yang ada di rumah kalian. Televisi menyala menampilkan gambar dan mengeluarkan suara. Lampu menyala menerangi ruangan. Kipas angin berputar menghasilkan angin dingin. Tahukah kalian apa yang menyebabkan alat-alat tersebut dapat menyala dan bergerak? Bagaimana cara kerja alat-alat tersebut?

A. Konsep Dasar Materi Atom

Kata “elektronika” diserap ke bahasa Indonesia dari bahasa Inggris *electronics*, yang berasal dari dua kata, yaitu *electron* dan *mechanics*, yang berarti pergerakan aliran elektron. Elektronika merupakan ilmu cabang teknik atau fisika yang mengendalikan aliran elektron atau partikel yang bermuatan listrik pada komponen-komponen aktif dan pasif.

Konsep dasar elektronika didasarkan pada pengetahuan tentang kelistrikan. Sebelum mempelajari elektronika dan kelistrikan, ada beberapa hal yang harus kalian pahami, antara lain teori atom, tegangan, arus listrik, Hukum Ohm, dan Hukum Kirchhoff.

1. Atom dan Model Atom Dalton

Partikel terkecil pada suatu zat yang tidak bisa diuraikan menjadi partikel yang lebih kecil dengan cara reaksi kimia disebut dengan nama atom. Penggagas materi atom pertama adalah Dalton pada tahun 1804-1808. Hipotesis Dalton menggambarkan atom sebagai bola pejal. Teori atom yang digagas Dalton memiliki penjelasan berikut.

1. Atom adalah partikel terkecil yang tidak dapat dibagi-bagi lagi.
2. Atom suatu unsur tidak dapat berubah menjadi atom unsur yang lain.
3. Dua atom atau lebih dapat membentuk molekul.
4. Atom suatu unsur semuanya sama atau serupa.

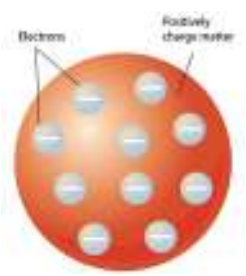


Gambar 2.1 Model Atom Dalton

Bentuk atom yang dicetuskan oleh Dalton digambarkan sebagai berikut.

2. Model Atom Thomson

Pada awal abad ke-20, J.J. Thomson menggambarkan atom seperti bola roti dengan taburan kismis. Bola itu padat dan bermuatan positif. Di permukaannya, tersebar elektron yang bermuatan negatif. Thomson membuktikan adanya partikel lain yang bermuatan negatif dalam atom.

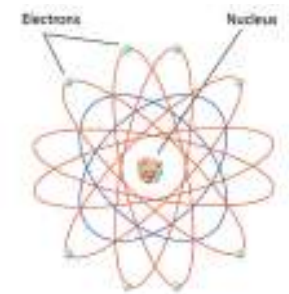


Gambar 2.2 Model Atom J.J. Thomson

3. Model Atom Rutherford

Ernest Rutherford merupakan ahli fisika kelahiran Selandia Baru yang berjasa dalam pengembangan model atom. Rutherford membuat model atom seperti tata surya. Menurut Rutherford, atom adalah bola berongga yang tersusun dari inti atom dan elektron yang mengelilinginya.

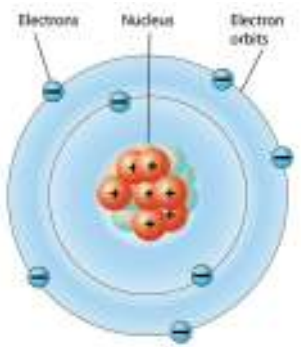
Inti atom bermuatan positif. Selain itu, massa atom terpusat pada inti atom. Model atom Rutherford ini persis seperti planet mengelilingi matahari.



Gambar 2.3 Model Atom Rutherford

4. Model Atom Bohr

Niels Bohr, ahli fisika dari Denmark, adalah ilmuwan pertama yang mengembangkan teori struktur atom pada tahun 1913. Menurut Bohr, atom terdiri dari inti yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif di dalam suatu lintasan. Elektron bisa berpindah dari satu lintasan ke lintasan yang lain dengan menyerap atau memancarkan energi sehingga energi elektron atom tidak akan berkurang. Jika berpindah ke lintasan yang lebih tinggi, elektron akan menyerap energi. Jika berpindah ke lintasan yang lebih rendah, elektron akan memancarkan energi. Elektron-elektron tersebut berada pada tingkat-tingkat energi tertentu yang disebut kulit-kulit elektron.



Gambar 2.4 Model Atom Bohr

AKTIVITAS 1

Bentuk kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Bersama kelompok kalian, kerjakan soal-soal berikut.

1. Cari minimal 3 komponen elektronika!
2. Carilah bahan kimia yang terkandung dalam komponen tersebut!
3. Diskusikan dan buat laporan tertulis, lalu presentasikan!

B. Jenis-Jenis Bahan Listrik

Berdasarkan sifatnya, bahan-bahan listrik dibagi ke dalam tiga kategori, yaitu konduktor, semikonduktor, dan isolator. Perbedaan setiap bahan-bahan listrik terletak pada struktur atomnya.

1. Bahan Konduktor (Penghantar)

Bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik adalah konduktor. Konduktor dapat menghantarkan arus listrik karena memiliki banyak elektron bebas.

Sebuah bahan disebut konduktor jika memenuhi sejumlah persyaratan, yaitu:

a. memiliki konduktivitas atau daya hantar listrik yang baik;
b. mempunyai kekuatan mekanis (kekuatan tarik yang cukup tinggi);
c. memiliki koefisien muai panjang yang kecil; dan
d. memiliki modus kenyal atau elastisitas yang besar.

Sebuah konduktor tetap memiliki hambatan listrik. Besarnya hambatan listrik dipengaruhi oleh hambatan jenis (ρ), luas penampang, dan panjang dari sebuah konduktor. Persamaannya adalah sebagai berikut.

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

Keterangan:

ρ = hambatan jenis dalam satuan ohmmeter (Ω.m)

ℓ = panjang penghantar dalam satuan meter (m)

A = luas penampang penghantar dalam satuan meter persegi (m^2)



Gambar 2.5 Konduktor Logam
Sumbar: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Bahan dan Tahanan Kabel

No.	Bahan	Hambatan Jenis
1	Perak	$1{,}5 \times 10^{-8}$
2	Tembaga	$1{,}68 \times 10^{-8}$
3	Emas	$2{,}44 \times 10^{-8}$
4	Aluminium	$1{,}65 \times 10^{-8}$
5	Tungsten	$5{,}60 \times 10^{-8}$
6	Besi	$9{,}71 \times 10^{-8}$
7	Platina	$10{,}6 \times 10^{-8}$

Untuk menambah wawasan kalian mengenai materi ini, silakan klik tautan atau pindai kode QR berikut.

Untuk menambah wawasan kalian mengenai materi ini, silakan klik tautan atau pindai kode QR berikut.

https://mafia.mafiaol.com/2020/10/cara-perhitungan-tahanan-jenis-kabel.html

http://staffnew.uny.ac.id/upload/131808670/pendidikan/materi-instalasi-listrik.pdf

2. Bahan Isolator (Penyekat)

Bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik dengan baik disebut isolator. Bahan isolator tidak dapat menghantarkan arus listrik dengan baik karena memiliki sedikit elektron bebas.

Bahan yang tergolong isolator biasanya digunakan sebagai isolasi atau penyekat bagi bahan konduktor. Fungsinya adalah untuk memberikan proteksi terhadap sengatan arus listrik, karena tubuh manusia sebenarnya merupakan konduktor yang cukup baik.

Sebuah bahan akan disebut isolator jika memenuhi persyaratan seperti:

a. mempunyai resistivitas yang baik;
b. mempunyai tahanan jenis yang besar;

c. memiliki susunan atom yang kuat sehingga memiliki sedikit elektron valensi; dan
d. mempunyai tegangan patah tembus (*breakdown voltage*) yang besar.

Contoh bahan isolator misalnya isolator keramik. Bahan keramik tidak dapat menghantarkan arus listrik. Bahan keramik sering digunakan dalam rangkaian listrik sebagai penahan.



(a) **(b)**

Gambar 2.6 Macam-Macam Isolator Keramik

Bahan-bahan yang termasuk isolator misalnya kayu, karet, plastik, kain, kaca, keramik, udara, dan lain-lain. Semua bahan ini memiliki sifat isolator, yaitu sebagai berikut.

a. Memiliki tahanan listrik atau panas besar, yang dapat menghambat aliran arus listrik.
b. Memiliki kekuatan dielektrik yang baik, sebagai kekuatan maksimum yang mampu ditahan tanpa ada kerusakan sifat isolatif.
c. Memiliki kapasitas listrik yang besar, bergantung pada dua jarak konduktor yang dihambat oleh bahan isolator, luas permukaan konduktor, dan penggunaan permitivitas bahan isolator.

Untuk menambah wawasan kalian mengenai materi ini, silakan klik tautan atau pindai kode QR berikut.

https://www.gramedia.com/literasi/isolator

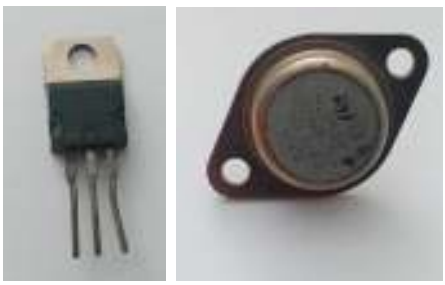
3. Bahan Semikonduktor (Setengah Penghantar)

Bahan semikonduktor merupakan bahan yang dapat difungsikan sebagai konduktor maupun isolator karena campuran bahannya.

Bahan semikonduktor dibagi ke dalam dua kategori, yaitu semikonduktor intrinsik (murni) dan semikonduktor ekstrinsik (campuran).

Semikonduktor murni adalah semikonduktor yang belum diberikan campuran doping sehingga struktur atomnya tetap netral. Semikonduktor inti listrik pada dasarnya merupakan isolator karena memiliki ikatan atom yang kuat karena memiliki elektron valensi 4. Contoh dari semikonduktor inti listrik yang paling populer adalah silikon dan germanium.

Semikonduktor ekstrinsik adalah semikonduktor intrinsik yang telah diberikan campuran doping sehingga mengubah struktur atomnya. Contoh semikonduktor ekstrinsik misalnya transistor.



Gambar 2.7 Transistor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Untuk menambah wawasan kalian tentang materi semikonduktor, ayo pindai kode QR atau klik tautan berikut.

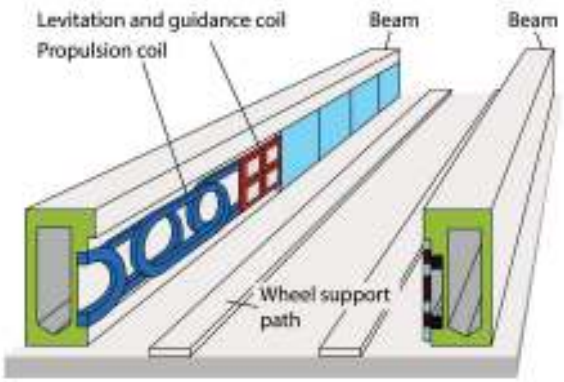
http://maulana.lecture.ub.ac.id/files/2016/09/02-teori-semikonduktor.pdf

4. Bahan Superkonduktor

Bahan superkonduktor sebenarnya adalah konduktor atau penghantar dengan kemampuan konduksi yang sangat baik. Bahan konduktor masih memiliki resistansi karena pengaruh hambatan jenis (ρ). Sedangkan bahan superkonduktor tidak memiliki resistansi sama sekali atau resistansinya 0 ohm. Untuk membuat resistansi 0 ohm diperlukan suhu yang sangat rendah.

Superkonduktor memberikan solusi terbaik bagi transmisi daya listrik yang efisien, karena tidak adanya kehilangan energi atau informasi pada saat transmisi. Namun, untuk membuat sebuah bahan superkonduktor, diperlukan suhu yang sangat rendah antara 1 Kelvin sampai 4 Kelvin. Contoh bahan yang termasuk superkonduktor di antaranya raksa (Hg), timbal (Pb), niobium-3-timah, niobium germanium, lanthanum barium, tembaga oksida,

yttrium barium tembaga oksida (1-2-3 atau YBCO), thalium barium, kalsium tembaga oksida, dan lain-lain. Berikut adalah penerapan superkonduktor



Gambar 2.8 Penerapan Superkonduktor pada Jalur Kereta Supercepat

Untuk menambah wawasan kalian tentang materi semikonduktor, ayo pindai kode QR atau klik tautan berikut.

http://majalah1000guru.net/2018/09/superkonduktor-aplikasi/



AKTIVITAS 2

Carilah contoh pemanfaatan keempat bahan listrik konduktor, isolator, semikonduktor, dan superkonduktor dalam kehidupan sehari-hari. Susun hasil pengamatan kalian dalam sebuah laporan tertulis.

C. Besaran dan Satuan Listrik

Besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur, yang dinyatakan dengan angka atau nilai pasti, dan memiliki satuan. Kita ambil contoh lampu senter yang sering kita pakai untuk penerangan. Ketika lampu senter dinyalakan, ada pengaliran tegangan di dalam lampu. Sebaliknya, ketika lampu dimatikan, ada pemutusan tegangan. Tegangan pada

senter memiliki besaran Volt. Ketika baterai dinyalakan, ada arus yang mengalir. Satuan besaran arus yang mengalir adalah Ampere.

Besaran dan satuan yang sering dipakai pada rangkaian elektronika mengikuti standar yang disebut SI, singkatan dari *Système International d'Unités* atau Standar Internasional. Contoh besaran dan satuan sesuai SI dapat kalian lihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Besaran dan Satuan dalam SI

Besaran	Satuan	Simbol
Tegangan	Volt	V
Arus Listrik	Ampere	A
Hambatan/Resistansi	Ohm	Ω
Konduktansi	Siemens	G
Kapasitansi	Farad	F
Muatan Listrik	Coulomb	C
Induktansi	Henry	H
Daya Listrik	Watt	W
Impedansi	Ohm	Ω
Frekuensi	Hertz	Hz
Energi	Joule	J

Selain satuan, ada pula awalan SI, yang merupakan prefiks atau awalan yang digunakan dalam satuan SI untuk membentuk sebuah satuan yang berbentuk kelipatan dari satuan tersebut. Berikut adalah awalan satuan SI yang pada umumnya digunakan dalam ilmu kelistrikan dan elektronika.

Tabel 2.3 Awalan Satuan SI

Prefix	Simbol	Desimal	10^n
Tera	T	1.000.000.000.000	10^{12}
Giga	G	1.000.000.000	10^{9}
Mega	M	1.000.000	10^{6}
Kilo	k	1.000	10^{3}
Tidak ada	Tidak ada	1	10^{0}
Senti	c	0,01	$10^{(-2)}$
Mili	m	0,001	$10^{(-3)}$

Mikro	μ	0,000 001	$10^{(-6)}$
Nano	n	0,000 000 001	$10^{(-9)}$
Piko	p	0,000 000 000 001	$10^{(-12)}$

Perhatikan contoh penulisan satuan berikut.

1 kV = 1 kilovolt = 1.000 Volt

1 mA = 1 miliampere = $\frac{1}{1000}$ Ampere atau 0,001 Ampere

1MΩ = 1 megaohm = 1.000.000 Ohm

1. Arus, Tegangan, Resistansi, dan Daya

a. Arus Listrik

Jumlah muatan listrik yang mengalir setiap satuan waktu disebut arus listrik. Arus mengalir melalui kabel atau jenis penghantar lainnya. Satuan arus disebut Ampere. Alat yang digunakan untuk mengukur arus listrik disebut amperemeter.

Persamaan untuk arus listrik adalah sebagai berikut.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Keterangan:

I = arus listrik dalam satuan Ampere (A)

Q = muatan listrik dalam satuan coulomb (C)

t = waktu dalam satuan sekon (s)

Berdasarkan nilainya, arus digolongkan ke dalam dua kategori, yaitu arus searah dan arus bolak-balik.

1) Arus searah atau DC (*direct current*) yaitu arus yang mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu.

2) Arus bolak-balik atau AC (*alternating current*) yaitu arus yang mempunyai nilai berubah terhadap satuan waktu dengan karakteristik akan selalu berulang untuk periode waktu tertentu

b. Tegangan

Energi yang dibutuhkan untuk melakukan suatu perpindahan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya disebut tegangan listrik. Tegangan listrik dinyatakan dengan satuan

Volt. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan adalah voltmeter.

Berikut adalah persamaan untuk tegangan listrik.

$$V = \frac{W}{Q}$$

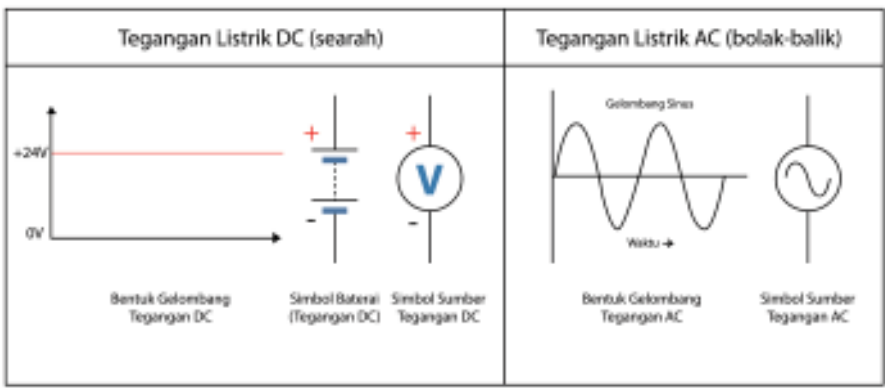
Keterangan:

V = Tegangan dalam satuan Volt (V)

W = Energi dalam satuan Joule (J)

Q = Muatan listrik dalam Coulomb (C)

Sumber tegangan terbagi ke dalam dua kategori, yaitu tegangan DC dan tegangan AC. Contoh sumber tegangan DC misalnya baterai dan catu daya yang menghasilkan tegangan DC. Sementara itu, contoh sumber tegangan misalnya pembangkit listrik panas bumi, nuklir, atau batu bara. Standar tegangan di Indonesia sebesar 220 V.



Gambar 2.9 Simbol Tegangan DC dan Tegangan AC

c. Resistansi

Suatu benda yang dapat menghambat atau mencegah arus listrik disebut sebagai resistor, yang menghasilkan dengan resistansi atau hambatan listrik. Resistansi atau hambatan listrik dapat menghambat aliran elektron dalam konduktor. Nilai hambatan dalam suatu rangkaian listrik diukur dengan satuan Ohm atau dilambangkan dengan simbol omega (Ω). Alat yang dapat digunakan untuk mengukur hambatan resistor adalah ohmmeter.

Hukum yang membahas tentang resistor adalah Hukum Ohm yang dikemukakan oleh George Simon Ohm. Menurut Hukum Ohm, dalam satuan rangkaian tertutup, kuat arus listrik (I) berbanding lurus atau sebanding dengan tegangan listriknya (V) dan berbanding terbalik dengan hambatan listrik (R). Berikut adalah persamaan yang sesuai Hukum Ohm.

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

Keterangan:

I = Arus listrik dalam satuan Ampere (A)

V = Tegangan dalam satuan Volt (V)

R = Hambatan listrik dalam satuan Ohm (Ω)

d. Daya

Daya listrik adalah usaha listrik dalam suatu penghantar setiap sekon atau detik. Daya listrik dinyatakan dalam satuan Watt.

$$P = \frac{W}{t}$$

Keterangan:

P = Daya listrik dalam satuan Watt (W)

W = Usaha listrik dalam satuan Joule (J)

t = Waktu dalam sekon (s)

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut.

$P = V \times I$	$P = I^2R$	$P = \frac{V^2}{R}$

Keterangan:

P = Daya listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan listrik dengan satuan Volt (V)

I = Arus listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm (Ω)

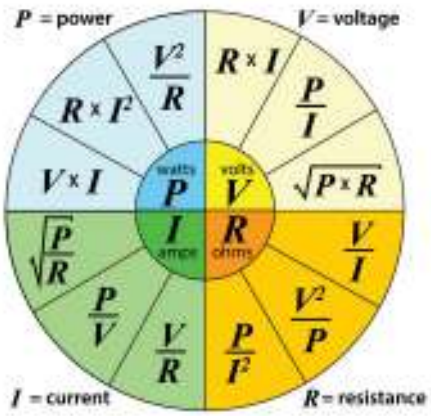
AKTIVITAS 3

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang, lalu kerjakan petunjuk berikut.

- Carilah minimal satu alat rumah tangga yang ada di rumah kalian.
- Carilah nilai arus, tegangan, dan daya pada saat peralatan rumah tangga tersebut dioperasikan.
- Diskusikan dan buat laporan tertulis mengenai pengamatan kalian, lalu presentasikan hasil pengamatan kalian.

2. Hukum Ohm dan Hukum Kirchhoff

Di dalam medan listrik terdapat dua muatan yang berbeda yang disebut tegangan. Sedangkan arus merupakan laju aliran muatan listrik yang melewati suatu titik dalam suatu rangkaian. Hubungan antara daya listrik (*power*), tegangan listrik (*voltage*), arus listrik (*current*), dan hambatan (*resistance*) dapat kalian lihat pada gambar berikut.



Gambar 2.10 Hubungan Daya Listrik, Tegangan Listrik, Arus Listrik, dan Hambatan Listrik

a. Hukum Ohm

Tegangan listrik sebanding dengan arus listrik dan berbanding terbalik dengan resistansi. Untuk menyelesaikan permasalahan seperti mencari arus, tegangan, atau resistansi, dapat menggunakan Hukum Ohm. Hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan, dapat kalian lihat dalam gambar berikut.



Gambar 2.11 Diagram Segitiga Hukum Ohm

Rumus hubungan arus, tegangan, dan hambatan dari gambar di atas dapat kalian terapkan dalam contoh soal berikut.

Sebuah resistor (tahanan) 120 Ω dihubungkan dengan baterai. Kuat arus yang mengalir adalah 25 mA. Hitunglah tegangan baterai tersebut!

Diketahui : I = 25 mA = 25 x 0,001 A = 0,025 A
R = 120 Ω

Dicari : Tegangan, dengan rumus V = I x R

Jawab : V = I x R
V = 0,025 x 120
= 3 V

Jadi, tegangan baterai tersebut adalah 3 Volt.

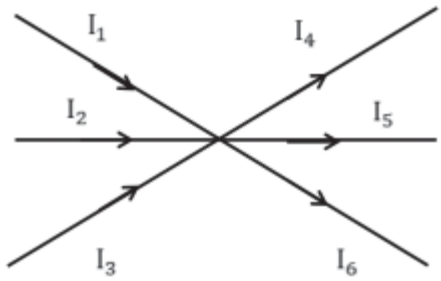
b. Hukum Kirchhoff

Hukum Kirchhoff adalah dua persamaan yang berhubungan dengan arus dan beda potensial (umumnya dikenal dengan sebagai) dalam rangkaian listrik. Hukum ini pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli fisika Jerman yang bernama Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) pada tahun 1845. Ada dua Hukum Kirchhoff, yaitu Hukum Kirchhoff I dan Hukum Kirchhoff II.

1) Hukum Kirchhoff I (Arus)

Hukum Kirchhoff I adalah Hukum Kirchhoff yang selalu berkaitan dengan arah arus yang menghadapi titik percabangan. Hukum Kirchhoff ini sering juga disebut

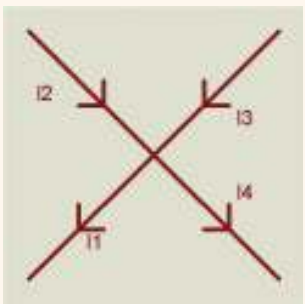
sebagai Hukum Arus Kirchhoff atau *Kirchhoff's current law* (KCL). Bunyi Hukum Kirchhoff I adalah, "Arus total yang masuk melalui suatu titik percabangan pada suatu rangkaian listrik sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan tersebut."



Gambar 2.12 Rangkaian Kirchhoff
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Berdasarkan gambar rangkaian Kirchhoff tersebut, dapat dirumuskan_bahwa: I1+I2+I3 = I4+I5+I6.

Untuk lebih memahami tentang Hukum Kirchhoff I, perhatikan contoh soal berikut.



Dari gambar di samping, diketahui

$I_1 = 1A$, $I_2 = 2A$, dan $I_3 = 2A$.

Berapakah nilai I_4 pada rangkaian tersebut?

Jawab:

Pada gambar, I_4 merupakan arus keluar, sehingga berlaku rumus:

$I_2 + I_3 = I_1 + I_4$

$2A + 2A = 3A + I4$

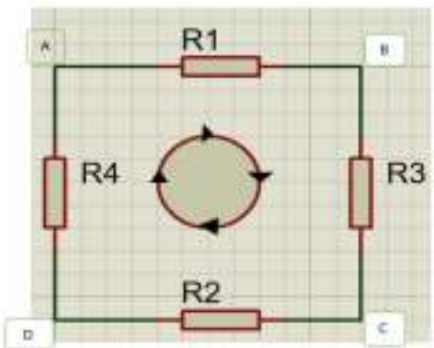
$I_4 = (2A + 2A) – 3A$

$I_4 = 1A$

Jadi, arus keluar I_4 sebesar 1 Ampere.

2) Hukum Kirchhoff II (Tegangan)

Hukum Kirchhoff II merupakan hukum yang dipakai untuk analisis tegangan (beda potensial) komponen-komponen elektronika pada suatu rangkaian tertutup. Hukum Kirchhoff II umumnya dikenal dengan sebutan Hukum_Tegangan Kirchhoff atau *Kirchhoff's voltage law* (KVL). Bunyi_Hukum Kirchhoff II adalah, "Total tegangan (beda energi potensial) pada_suatu rangkaian tertutup adalah nol."



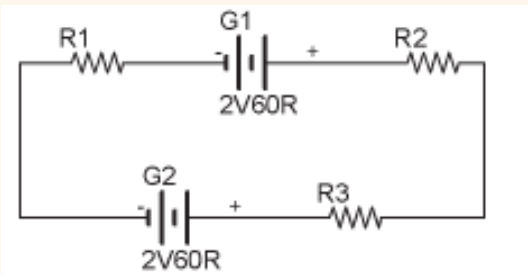
Gambar 2.13 Rangkaian Kirchhoff II
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Gambar 2.13 menunjukkan rangkaian Kirchoff II. Rumus untuk gambar tersebut adalah:

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA} = 0$$

Contoh soal:

Hitunglah kekuatan arus yang mengalir pada sebuah rangkaian arus listrik, jika R1 = 2 Ω, R2 = 4 Ω, R3 = 6 Ω, baterai G1 = 9 Volt, dan baterai G2 = 3 Volt.



Pembahasan:

Pertama-tama, kita tentukan arah arus dan arah *loop*. Pada soal ini, arah *loop* adalah searah jarum jam. Dengan menerapkan Hukum Kirchhoff II, kita akan dapatkan nilai arus listrik sebagai berikut:

$\sum_{IR} + \sum \epsilon = 0$

$i.R_1 - E_1 + i.R_2 + i.R_3 + E_2 = 0$

$i.(R_1 + R_2 + R_3) + E_2 - E_1 = 0$

$i.(2\Omega + 4\Omega + 6\Omega) + 3V = 9V = 0$

$12i - 6V = 0$

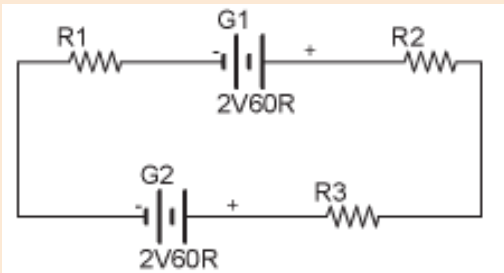
$12i = 6V$, *maka* $i = 0{,}5A$



AKTIVITAS 4

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Kemudian, kerjakan tugas berikut.

- Perhatikan rangkaian Kirchhoff di bawah ini.



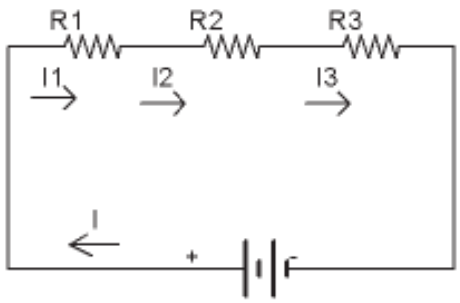
- Tambahkan LED pada setiap resistor untuk mempermudah melihat besar kecilnya arus pada rangkaian tersebut.
- Hitunglah nilai menurut teori Hukum Kirchhoff II.
- Diskusikan dan buat laporan tertulis, lalu presentasikan.

D. Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran

1. Rangkaian Seri

Bentuk rangkaian seri dapat dibilang sangat sederhana, karena rangkaiannya disusun secara lurus dan tidak memiliki cabang. Jika salah satu komponen putus, rangkaian akan mati total. Jika terdapat beberapa hambatan pada rangkaian seri, besar hambatan total dapat dihitung dengan menjumlahkan semua hambatan dalam rangkaian seri.

Kelebihan rangkaian listrik seri adalah bentuk susunannya yang sederhana. Kelemahannya adalah tidak bisa mengalirkan arus saat terjadi kesalahan pada satu titik pada rangkaian. Contoh rangkaian seri ditunjukkan pada gambar berikut berikut.



Gambar 2.14 Rangkaian Seri
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Persamaan arus listrik (I), beda potensial (V), dan hambatan (R) pada rangkaian seri adalah sebagai berikut.

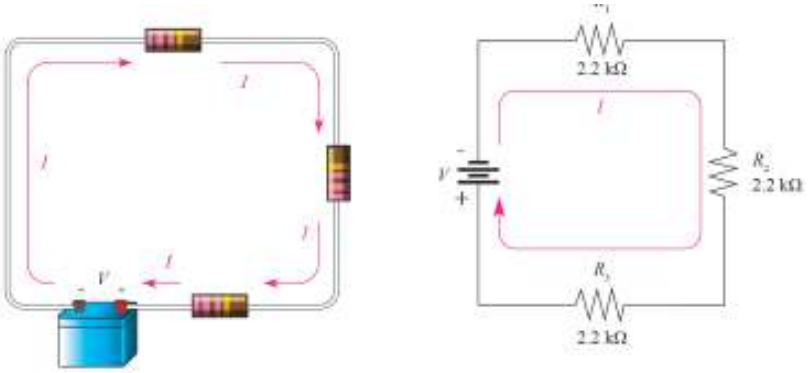
Arus listrik (I) $= I_1 + I_2 + I_3$

Tegangan (V) $= V_1 + V_2 + V_3$

Hambatan (Rs) $= R_1 = R_2 = R_3$

a. Rangkaian Seri Arus

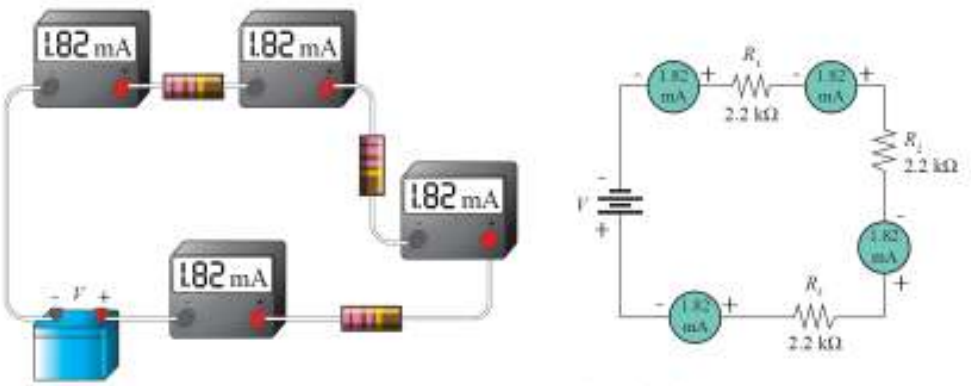
Pada Gambar 2.15, tiga buah resistor dihubungkan secara seri pada sumber tegangan. Pada beberapa titik dalam rangkaian ini, arus yang masuk pada satu titik harus sama dengan arus keluar dari titik itu, seperti yang digambarkan oleh arah panah arus. Arus yang keluar dari masing-masing resistor harus sama dengan arus masuk, karena tidak ada jalan lain. Sebagian arus dapat bercabang atau melewati jalur lain.



(a) *Pictorial* (b) *Schematic*

Gambar 2.15 Resistor dihubungkan secara seri pada sumber tegangan.

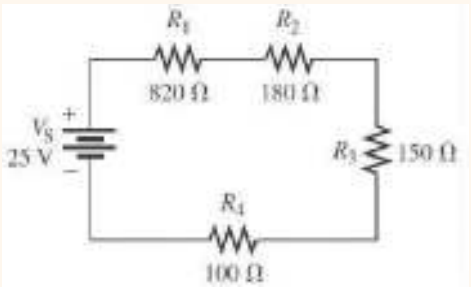
Sekarang kita coba pasang baterai yang memasok arus sebesar 1,82 mA pada rangkaian resistor seri seperti pada Gambar 2.16. Nilai arus yang terukur sebesar 1,82 mA pada masing-masing resistor. Ini menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan nilai arus pada setiap resistor, karena arus listrik hanya melewati satu jalur saja.



(a) *Pictorial* (b) *Schematic*

Gambar 2.16 Nilai arus sama pada setiap resistor.

Untuk lebih memahami nilai arus pada rangkaian seri, perhatikan contoh berikut.



Perhatikan gambar rangkaian di samping ini.

Tentukan nilai arus yang mengalir pada rangkaian!

Jawab:

Pertama-tama, hitung terlebih dahulu nilai resistansi total.

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$R_T = 820\ \Omega + 180\ \Omega + 150\ \Omega + 100\ \Omega$

$= 1250\ \Omega = 1{,}25\ k\Omega$

Kemudian, hitung nilai arus menggunakan Hukum Ohm.

$$I = \frac{V_S}{R_T} = \frac{25V}{1{,}25k\Omega} = \mathbf{20mA}$$

Karena rangkaian seri memiliki nilai arus yang sama pada setiap titik, nilai arus listrik pada tiap resistor adalah sebesar 20 mA.

b. Rangkaian Seri Daya

Hilangnya daya yang dihamburkan oleh tiap-tiap resistor pada rangkaian seri berpengaruh pada daya total rangkaian. Jumlah total daya dalam rangkaian resistif seri sama dengan jumlah daya pada setiap resistor secara seri, yang ditunjukkan oleh persamaan berikut.

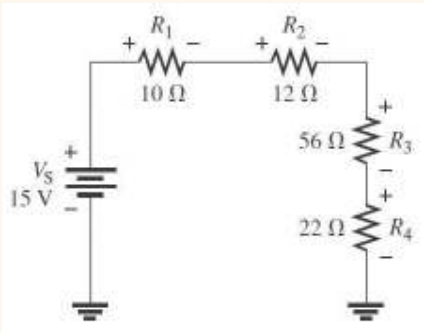
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + Pn$$

P_T adalah daya total dan Pn adalah daya pada resistor terakhir yang dirangkai seri (huruf 'n' adalah bilangan bulat positif yang menunjukkan jumlah resistor secara seri). Rumus daya berlaku untuk rangkaian seri. Karena setiap resistor secara seri memiliki arus yang sama melaluinya, rumus berikut digunakan untuk menghitung daya total.

$P_T = V_s . I$	$P_T = I^2 . R_T$	$P_T = \frac{V_S{}^2}{V_T}$

Pada ketiga rumus di atas, I adalah arus yang mengalir pada rangkaian. VS adalah tegangan sumber yang melintasi rangkaian seri, sementara RT adalah hambatan total.

Untuk lebih memahaminya, perhatikan contoh berikut.



Perhatikan rangkaian berikut.

Tentukan daya total (P_T) pada rangkaian di samping.

Jawab:

Tegangan input adalah 15 V.

Resistansi total RT = 10 Ω + 12 Ω + 56 Ω + 22 V = 100 Ω.

Karena nilai yang diketahui adalah V_S dan R_T, rumus yang digunakan adalah:

$$P_T = \frac{V_S{}^2}{V_T} = \frac{(15V)^2}{100\Omega} = \frac{225V^2}{100\Omega} = 2{,}25\ Watt$$

Jadi, daya total adalah 2,25 Watt.

Jika kita menentukan daya masing-masing resistor secara terpisah dan menjumlahkan semua daya, kita akan memperoleh hasil yang sama. Perhitungan berikutnya adalah menemukan nilai arus.

$$I = \frac{V_S}{R_T} = \frac{15V}{100\Omega} = 150mA$$

Untuk perhitungan berikutnya, hitung daya tiap resistor menggunakan rumus **P = I².R.**

$P_1 = (150\ mA)^2.(10\ \Omega) = 225\ mW$

$P_2 = (150\ mA)^2.(12\ \Omega) = 270\ mW$

$P_3 = (150\ mA)^2.(56\ \Omega) = 1260\ mW$

$P_4 = (150\ mA)^2.(22\ \Omega) = 495\ mW$

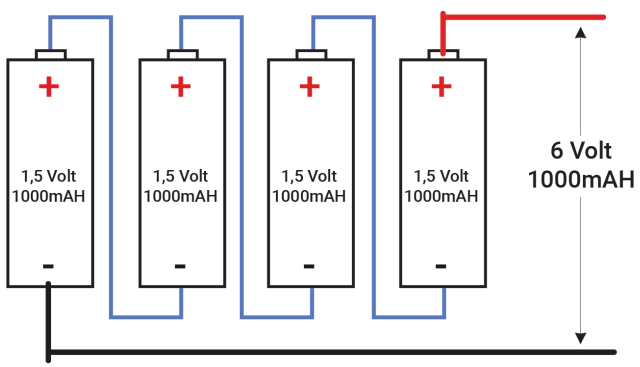
Jumlahkan semua daya masing-masing resistor.

$P_T = 225\ mW + 270\ mW + 1260\ mW + 495\ mW$

$= 2250\ mW = 2{,}25\ W$

c. Rangkaian Seri Tegangan

Peralatan elektronika portabel menggunakan baterai sebagai sumber dayanya. Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, kita dapat merangkai baterai dalam rangkaian seri maupun paralel.



Gambar 2.17 Rangkaian Seri Baterai

Pada gambar rangkaian seri baterai di atas, empat buah baterai masing-masing menghasilkan kapasitas arus listrik (Ampere) yang sama seperti arus listrik pada satu buah baterai, tetapi tegangan yang dihasilkan menjadi empat kali lipat daripada tegangan satu buah baterai. Mengikuti rumus tegangan untuk rangkaian seri baterai, kita mendapatkan nilai berikut.

$V_{TOTAL} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

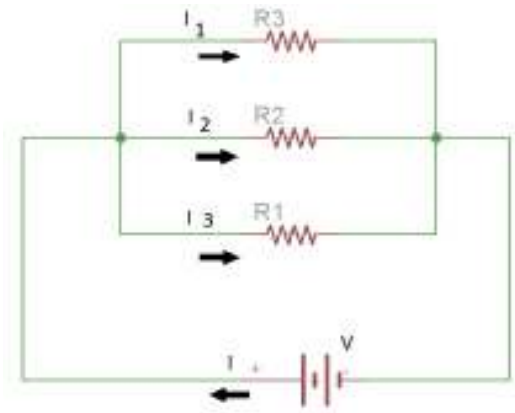
$V_{TOTAL} = 1{,}5 + 1{,}5 + 1{,}5 + 1{,}5$

$V_{TOTAL} = 6V$

Jadi, empat baterai yang masing-masing bertegangan 1,5 Volt dan 1.000 miliampere per jam (mAh), apabila dirangkai dalam rangkaian seri, akan menghasilkan 6 Volt tegangan. Namun, kapasitas arus listriknya akan tetap, yaitu 1.000 miliampere per jam (mAh).

2. Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel memliki ciri yang dapat dikenali, yaitu susunan rangkaiannya memiliki cabang. Meskipun sedikit lebih rumit daripada rangkaian seri, rangkaian paralel memiliki banyak keuntungan, salah satunya adalah rangkaian masih bisa mengalirkan arus meski terjadi kerusakan pada salah satu titik pada rangkaian. Contoh bentuk rangkaian paralel ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 2.18 Rangkaian Pararel
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Persamaan arus listrik (I), beda potensial (V), dan hambatan (R) pada rangkaian paralel adalah sebagai berikut.

Arus listrik (I) $= I_1 + I_2 + I_3$

Tegangan (V) $= V_1 + V_2 + V_3$

Hambatan (Rs) $= R_1 = R_2 = R_3$

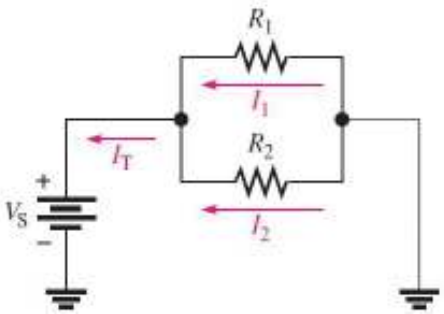
$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Sehingga perbandingan arus dan hambatan adalah:

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

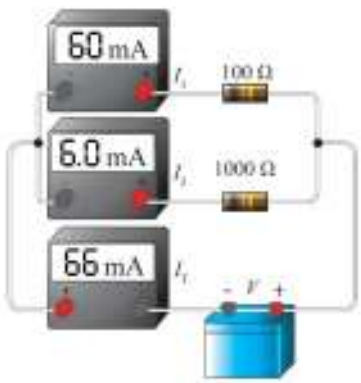
a. Rangkaian Paralel Arus

Pada rangkaian paralel, arus total yang masuk ke percabangan terbagi-bagi, sehingga rangkaian paralel bertindak sebagai pembagi arus. Rangkaian pembagi arus diilustrasikan pada Gambar 2.19. Pada rangkaian paralel dua cabang, arus total (I_T) melewati R_1 dan sebagian melewati R_2.



Gambar 2.19 Rangkaian Pembagi Arus
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2020)

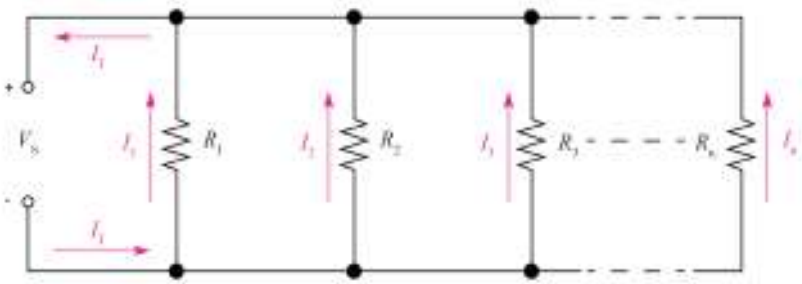
Karena tegangan yang sama melewati masing-masing resistor secara paralel, arus cabang berbanding terbalik dengan nilai resistor. Misalnya, jika nilai R_2 adalah dua kali R_1, nilai I_2 adalah setengah dari I_1. Dengan kata lain, arus total terbagi di antara resistor paralel menjadi arus dengan nilai terbalik terhadap nilai resistansi. Cabang dengan nilai resistansi yang lebih tinggi akan melewatkan arus yang lebih kecil, dan cabang dengan resistansi yang lebih rendah memiliki arus lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan kaidah Hukum Ohm. Jika semua cabang memiliki nilai resistansi yang sama, arus cabang semuanya sama. Gambar 2.20 menunjukkan bagaimana nilai spesifik resistansi menentukan nilai arus pada tiap cabang.



Gambar 2.20 Percabangan dengan nilai resistansi paling kecil melewatkan arus listrik paling besar.

1) Rumus Pembagi Arus

Kalian dapat mengembangkan rumus untuk menentukan bagaimana arus membagi di antara sejumlah paralel resistor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21, dengan n adalah jumlah total resistor.



Gambar 2.21 Rangkaian Paralel dengan Cabang n

Arus yang melalui salah satu resistor paralel adalah I_X, dengan X mewakili angka resistor tertentu (1, 2, 3, dan seterusnya). Berdasarkan Hukum Ohm, kita dapat mengekspresikan arus yang melalui salah satu resistor pada gambar di atas, sebagai berikut.

$$I_X = \frac{V_S}{R_X}$$

Tegangan sumber (V_S) diberikan pada masing-masing resistor paralel, dan R_X mewakili setiap resistor paralel. Tegangan sumber total (V_S) sama dengan arus total dikali resistansi paralel total.

$$V_S = I_T . R_T$$

Selanjutnya kita substitusikan $I_T.R_T$ untuk V_S dalam ekspresi I_X untuk menghasilkan:

$$I_X = \frac{I_T . R_T}{R_X}$$

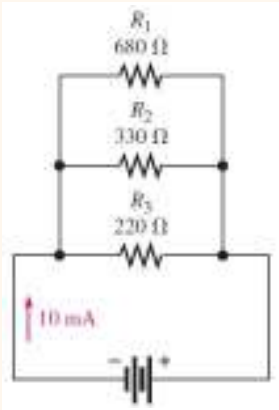
Kemudian kita formulasi ulang, menjadi:

$I_X = \left(\frac{R_T}{R_X}\right) . I_T$, dengan nilai X sama dengan1, 2, 3, dst.

Persamaan di atas adalah rumus umum pembagi arus dan berlaku untuk rangkaian paralel dengan sejumlah cabang. Arus (I_X) yang melalui setiap cabang sama dengan

resistansi paralel total (R_T) dibagi oleh resistansi (R_x) dari cabang itu. Untuk lebih memahami rumus di atas, perhatikan contoh berikut.

Perhatikan gambar di bawah ini.



Hitung arus yang mengalir pada masing-masing resistor!

Jawab:

- Pertama, hitung resistansi total rangkaian:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{680\Omega}+\frac{1}{330\Omega}+\frac{1}{220\Omega}} = 111\Omega$$

- Arus total = 10 mA.
- Selanjutnya, hitung arus masing-masing resistor:

$$I_1 = \left(\frac{R_T}{R_1}\right).I_T = \left(\frac{111\Omega}{680\Omega}\right).10mA = 1{,}63mA$$

$$I_2 = \left(\frac{R_T}{R_2}\right).I_T = \left(\frac{111\Omega}{330\Omega}\right).10mA = 3{,}36mA$$

$$I_3 = \left(\frac{R_T}{R_3}\right).I_T = \left(\frac{111\Omega}{220\Omega}\right).10mA = 5{,}05mA$$

2) Rumus Pembagi Arus untuk Dua Cabang

Pada materi sebelumnya, kita telah belajar cara menggunakan $I = \frac{V}{R}$ Hukum Ohm untuk menentukan nilai

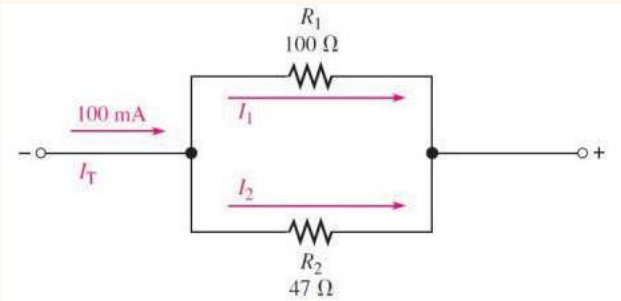
arus pada setiap cabang dalam rangkaian paralel ketika nilai tegangan dan resistansinya diketahui. Ketika kita tidak mengetahui nilai tegangan tetapi mengetahui arus total, kita dapat menemukan kedua nilai arus cabang (I_1 dan I_2) dengan menggunakan rumus berikut.

$$I_1 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right).I_T$$

$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right).I_T$$

Rumus tersebut menunjukkan bahwa arus pada kedua cabang sama dengan resistansi cabang yang dibagi dengan jumlah dari dua resistansi dan dikalikan dengan arus total. Untuk lebih memahami rumus di atas, perhatikan contoh berikut.

Perhatikan gambar berikut!



Hitung nilai I_1 dan I_2!

Jawab:

$$I_1 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right).I_T = \left(\frac{47\Omega}{100\Omega + 47\Omega}\right).100mA = 32mA$$

$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right).I_T = \left(\frac{100\Omega}{100\Omega + 47\Omega}\right).100mA = 68mA$$

b. Rangkaian Paralel Daya

Daya total dalam rangkaian paralel ditentukan dengan menjumlahkan daya pada setiap resistor, sama seperti dalam rangkaian seri.

$$PT = P1 + P2 + P3 + \ldots + Pn$$

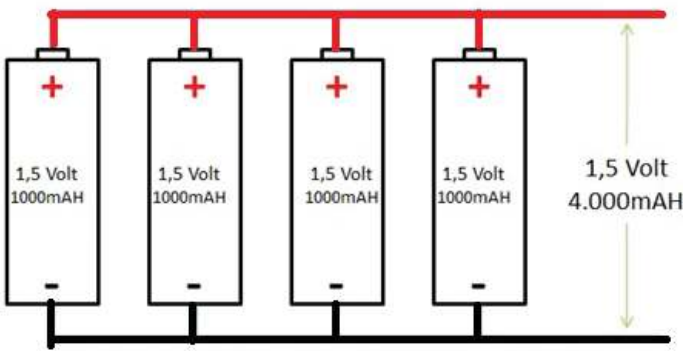
P_T adalah daya total dan Pn adalah daya pada resistor terakhir yang dirangkai seri (huruf 'n' adalah bilangan bulat positif yang menunjukkan jumlah resistor secara seri). Rumus daya berlaku untuk rangkaian seri. Karena setiap resistor secara seri memiliki arus yang sama melaluinya, rumus berikut digunakan untuk menghitung daya total.

$P_T = V_s . I$	$P_T = I^2 . R_T$	$P_T = \frac{V_s{}^2}{V_T}$

Pada ketiga rumus di atas, I adalah arus yang mengalir pada rangkaian. V_S adalah tegangan sumber yang melintasi rangkaian seri, sementara R_T adalah hambatan total.

c. Rangkaian Paralel Baterai

Perhatikan gambar berikut.



Gambar 2.22 Rangkaian Paralel Baterai
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Gambar 2.22 merupakan rangkaian paralel yang terdiri dari empat buah baterai. Tegangan yang dihasilkan dari rangkaian paralel adalah sama, yaitu 1,5 Volt. Namun, kapasitas arus listrik yang dihasilkan adalah 4.000 mAh (miliampere per jam), yaitu total dari semua kapasitas arus listrik pada baterai.

Jadi, rumus total kapasitas arus listrik pada rangkaian paralel baterai adalah:

$$I_{TOTAL}=I_1+I_2+I_3+...+I_n$$

Keterangan:

I_{TOTAL} = Jumlah total kapasitas arus listrik

I_1 = Nilai kapasitas arus listrik ke-1

I_2 = Nilai kapasitas arus listrik ke-2

I_3 = Nilai kapasitas arus listrik ke-3

I_n = Nilai kapasitas arus listrik ke-n

Mengikuti rumus tersebut, total kapasitas arus listrik pada Gambar 2.23 adalah sebagai berikut.

$I_{tot} = I_{bat1}+I_{bat2}+I_{bat3}+I_{bat4}$

$I_{tot} = 1.000+1.000+1.000+1.000$

$I_{tot} = 4.000\text{mAh}$

Jadi dapat disimpulkan bahwa rangkaian paralel baterai merupakan kebalikan dari rangkaian seri baterai. Rangkaian paralel baterai meningkatkan nilai Ampere (mAh) pada baterai, tetapi tegangan yang dihasilkan tetap sama.

Agar kalian dapat lebih memahami tentang rangkaian paralel baterai, perhatikan contoh berikut.

Sebuah peralatan elektronik yang digunakan memerlukan arus listrik sebesar 100 mA setiap jamnya. Jika kita memakai baterai yang memiliki kapasitas 1.000 mAH, baterai tersebut mampu menyediakan energi untuk peralatan elektronik tersebut selama 10 jam.

Jika kita menghubungkan empat buah baterai 1.000 mAH secara paralel, kita dapat menghasilkan kapasitas 4.000 mAH. Jadi, gabungan paralel empat buah baterai ini akan mampu menyediakan energi kepada peralatan elektronik tersebut selama 40 jam.

AKTIVITAS 5

Untuk menerapkan ilmu rangkaian seri, pararel, dan campuran pada resistor, kerjakan tugas berikut. Kerjakan bersama kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang.

Dalam pembuatan suatu rangkaian elektronika, dibutuhkan sejumlah resistor yang berukuran masing-masing 300 Ohm, 1.000 Ohm, 10.000 Ohm, 15.000 Ohm, 56.000 Ohm, dan 100.000 Ohm. Jika salah satu komponen tidak tersedia, bagaimana solusi untuk memenuhi kebutuhan komponen tersebut?

AKTIVITAS 6

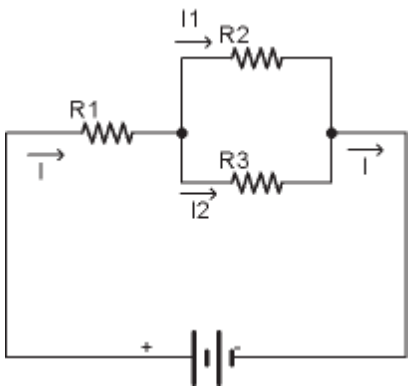
Untuk menerapkan ilmu rangkaian seri, pararel, dan campuran pada baterai, kerjakan tugas berikut. Kerjakan bersama kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang.

Dalam pembuatan suatu rangkaian elektronika, dibutuhkan baterai dengan tegangan sebesar 6 Volt 7.000 mAH dan 1,5 Volt 6.000 mAH. Jika salah satu komponen tidak tersedia, bagaimana solusi untuk memenuhi kebutuhan komponen tersebut?

3. Rangkaian Campuran

Rangkaian campuran merupakan gabungan dari rangkaian seri dan paralel. Secara umum, karakteristik dan hukum yang berlaku pada rangkaian campuran juga mengikuti keduanya. Contoh gambar rangkaian listrik campuran diberikan seperti berikut.

Persamaan arus listrik (I) dan hambatan (R) pada rangkaian campuran di samping sesuai dengan persamaan berikut.



Gambar 2.23 Rangkaian Campuran Resistor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

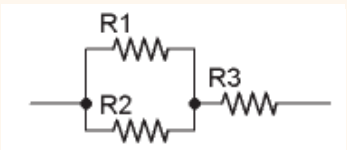
$$I = I_1 + I_2$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_T = R_1 + R_P$$

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

Untuk lebih memahami tentang rangkaian campuran, perhatikan contoh berikut.



Hitunglah besar hambatan pengganti rangkaian resistor campuran dan arusnya berikut.

Diketahui:

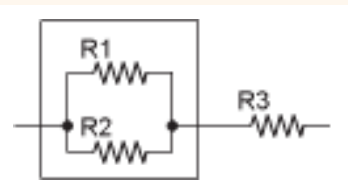
R1 = 3Ω

R2 = 6 Ω

R3 = 7 Ω

Berapa besar hambatan pengganti rangkaian resistor campuran (R_p)?

Jawab:



Pertama, selesaikan terlebih dahulu rangkaian sederhananya. Pada soal tersebut, kita selesaikan terlebih dahulu bagian berikut.

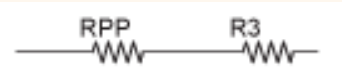
Besar hambatan pengganti rangkaian paralel adalah:

$$\frac{1}{R_{PP}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{PP}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2+1}{6} = \frac{3}{6}$$

$$R_{PP} = \frac{6}{3} = 2\Omega$$

Dengan demikian, rangkaian campuran kini telah menjadi sederhana, yaitu menjadi rangkaian berikut.



Besar hambatan pengganti pada rangkaian tersebut adalah:

$R_P = R_{PP} + R_3$

$R_P = 2\ \Omega + 7\ \Omega$

$R_P = 9\ \Omega$

Besar hambatan total pada rangkaian resistor campuran tersebut adalah 9 Ω.

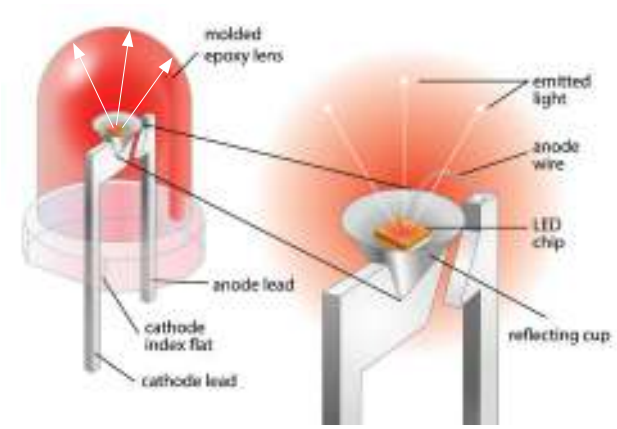
Terakhir, kita hitung besar arus pada rangkaian campuran.

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{12}{9} = 1{,}33$$

Jadi besar arus pada rangkaian campuran adalah 1,33 Ampere.

E. Memahami Rangkaian Aplikasi Elektronika Dasar

1. Rangkaian Lampu LED Sederhana



Gambar 2.24 Rangkaian Lampu LED

LED merupakan singkatan dari istilah bahasa Inggris *light-emitting* diode. Lampu LED sangat berbeda dibandingkan lampu biasa karena memiliki kecenderungan polarisasi dengan kutub positif dan negatif. Aliran rangkaian lampu LED yang dialiri tegangan dari anode (A) menuju ke katode (K) memiliki kelebihan elektron. Material tersebut akan berpindah tempat dari wilayah kelebihan lubang, yang merupakan wilayah bermuatan positif. Elektron yang bertemu dengan *hole* (lubang) akan melepaskan foton dan pada akhirnya memancarkan cahaya satu warna yang sering disebut dengan istilah monokromatik.

Resistor sebagai pembatas arus dapat digunakan karena berfungsi untuk mencegah kemungkinan terburuk yang terjadi, yaitu sumber arus yang besar, yang dapat mengakibatkan LED cepat rusak. Untuk membuat dan menyalakan LED biasanya dibutuhkan hanya satu sampai tiga buah baterai yang tegangannya berkisar dari 1 sampai 3 Volt.



Gambar 2.25 Skema Rangkaian LED
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Besarnya arus maksimum pada LED adalah 20 mA, sehingga nilai resistor harus ditentukan. Besarnya nilai resistor berbanding lurus dengan besarnya tegangan sumber yang digunakan. Secara matematis, besarnya nilai resistor pembatas arus LED dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$R = \frac{(V_S - V_{LED})}{I_{LED}}$$

Keterangan:

R : Resistor pembatas arus, dalam satuan Ohm

V_S : Tegangan sumber yang digunakan untuk menyuplai tegangan ke LED, dalam satuan Volt

V_{LED} : Tegangan LED, dalam satuan Volt

I_{LED} : Arus maksimal LED, yaitu 20 mA atau 0,02 A

Agar kalian dapat lebih memahami tentang rangkaian LED, pelajari contoh soal berikut.

Sebuah rangkaian seri resistor LED dialiri tegangan 12 V, dengan drop tegangan pada LED 1,2 V. Jika arus LED bernilai 20 mA, hitunglah nilai resistor penahan arus!

Jawab:

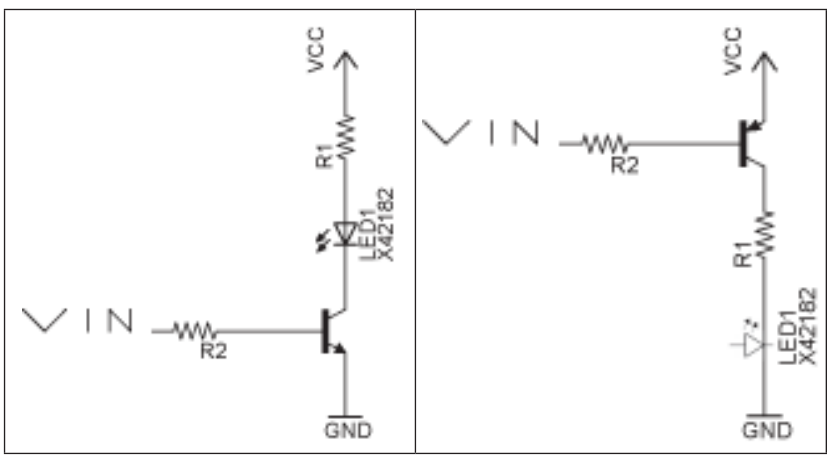
$$R = \frac{(V_s - V_{LED})}{I_{LED}}$$

$$R = \frac{(12 - 1{,}2)}{20}$$

$$R = \frac{10{,}8}{0{,}02}$$

$$R = 540\ \Omega$$

2. Transistor sebagai Penggerak



Gambar 2.26 Rangkaian *Driver Relay* dengan Transistor NPN dan PNP

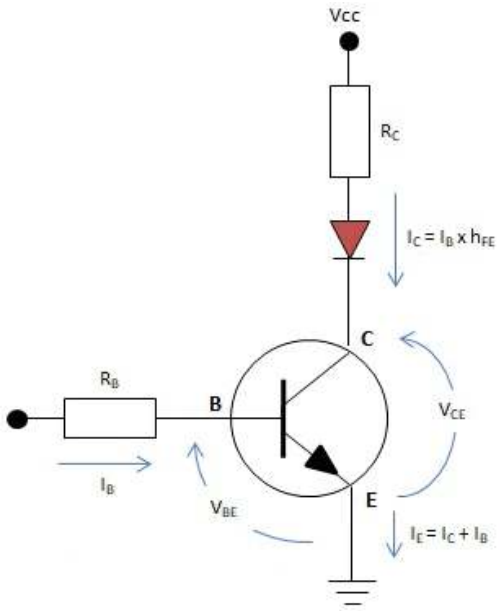
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Jika diperlukan arus yang lebih besar untuk menggerakkan rangkaian seri atau paralel beberapa LED, kita dapat mengubah tipe transistor dengan spesifikasi arus yang lebih tinggi.

Drop tegangan rangkaian LED seri dijumlahkan (V_{led1}+V_{led2}+V_{led3}... dan seterusnya), nilai arus LED sama. Sedangkan tegangan drop rangkaian paralel adalah sama dan kebutuhan arus dijumlahkan dari setiap arus LED (I_{led1}+I_{led2}+I_{led3}...dan seterusnya).

3. Transistor sebagai Sakelar (*Switch*)

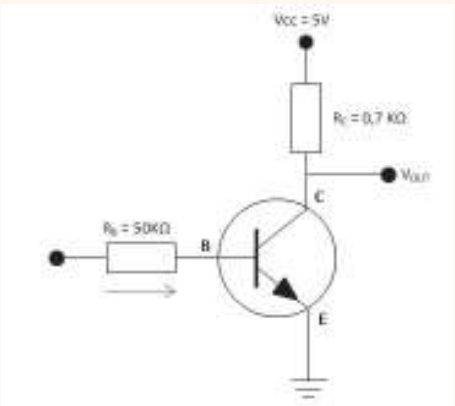
Fungsi transistor sebagai sakelar sering digunakan pada berbagai perangkat elektronik karena memiliki keandalan yang signifikan dengan biaya yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan relai konvensional. Aplikasi *switching* jenis ini biasanya digunakan untuk mengendalikan motor, beban lampu, solenoid, dan lain-lain. Sebuah transistor dapat beroperasi sebagai sakelar apabila terdapat tegangan pada terminal basis. Ketika tegangan cukup (Vin > 0,7 V) diberikan di antara terminal basis dan emitor, tegangan kolektor ke emitor kira-kira sama dengan 0V. Oleh karena itu, transistor bertindak sebagai penghubung (sirkuit tertutup atau hubungan pendek). Arus kolektor Vcc/Rc akan mengalir melalui transistor.



Gambar 2.27 Sakelar dengan Transistor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Agar kalian dapat lebih memahami tentang transistor sebagai sakelar, perhatikan contoh berikut.

Pada rangkaian di bawah ini, resistansi pada RB adalah sebesar 50 kΩ dan resistansi pada terminal kolektor RC adalah sebesar 0,7 kΩ. Tegangan Vcc adalah 5V dengan nilai beta 125. Pada input basis, diberikan sinyal yang bervariasi antara 0 hingga 5V, sehingga kita akan melihat *output* pada kolektor dengan memvariasikan Vi pada dua kondisi, yaitu pada saat kondisi 0V dan kondisi 5V.



Arus kolektor:

$Ic = \frac{Vcc}{Rc}$ ketika VCE = 0

$Ic = \frac{5V}{0{,}7k\Omega}$

Jadi Ic = 7,1 mA.

Arus basis:

$Ib = \frac{Ic}{\beta}$

$Ib = \frac{7{,}1\ mA}{125}$

Jadi Ib = 56,8 µA.

Dari perhitungan di atas, nilai maksimum atau nilai puncak (*peak value*) arus kolektor dalam rangkaian adalah 7,1 mA ketika Vce sama dengan nol. Arus basis yang sesuai dengan arus kolektor adalah 56,8 µA. Jadi, jelas bahwa ketika arus basis meningkat melebihi 56,8 µA, transistor akan masuk ke mode saturasi.

Ketika tegangan 0V diterapkan pada input (atau tidak diberikan tegangan), arus basis menjadi nol (0V). Karena emitor di-*ground*-

kan, persimpangan basis-emitor tidak dapat maju. Oleh karena itu, transistor dalam kondisi mati dan tegangan keluaran kolektor sama dengan 5V. Perhatikan perhitungan berikut.

Ketika Vi = 0V → Ib = 0 dan Ic = 0

Vc = Vcc – (IcRc)

Vc = 5V – 0

Jadi Vc = 5 V.

Namun, apabila tegangan input yang diberikan ke terminal basis adalah 5 Volt, arus basis dapat ditentukan dengan menerapkan hukum tegangan Kirchhoff. Perhatikan perhitungan berikut.

Ketika Vi = 5V

$$Ib = \frac{Vi - Vbe}{Rb}$$

Untuk transistor silikon, Vbe adalah 0,7 V. Karena itu:

$$Ib = \frac{(5V - 0{,}7V)}{50k\Omega}$$

$$Ib = \frac{4{,}3V}{50k\Omega}$$

Ib = 86 µA, yang lebih besar daripada 56,8 µA.

Karena arus basis lebih besar daripada 56,8 µA, transistor akan didorong ke saturasi yang menyala sepenuhnya (*on*) ketika 5V diberikan pada input. Dengan demikian, keluaran (*output*) pada kolektor menjadi sekitar nol.



AKTIVITAS 7

Bentuk kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Kemudian kerjakan tugas berikut.

- Buatlah rangkaian sederhana yang dapat diaplikasikan dalam masyarakat.
- Buat laporan tertulis lalu presentasikan di depan kelas.

RANGKUMAN

1. Kata “elektronika” diserap ke bahasa Indonesia dari bahasa Inggris *electronics*, yang berasal dari dua kata, yaitu *electron* dan *mechanics*, yang berarti pergerakan aliran elektron. Elektronika merupakan ilmu cabang teknik atau fisika yang mengendalikan aliran elektron atau partikel yang bermuatan listrik pada komponen-komponen aktif dan pasif.
2. Berdasarkan sifatnya, bahan-bahan listrik dibagi ke dalam tiga kategori, yaitu konduktor, semikonduktor, dan isolator. Perbedaan setiap bahan-bahan listrik terletak pada struktur atomnya.
3. Besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur, yang dinyatakan dengan angka atau nilai pasti, dan memiliki satuan. Besaran dan satuan yang sering dipakai pada rangkaian elektronika mengikuti standar yang disebut SI, singkatan dari *Système International d’Unités* atau Standar Internasional.
4. Selain satuan, ada pula awalan SI, yang merupakan prefiks atau awalan yang digunakan dalam satuan SI untuk membentuk sebuah satuan yang berbentuk kelipatan dari satuan tersebut.

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan berikut secara singkat dan jelas, sesuai pemahaman kalian.

1. Jelaskan dasar atom dan jenis-jenis bahan listrik!
2. Sebutkan tokoh-tokoh yang memodelkan atom dan deskripsikan teori atom setiap tokoh tersebut!
3. Jelaskan masing-masing bahan penghantar listrik!
4. Jika kita ingin mengalirkan listrik pada penghantar dengan hambatan sangat kecil, jenis penghantar apa yang harus dipilih?
5. Jelaskan masing-masing besaran dan satuan listrik!

6. Diketahui tegangan sumber listrik sebesar 150 kV. Berapa nilai tersebut dalam satuan Volt?
7. Sebuah resistor (tahanan) 120 Ω dihubungkan dengan baterai. Kuat arus yang mengalir adalah 0,1 mA. Hitunglah besar tegangan baterai tersebut!
8. Perhatikan gambar rangkaian berikut!



Diketahui:

R1 = 1 kΩ

R2 = 1 kΩ

R3 = 1 kΩ

V = 24 Volt

Tentukan nilai arus yang mengalir pada rangkaian!

9. Buatlah contoh penerapan rangkaian dasar elektronika!
10. Sebuah rangkaian seri resistor LED dialiri tegangan sebesar 24 V dengan drop tegangan pada LED 1 V. Jika arus LED sebesar 10 mA, hitunglah nilai resistor penahan arus!

PENGAYAAN

Untuk menambah wawasan kalian tentang aplikasi rangkaian elektronika, silakan pindai kode QR berikut.

https://www.youtube.com/watch?v=7NjQ0IQXK9k

https://www.youtube.com/watch?v=Lp5EaNz3QU0



Setelah mempelajari bab ini, tentu kalian semakin paham dan bertambah wawasan tentang konsep dasar kelistrikan dan elektronika. Kini kalian dapat mencoba membuat suatu rangkaian elektronika yang bermanfaat, baik untuk diri sendiri maupun orang lain. Dasar yang harus kalian kuasai antara lain: atom dan jenis-jenis bahan listrik; besaran dan satuan listrik dasar (tegangan, arus, resistansi, dan daya); hukum dasar dalam analisis rangkaian listrik (Hukum Ohm dan Hukum Kirchhoff); juga konsep rangkaian seri, rangkaian paralel, dan rangkaian campuran.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2022

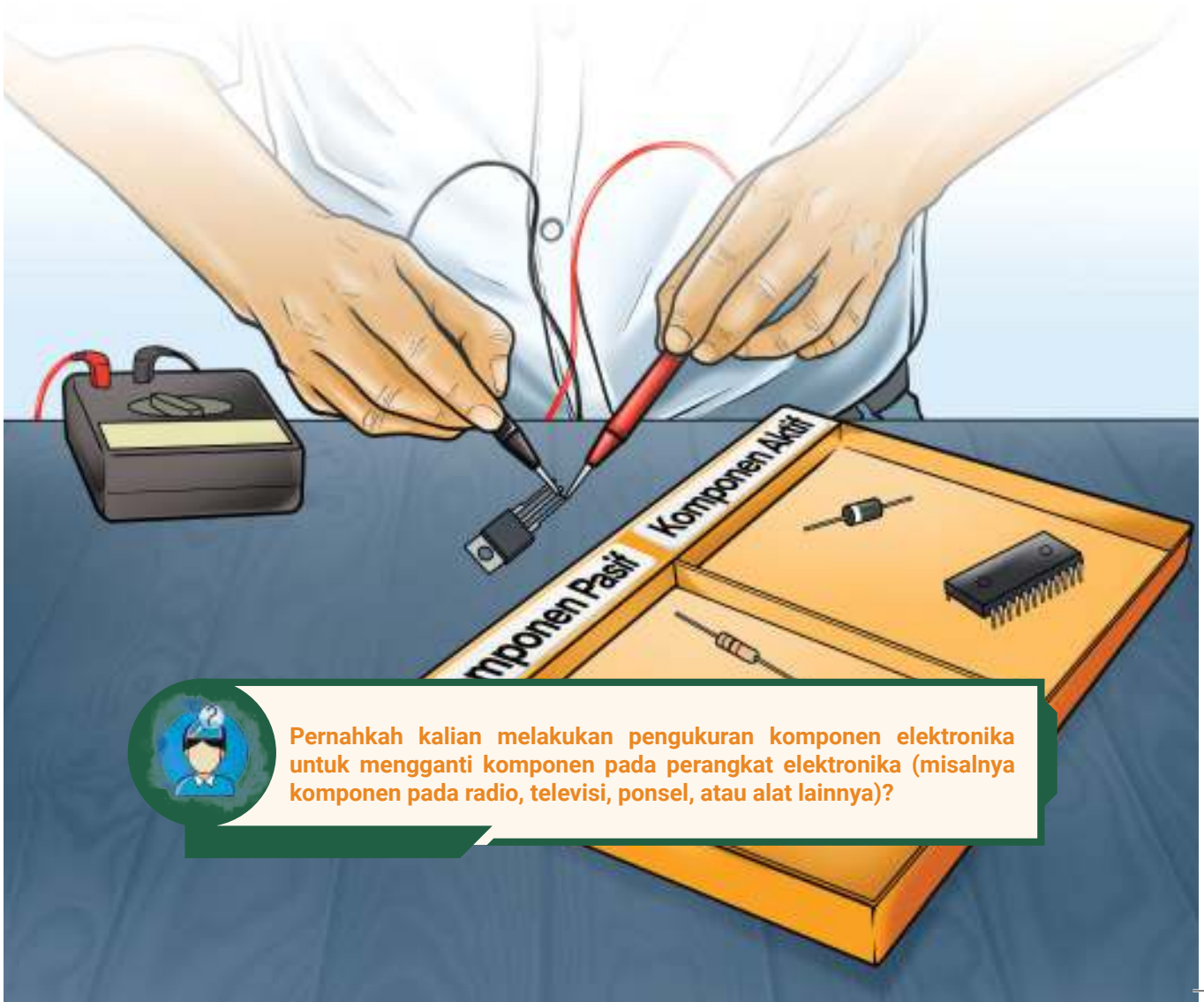
Dasar-Dasar Teknik Elektronika
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis: Farid Mulyana, Ismanto

ISBN: 978-602-244-981-2 (no.jil.lengkap)
978-602-244-982-9 (jil.2)
978-623-388-069-5 (PDF)

Bab III

Komponen Elektronika Aktif dan Pasif



Pernahkah kalian melakukan pengukuran komponen elektronika untuk mengganti komponen pada perangkat elektronika (misalnya komponen pada radio, televisi, ponsel, atau alat lainnya)?

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini kalian diharapkan mampu memahami jenis, bentuk/kemasan, karakteristik komponen elektronika; memahami jenis, bentuk, karakteristik, konfigurasi komponen elektronika aktif; dan memahami pembacaan kode nilai atau sistem kode komponen pasif dan aktif sesuai kode standar. Kalian juga diharapkan dapat mengevaluasi penerapan komponen pasif dan aktif dalam rangkaian elektronika DC sederhana, serta mengevaluasi penerapan komponen pasif dan aktif dalam rangkaian elektronika AC sederhana.

KATA KUNCI

karakteristik, konfigurasi komponen, komponen elektronika, penerapan komponen

PETA MATERI



Dalam kehidupan sehari-hari, kalian pasti pernah menjumpai alat-alat elektronika, bahkan menggunakannya, seperti: lampu senter, jam tangan digital, laptop, ponsel, TV, radio, kulkas, kipas, mesin cuci, dan lain-lain. Alat-alat tersebut tersusun dari beragam komponen dengan beragam sifat.

Dengan bekal ilmu yang kalian bawa dari bangku sekolah menengah pertama ditambah materi-materi elektronika sebelum bab ini, kalian akan lebih mudah mempelajari tentang komponen elektronika. Kini kita akan belajar tentang komponen elektronika aktif dan pasif. Apakah kalian sudah memiliki pendapat tentang mengapa sampai disebut demikian? Mari kita pelajari bab ini.

Untuk menambah wawasan kalian tentang cara pembuatan kapasitor, silakan pindai kode QR berikut.

A. Pengertian Komponen Elektronika Pasif dan Aktif

Komponen elektronika aktif adalah jenis komponen elektronika yang dapat bekerja ketika mendapat arus, sedangkan komponen elektronika pasif adalah jenis komponen elektronika yang bekerja tanpa arus. Macam-macam komponen elektronika aktif antara lain: diode, transistor, dan IC (*Integrated Circuit*). Sedangkan contoh komponen pasif misalnya resistor, kapasitor, dan induktor.



Gambar 3.1 Ewald Georg von Kleist

Penemu salah satu komponen pasif, yaitu kapasitor, adalah Ewald Georg von Kleist. Ia adalah seorang ahli hukum dan fisika asal Jerman. Penemuan pentingnya terjadi pada tahun 1745, ketika ia menemukan tabung Kleistian yang dapat menyimpan listrik dalam jumlah besar.

AKTIVITAS 1

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Cari minimal dua tokoh penemu komponen elektronika. Diskusikan, lalu buat laporan tertulis. Pastikan setiap kelompok membahas tokoh penemu yang berbeda-beda.

1. Jenis-Jenis Komponen Elektronika Pasif

Ada tiga macam komponen elektronika pasif, yaitu resistor, kapasitor, dan induktor.

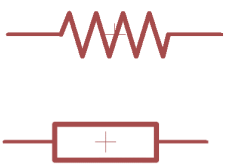
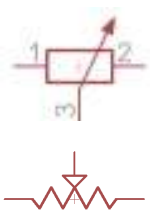
a. Resistor

Resistor adalah jenis komponen elektronika pasif yang berfungsi untuk menghambat dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Berikut adalah beberapa fungsi lain dari resistor di dalam rangkaian elektronika.

1) Membatasi aliran arus.
2) Membagi tegangan.
3) Memperlambat waktu pengisian kapasitor.
4) Melindungi rangkaian elektronika.
5) Mengubah arus listrik.
6) Memberikan tegangan bias.

Satuan nilai resistor adalah Ohm dan dilambangkan dengan simbol omega (Ω). Sesuai hukum Ohm, resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya.

Tabel 3.1 Jenis-Jenis Resistor dan Simbolnya

Nama	Simbol	Bentuk Fisik
Resistor nilai tetap (*fixed resistor*)	 **Gambar 3.2** Simbol Resistor Tetap Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	 **Gambar 3.3** Resistor Tetap Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)
Resistor variabel (*variable resistor*)	 **Gambar 3.4** Simbol Resistor Variabel Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	 **Gambar 3.5** Resistor Variabel Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Termistor	 **Gambar 3.6** Simbol Termistor Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	 **Gambar 3.7** Termistor Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)
***Light Dependent Resistor* (LDR)**	 **Gambar 3.8** Simbol LDR Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	 **Gambar 3.9** *Light Dependent Resistor* (LDR) Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Pada umumnya, resistor dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, di antaranya resistor nilai tetap, resistor variabel, thermistor, dan LDR (*light dependent resistor*).

1) Resistor Nilai Tetap

   Resistor nilai tetap merupakan resistor yang nilai resistansinya tidak dapat diubah. Resistor nilai tetap memiliki nilai resistansi yang tertulis pada badan resistor dengan menggunakan kode warna dan kode angka.

2) Resistor Variabel

   Resistor variabel adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dapat berubah dan diatur sesuai dengan keinginan. Pada umumnya, resistor variabel terbagi menjadi potensiometer, reostat, dan trimpot.

3) Termistor (*Thermal Resistor*)

   Termistor atau *thermistor* adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dapat dipengaruhi oleh suhu (temperatur). *Thermistor* merupakan singkatan dari *thermal resistor*. Terdapat dua jenis termistor, yaitu termistor NTC (*negative temperature coefficient*) dan termistor PTC (*positive temperature coefficient*).

4) LDR **(***Light Dependent Resistor*)

LDR atau *light dependent resistor* adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya.



AKTIVITAS 2

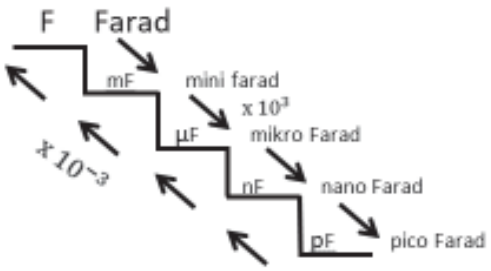
Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Cari minimal tiga jenis komponen resistor pada suatu rangkaian di lingkungan tempat tinggal kalian. Diskusikan lalu buat laporan tertulis tentang jenis, bahan, dan lain-lain. Pastikan setiap kelompok berbeda-beda.

b. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Bahan penyusun kapasitor yaitu dua keping atau dua lembaran penghantar listrik yang dipisahkan menggunakan isolator listrik berupa bahan dielektrik.

Ada dua macam kapasitor. Pertama, kapasitor yang memiliki kapasitas tetap. Kedua, kapasitor yang memiliki kapasitas dapat diubah-ubah atau kapasitor variabel.

Besaran kapasitor dalam muatan listrik dinyatakan dengan satuan Farad (F). Satuan ini memiliki turunan, seperti mikrofarad (μF), nanofarad (nF), dan pikofarad (pF). Kapasitas nilai kapasitor menggunakan ukuran turunan Farad sebagai berikut.



Gambar 3.10 Turunan Farad
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Perhatikan persamaan ukuran berikut.

1 Farad = 1.000.000 µF (mikrofarad)

1 µF = 1.000.000 pF (pikofarad)

1 µF = 1.000 nF (nanofarad)

1 nF = 1.000 pF (pikofarad)

1 pF = 1.000 µµF (mikro-mikrofarad)

1 µF = 10-6 F

1 nF = 10-9 F

1 pF = 10-12 F

Fungsi kapasitor di dalam rangkaian elektronika adalah sebagai:

1) penyimpan muatan listrik,
2) penyaring atau filter,
3) penghubung kopling, dan
4) pengaman (sekering).

Berdasarkan dielektrikumnya, kapasitor dibagi menjadi beberapa jenis.

1) Kapasitor Nilai Tetap

   Jenis yang pertama yaitu kapasitor nilai tetap. Kapasitor ini memiliki nilai konstan atau tidak berubah-ubah.

2) Kapasitor Polar

   Kapasitor ini termasuk kapasitor nilai tetap, tetapi memiliki polaritas. Karena itu kapasitor ini disebut kapasitor polar. Kapasitor ini merupakan kapasitor elektrolit yang memiliki polaritas kutub positif (+) dan kutub negatif (-).

3) Kapasitor Variabel

   Kapasitor variabel merupakan kapsitor yang nilai kapasitasnya dapat berubah–ubah dan juga dapat diatur.

Tabel 3.2 Macam-Macam Kapasitor

Nama	Simbol	Bentuk Fisik
Kapasitor nilai tetap (nilai tetap dan tidak berpolaritas	 **Gambar 3.11** Simbol Kapasitor Nilai Tetap Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	  **Gambar 3.12** Kapasitor Nilai Tetap Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)
Kapasitor polar (nilai tetap dan berpolaritas)	 **Gambar 3.13** Simbol Kapasitor Polar Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	 **Gambar 3.14** Kapasitor Polar Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)
Kapasitor Variabel	 **Gambar 3.15** Simbol Kapasitor Variabel Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	 **Gambar 3.16** Kapasitor Variabel Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)



AKTIVITAS 3

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Cari minimal tiga jenis komponen kapasitor pada suatu rangkaian di lingkungan tempat tinggal kalian. Diskusikan, lalu buat laporan tertulis tenang jenis, bahan, dan lain-lain. Pastikan setiap kelompok membahas jenis kapasitor yang berbeda-beda.

c. Induktor

Induktor merupakan komponen elektronika pasif yang terdiri dari susunan lilitan kawat yang membentuk sebuah kumparan. Pada dasarnya, induktor dapat menimbulkan medan magnet jika dialiri oleh arus listrik. Medan magnet yang ditimbulkan tersebut dapat menyimpan energi dalam waktu yang relatif singkat.

Dasar dari sebuah induktor adalah Hukum Induksi Faraday. Kemampuan induktor atau *coil* dalam menyimpan energi magnet disebut induktansi, yang satuan unitnya adalah Henry (H). Satuan Henry pada umumnya terlalu besar untuk komponen induktor yang terdapat pada rangkaian elektronika. Oleh karena itu, satuan-satuan yang merupakan turunan dari Henry digunakan untuk menyatakan kemampuan induktansi sebuah induktor atau *coil*. Satuan-satuan turunan dari Henry di antaranya adalah milihenry (mH) dan mikrohenry (μH). Simbol yang digunakan untuk melambangkan induktor dalam rangkaian elektronika adalah huruf "L".

Fungsi utama induktor adalah untuk melawan fluktuasi arus yang melewatinya. Selain itu, berikut adalah beberapa fungsi induktor lain.

1) Menyimpan arus listrik dalam bentuk medan magnet.
2) Meneruskan arus searah (DC) dalam rangkaian listrik.
3) Menahan arus bolak-balik (AC) sebagai alat yang menimbulkan gaya magnet.
4) Sebagai filter pada penalaan atau tuning.
5) Dapat membangkitkan getaran.
6) Dapat melipatgandakan tegangan atau arus.

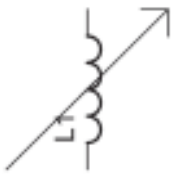
Ada banyak jenis induktor yang digunakan dalam teknik listrik dan elektronika. Berikut adalah beberapa jenisnya.

1) *Iron core inductor*, yaitu induktor yang memiliki inti dari material logam atau besi.
2) *Air core inductor*, yaitu induktor yang menggunakan inti bahan udara.
3) *Variable inductor*, yaitu induktor yang nilai induktansinya dapat diatur.

4) *Ferrite core inductor*, yaitu induktor yang menggunakan inti berbahan ferit.
5) *Torroidal core inductor*, yaitu induktor yang berbentuk melingkar atau cincin.
6) *Laminated core inductor*, yaitu induktor dengan inti yang terdiri dari beberapa jenis logam.

Induktor bekerja berdasarkan Hukum Faraday. Hukum Faraday adalah hukum yang menjelaskan tentang cara arus listrik dapat menimbulkan elektromagnetisme. Selain itu, Hukum Faraday juga menjelaskan cara medan magnet dapat berubah menjadi arus listrik.

Tabel 3.3 Jenis-Jenis Induktor

Induktor	Simbol Induktor	Bentuk Induktor
Induktor nilai tetap	 **Gambar 3.17** Simbol Induktor Nilai Tetap Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	  **Gambar 3.18** Induktor Nilai Tetap Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)
Induktor variabel	 **Gambar 3.19** Simbol Induktor Variabel Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	 **Gambar 3.20** Induktor Variabel Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Induktor nilai tetap adalah jenis induktor yang nilainya tetap dan tidak dapat diatur, sementara induktor variabel adalah induktor yang nilainya dapat diatur.

Untuk menambah wawasan kalian tentang induktor, pindai kode QR berikut.

AKTIVITAS 4

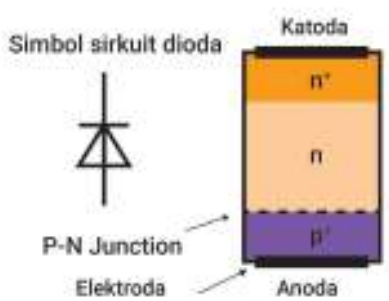
Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Cari minimal tiga jenis komponen induktor pada suatu rangkaian di lingkungan tempat tinggal kalian. Diskusikan, lalu buat laporan tertulis tentang jenis, bahan, dan lain-lain. Pastikan setiap kelompok membahas jenis induktor yang berbeda-beda.

2. Jenis-Jenis Komponen Elektronika Aktif

Komponen elektronika aktif terdiri dari diode, transistor, dan *integrated circuit* (IC).

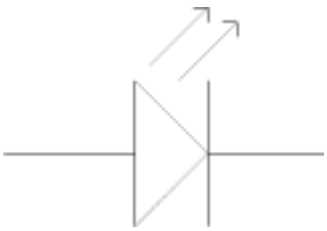
a. Diode

Diode adalah komponen elektronika yang terdiri dari dua kutub dan berfungsi untuk menyearahkan arus. Struktur utama diode adalah dua buah kutub elektroda berbahan konduktor, yang masing-masing terhubung dengan semikonduktor silikon tipe-P dan silikon tipe-N. Anode adalah elektroda yang terhubung dengan silikon tipe-P, dengan jumlah elektron yang lebih sedikit. Sementara itu, katode adalah elektroda yang terhubung dengan silikon tipe-N, dengan jumlah elektron yang lebih banyak. Pertemuan antara silikon N dan silikon P akan membentuk suatu perbatasan yang disebut *P-N Junction*.



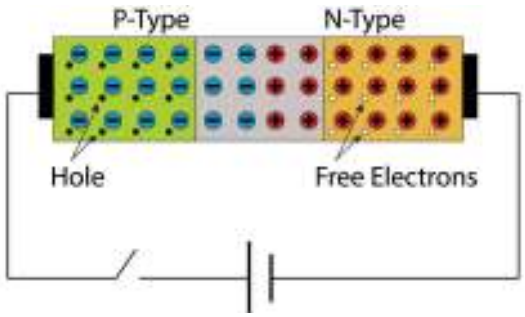
Gambar 3.21 *P-N Junction*

Tabel 3.4 Macam-Macam Diode

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Diode penyearah	 **Gambar 3.22** Diode Penyearah Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	
LED	 **Gambar 3.23** LED Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	
Diode Zener	 **Gambar 3.24** Diode Zener Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	
Diode foto	 **Gambar 3.25** Diode Foto Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	
SCR	 **Gambar 3.26** SCR Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	

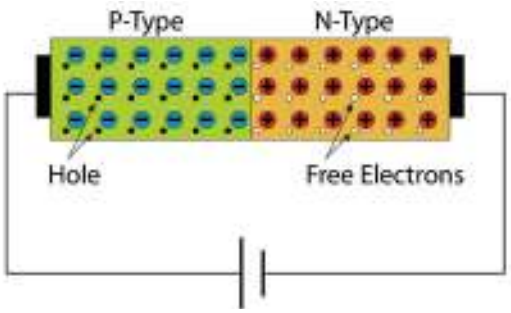
Berdasarkan karakteristik dan fungsinya, diode dikelompokkan ke dalam beberapa kategori. Jenis-jenis diode antara lain: LED (*light emitting diode*), DIAC, diode Zener, diode penyearah, diode foto, diode Schottky, diode *tunnel* dan diode laser, *PN junction diode*, *light emitting diode* (LED), *laser diode*, *photodiode*, *Gunn diode*, *BARITT* (*barrier injection transit time*) *diode*, *backward diode*, diode PIN, *step recovery diode*, dan *varactor diode*.

Secara sederhana, cara kerja diode dapat dijelaskan dalam tiga kondisi, yaitu kondisi tanpa tegangan (*unbiased*), diberikan tegangan positif (*forward biased*), dan tegangan negatif (*reverse biased*). Pada kondisi tidak diberikan tegangan, akan terbentuk suatu perbatasan medan listrik pada daerah *P-N junction*. Hal ini terjadi diawali dengan proses difusi, yaitu bergeraknya muatan elektro dari sisi N ke sisi P.



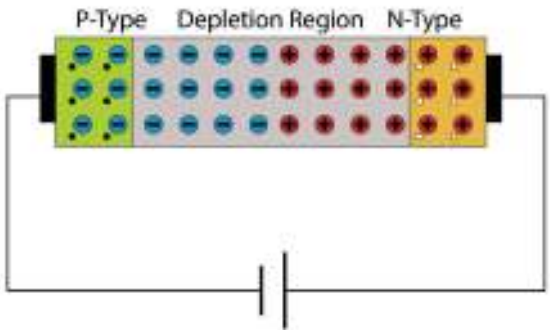
Gambar 3.27 Cara Kerja Diode

Pada kondisi tegangan positif (*forward biased*), bagian anode disambungkan dengan terminal positif sumber listrik dan bagian katode disambungkan dengan terminal negatif. Adanya tegangan eksternal mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub.



Gambar 3.28 Diode Tanpa Tegangan

Pada kondisi tegangan negatif (*reverse biased*), bagian anode disambungkan dengan terminal negatif sumber listrik dan bagian katode disambungkan dengan terminal positif. Adanya tegangan eksternal akan mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub.



Gambar 3.29 Kondisi Tegangan Negatif



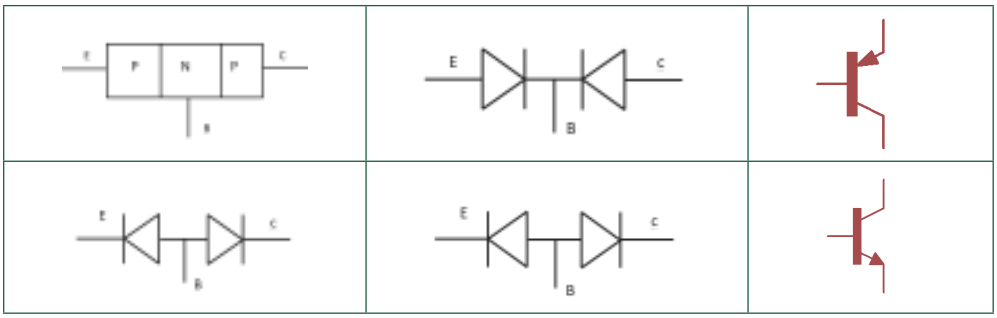
AKTIVITAS 5

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Carilah minimal tiga jenis komponen diode pada suatu rangkaian di lingkungan tempat tinggal kalian. Diskusikan, lalu buat laporan tertulis tentang jenis-jenis, bahan, dan lain-lain. Pastikan setiap kelompok membahas jenis diode yang berbeda-beda.

b. Transistor

Transistor merupakan komponen elektronika aktif yang berfungsi sebagai penguat, penyearah, pengendali, *mixer*, dan osilator. Komponen yang termasuk dalam keluarga transistor di antaranya transistor bipolar (NPN & PNP), transistor foto, TRIAC, MOSFET, JFET, dan UJT.

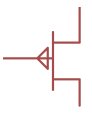
Transistor terdiri dari tiga lapisan semikonduktor dan memiliki tiga terminal (kaki), yaitu terminal emitor yang disimbolkan dengan huruf "E", terminal base (basis) yang memiliki simbol huruf "B", serta terminal *collector*/kolektor memiliki simbol huruf "C". Berdasarkan strukturnya, transistor sebenarnya merupakan gabungan dari sambungan dua diode. Dari gabungan tersebut, transistor kemudian dibagi ke dalam dua tipe, yaitu transistor tipe NPN dan transistor tipe PNP yang disebut juga transistor bipolar. Istilah bipolar digunakan karena transistor ini memiliki dua polaritas dalam membawa arus listrik. NPN merupakan singkatan dari negatif-positif-negatif, sedangkan PNP adalah singkatan dari positif-negatif-positif.



Gambar 3.30 Simbol Transistor NPN dan PNP
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Secara umum, transistor dapat digolongkan ke dalam dua kelompok besar, yaitu transistor bipolar dan transistor efek medan (*field effect transistor*). Perbedaan yang paling utama di antara dua pengelompokan tersebut terletak pada bias *input* (atau *output*) yang digunakannya. Transistor bipolar memerlukan arus (*current*) untuk mengendalikan terminal lainnya, sedangkan *field effect transistor* (FET) hanya menggunakan tegangan saja (tidak memerlukan arus). Pada pengoperasiannya, transistor bipolar memerlukan muatan pembawa (*carrier*) *hole* dan elektron, sedangkan FET hanya memerlukan salah satunya.

Tabel 3.5 Simbol-Simbol Transistor

<table>
<tr><th rowspan="2">Transistor Bipolar</th><th colspan="3">Transistor Medan</th></tr>
<tr><th>JFET</th><th>MOSFET</th><th>UJT</th></tr>
<tr><td>
Gambar 3.31 Simbol Transistor NPN
Sumber: Kemendikbudristek/ Ismanto (2022)</td><td>
Gambar 3.32 Simbol Transistor JFET N-Channel
Sumber: Kemendikbudristek/ Ismanto (2022)</td><td>
Gambar 3.33 Simbol Transistor MOSFET N-Channel
Sumber: Kemendikbudristek/ Ismanto (2022)</td><td rowspan="2">
Gambar 3.34 Simbol Transistor UJT
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)</td></tr>
<tr><td>
Gambar 3.35 Simbol Transistor PNP
Sumber: Kemendikbudristek/ Ismanto (2022)</td><td>
Gambar 3.36 Simbol Transistor JFET P-Channel
Sumber: Kemendikbudristek/ Ismanto (2022)</td><td>
Gambar 3.37 Simbol Transistor MOSFET P-Channel
Sumber: Kemendikbudristek/ Ismanto (2022)</td></tr>
</table>

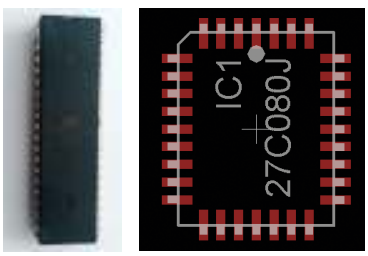
AKTIVITAS 6

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Cari minimal tiga jenis komponen transistor pada suatu rangkaian di lingkungan tempat tinggal kalian. Diskusikan, lalu buat laporan tertulis tentang jenis, bahan, dan lain-lain. Pastikan setiap kelompok membahas jenis transistor yang berbeda-beda.

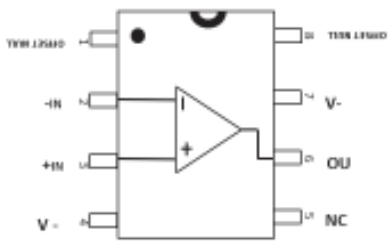
c. *Integrated Circuit* (IC)

Integrated circuit (IC) atau *chip* merupakan cikal bakal komputer dan segala jenis peranti yang memakai teknologi *micro-controller* lainnya. IC ditemukan pada tahun 1958 oleh seorang insinyur bernama Jack Kilby yang bekerja pada Texas Intruments. Saat itu ia mencoba memecahkan masalah dengan memikirkan konsep yang menggabungkan seluruh komponen elektronika dalam satu blok yang dibuat dari bahan semikonduktor.

IC merupakan komponen elektronika aktif yang terdiri dari gabungan ratusan bahkan jutaan transistor, resistor, dan komponen lainnya yang diintegrasi menjadi sebuah rangkaian elektronika dalam sebuah kemasan kecil. Berdasarkan fungsinya, IC dapat dikelompokkan menjadi IC *timer* (pewaktu), IC *comparator* (pembanding), IC *logic gates* (gerbang logika), IC *switching* (pengendali), dan IC *amplifier* (penguat). IC dibuat dari bahan semikonduktor.



Gambar 3.38 Macam-Macam IC
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)



Gambar 3.39 Simbol IC
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Fungsi IC bagi perangkat elektronik berbeda-beda. Fungsi ini dikelompokkan ke dalam tiga bagian, yaitu IC linear, IC digital, dan *mixed* IC atau IC gabungan.

1) IC Linear

IC linear ini juga dikenal dengan istilah *integrated circuit analog*. IC linear hanya bisa beroperasi pada sinyal yang berbentuk gelombang, yang sifatnya kontinyu. Beberapa fungsi dari IC linear adalah sebagai:



Gambar 3.40 IC Linear

a) penguat daya (*power amplifier*),
b) penguat sinyal mikro (*microwave amplifier*),
c) regulator tegangan (*voltage regulator*),
d) penguat RF dan IF (*RF and IF amplifier*),
e) *multiplier*,
f) *voltage comparator*,
g) penerima frekuensi radio (*radio receiver*),
h) penguat operasional,
i) penguat sinyal, dan sebagainya.

2) IC Digital

IC digital merupakan jenis IC yang populer penggunaannya pada peralatan elektronik terbaru. Misalnya saja IC yang tertanam dalam kalkulator, ponsel pintar, maupun laptop.



Gambar 3.41 IC Digital
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

IC digital ini umumnya memiliki tegangan *input* dan *output*. Masing-masing tegangannya mempunyai dua level, yakni tinggi dan rendah. Kode binernya menggunakan lambang angka 1 dan 0. Tugas dan fungsi IC digital adalah sebagai:

a) gerbang logika,
b) *flip flop*,
c) *timer* atau pengukur waktu,
d) *counter* atau penghitung,
e) *multiplexer*,

f) memori,

g) kalkulator,

h) mikroprosesor, dan sebagainya.

3) *Mixed* IC

Mixed IC atau IC gabungan adalah jenis IC yang terdiri dari gabungan antara IC analog dan IC digital. Fungsi utama dari *mixed* IC adalah untuk melakukan konversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital, maupun sebaliknya. Seiring berkembangnya teknologi, *mixed* IC juga dimanfaatkan untuk keperluan integrasi sinyal digital dan fungsi RF.



Gambar 3.42 Mixed IC
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

AKTIVITAS 7

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Cari minimal tiga jenis komponen IC pada suatu rangkaian di lingkungan tempat tinggal kalian. Diskusikan, lalu buat laporan tertulis tentang jenis, bahan, dan lain-lain. Pastikan setiap kelompok membahas jenis IC yang berbeda-beda.

Untuk menambah wawasan kalian, pindai kode QR berikut.

B. Identifikasi Komponen Elektronika Pasif

Pembacaan nilai komponen aktif terdiri dari komponen resistor, kapasitor, dan induktor.

1. Membaca Nilai Resistor

a. Membaca Nilai Resistor dengan Kode Warna

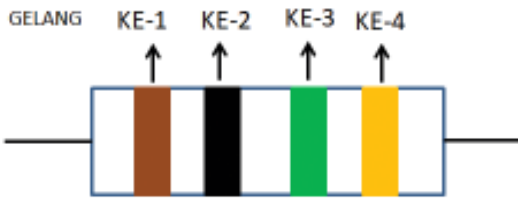
Nilai komponen dan nilai resistor dapat kita hitung hambatannya dengan warna gelang yang tertera pada badan resistor. Warna-warna tersebut memiliki keterangan berikut.

Tabel 3.6 Warna Gelang Resistor

Warna	Nilai Ring 1	Nilai Ring 3	Nilai Ring 4	Pengali	Toleransi	Koefisien Panas
Hitam	0	0	0	1		
Cokelat	1	1	1	10	1%	100 ppm
Merah	2	2	2	100	2%	50 ppm
Oranye	3	3	3	1k		15 ppm
Kuning	4	4	4	10k		25 ppm
Hijau	5	5	5	100k	0,5%	
Biru	6	6	6	1M	0,25%	
Ungu	7	7	7	10M		
Abu-Abu	8	8	8			
Putih	9	9	9			
Emas					5%	
Perak					20%	

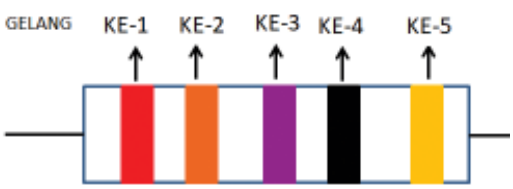
Cara pembacaan resistor dengan empat gelang dapat kalian lihat pada tabel berikut.

Tabel 3.7 Membaca Resistor dengan Empat Gelang

Resistor	Nilai Gelang
 **Gambar 3.43** Resistor dengan Empat Gelang Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022) Diketahui: Gelang 1 adalah untuk angka 1. Gelang 2 adalah untuk angka 2. Gelang 3 adalah untuk angka 3. Gelang 4 adalah toleransi.	Gelang 1: cokelat = 1 Gelang 2: hitam = 0 Gelang 3: hijau = 5 Gelang 4: emas = 5% Nilai tahanan resistor (TR) adalah: TR = 10 x 100.000 +- 5% TR = 1.000.000 Ohm (+- 5%)
Nilai minimal (Nmin)	Nmin = 1.000.000 – (1.000.000 x 5%) Nmin = 1.000.000 – 50.000 **Nmin = 9.950.000 Ohm**
Nilai maksimal (Nmaks)	Nmaks = 1.000.000 + (1.000.000 x 5%) Nmaks = 1.000.000 + 50.000 **Nmaks = 10.50.000 Ohm**

Untuk resistor lima gelang, cara pembacaannya sama seperti resistor empat gelang. Perbedaannya adalah nilai toleransi ditunjukkan oleh gelang kelima. Perhatikan cara pembacaan resistor lima gelang berikut.

Tabel 3.8 Membaca Resistor dengan Lima Gelang

Resistor	Nilai Gelang
 **Gambar 3.44** Resistor dengan Lima Gelang Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)	Gelang 1: merah = 2 Gelang 2: oranye = 3 Gelang 3: ungu = 7 Gelang 4: hitam = 0 Gelang 5: emas,= 5% Nilai tahanan resistor (TR) adalah: TR = 237 x 10 +- 5% TR = 237 Ohm (+- 5%)

Diketahui: Gelang 1 adalah untuk angka 1. Gelang 2 adalah untuk angka 2. Gelang 3 adalah untuk angka 3. Gelang 4 adalah untuk perpangkatan, atau jumlah nol. Gelang 5 adalah toleransi.	
Nilai minimal (Nmin)	Nmin = 237 - (237 x 5%) Nmin = 225,15 Ohm
Nilai maksimal (Nmaks)	Nmaks = 237 + (237 x 5%) Nmaks = 248,85 Ohm

AKTIVITAS 8

Carilah minimal 10 resistor dengan nilai yang berbeda-beda. Lalu baca nilainya sesuai cara membaca warna gelang resistor. Buatlah laporan tertulis dengan penulisan dari nilai yang terkecil sampai nilai terbesar.

b. Membaca Nilai Resistor dengan Kode Angka

Untuk membaca resistor yang berbentuk *chip*, nilai resistor ditentukan berdasarkan kode angka yang tertera pada resistor. Perhatikan contoh cara membaca resistor dengan kode 473 berikut.



Gambar 3.45 Resistor *Chip* dengan Kode Angka
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Angka ke-1 adalah 4.

Angka ke-2 adalah 7.

Angka ke-3 adalah jumlah nol atau jumlah pangkat 10. Karena angka ke-3 adalah 3, jumlah nol adalah 3 -> 000, atau jumlah pangkat 10 -> 10^3.

Dengan demikian nilai resistor adalah 47000 Ohm.



AKTIVITAS 9

Carilah minimal 10 resistor dengan nilai yang berbeda-beda. Baca nilai resistor sesuai cara membaca resistor *chip* (CMD). Buatlah laporan tertulis dengan penulisan dari nilai yang terkecil sampai nilai terbesar.

c. Membaca Nilai Resistor dengan Alat Ukur

Nilai resistor dapat juga dibaca dengan bantuan alat ukur, yaitu multimeter. Seperti yang telah kalian pelajari, ada dua macam multimeter, yaitu multimeter analog dan multimeter digital. Multimeter analog terdiri dari jarum yang bergerak pada skala tertentu, yang menunjukkan nilai dari parameter yang diukur. Sedangkan multimeter digital dirancang menampilkan langsung nilai dari parameter yang diukur. Meskipun berbeda, kedua macam multimeter memiliki kesamaan dalam pilihan opsi yang terdapat pada selektor, bergantung pada nilai dari hambatan yang akan diukur. Opsi tersebut adalah R (Ω) x1, R (Ω) x10, dan R (Ω) x1K.

Berikut cara mengukur resistor dengan multimeter

1. Pastikan multimeter sudah terkalibrasi.
2. Lihat perkiraan hambatan yang akan diukur melalui cincin warna yang ada pada badan resistor tersebut, misalnya 1 Ohm, 10 Ohm, 47 kiloohm, dan seterusnya.
3. Putarlah selektor multimeter pada posisi R (Ω) x1, atau R (Ω) x10, atau R (Ω) x1K, tergantung perkiraan nilai hambatan yang akan diukur. Misalnya ketika resistor yang akan diukur bernilai 100 Ohm, selektor dapat diarahkan pada R (Ω) x1 atau R (Ω) x10.
4. Hubungkan atau tempelkan *probe* merah (+) dan *probe* hitam (-) pada masing-masing ujung resistor yang akan diukur.
5. Begitu kedua *probe* dihubungkan, jarum multimeter akan bergerak pada nilai skala tertentu. Lihat dan amatilah nilai angka yang ditunjukkan jarum multimeter tersebut. Itu adalah nilai dari resistor tersebut.

6. Jika jarum multimeter tidak bergerak sama sekali, berarti resistor tersebut rusak.



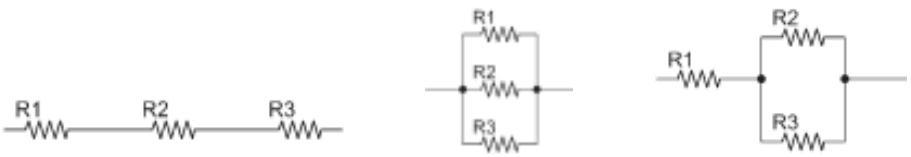
Gambar 3.46 Cara Mengukur Nilai Resistor dengan Multimeter

AKTIVITAS 10

Carilah minimal 10 resistor dengan nilai yang berbeda-beda. Buatlah laporan tertulis dengan penulisan dari nilai yang terkecil sampai nilai terbesar.

d. Rangkaian Resistor

Beberapa resistor dapat dihubungkan membentuk satu konfigurasi rangkaian tertentu. Terdapat tiga bentuk rangkaian resistif, yaitu rangkaian seri, rangkaian paralel, dan rangkaian seri-paralel. Resistor yang dirangkai secara seri memiliki jalur tunggal untuk mengalirkan arus. Sedangkan pada rangkaian resistor paralel terdapat dua atau lebih jalur aliran arus listrik. Rangkaian resistor seri-paralel merupakan gabungan dari rangkaian seri dan rangkaian paralel.



Gambar 3.47 Rangkaian Resistor Seri (a), Paralel (b), dan Seri-Paralel (c)
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

1) Rangkaian Seri Resistor

Rangkaian seri resistor terdiri dua atau lebih resistor dan hanya memiliki satu jalur arus untuk mengalir. Arus mengalir dari sisi negatif melewati setiap resistor ke sisi positif dari sumber tegangan. Semakin banyak resistor yang dihubungkan secara seri, maka semakin besar nilai tahanan. Dengan demikian, nilai perlawanan terhadap arus juga akan semakin tinggi. Ketika resistor ditambahkan secara seri ke rangkaian, tahanan total dalam rangkaian meningkat. Tahanan total pada rangkaian seri adalah jumlah dari masing-masing tahanan dalam rangkaian. Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus berikut.

$$\mathbf{RT = R1 + R2 + R3 \ldots + Rn}$$

Pada rangkaian seri, nilai arus listrik akan sama pada setiap resistor. Pada praktiknya, jika beberapa lampu bohlam dirangkai secara seri dan salah satu bohlam putus, yang lainnya akan ikut padam. Jika ditambahkan lebih banyak bohlam, bohlam akan lebih redup karena arus listrik yang melewatinya semakin kecil diakibatkan meningkatnya jumlah resistansi.

Perhatikan contoh soal berikut.

Seorang teknisi ingin membuat sebuah peralatan elektronik. Salah satu nilai resistor yang diperlukannya adalah 4 megaohm, tetapi ia tidak dapat menemukan resistor dengan nilai tersebut di pasaran. Ia harus menggunakan rangkaian seri resistor untuk mendapatkan penggantinya. Seperti apa rangkaian seri yang harus ia buat?

Penyelesaian:

Ada beberapa kombinasi nilai resistor yang dapat dipilih, salah satunya adalah merangkai satu buah resistor dengan nilai 3,9 megaohm dan satu buah resistor dengan nilai 100 kiloohm. Sehingga:

R_{TOTAL} = R1 + R2 = 3.900.000 + 100.000 = 4.000.000 Ohm atau 4 megaohm.

Pilihan lainnya adalah merangkai empat buah resistor dengan nilai masing-masing 1 megaohm. Sehingga:

R_{TOTAL} = R1 + R2 + R3 + R4 = 1 + 1 + 1 + 1 = 4 megaohm.

2) Rangkaian Paralel Resistor

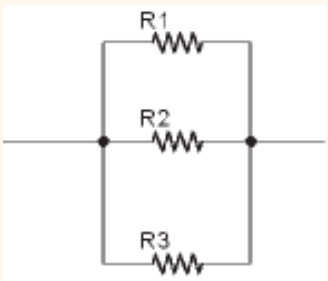
Rangkaian paralel resistor terdiri dari dua atau lebih resistor yang membentuk dua atau lebih jalur arus untuk mengalir. Setiap lintasan arus pada rangkaian paralel disebut percabangan. Arus mengalir dari sisi negatif melewati setiap cabang rangkaian paralel ke sisi positif dari sumber tegangan. Semakin banyak resistor yang dirangkai paralel, maka semakin kecil nilai tahanan total. Dengan kata lain, ketika resistor ditambahkan paralel pada rangkaian, tahanan total dalam rangkaian berkurang karena adanya jalur tambahan untuk aliran arus. Tahanan total pada rangkaian paralel dapat dinyatakan dengan rumus berikut.

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

R_T adalah tahanan total, sementara R_1, R_2, dan R_3 adalah resistor individu (cabang). R_n adalah resistor terakhir pada rangkaian.

Perhatikan contoh soal berikut.

Sebuah rangkaian tersusun atas tuga buah resistor dengan masing-masing besarnya 18Ω, 9Ω, dan 12Ω. Hitunglah besar hambatan pengganti rangkaian paralel tersebut!



Penyelesaian:

Diketahui:

R1 =18Ω

R2 =9Ω

R3 = 12Ω

Ditanya: Besar hambatan pengganti (R_{TOTAL})

Jawab:

Untuk menyelesaikan besar hambatan rangkaian paralel, kita dapat menghitungnya dengan menggunakan rumus yang sudah dipelajari.

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

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{2}{36} + \frac{4}{36} + \frac{3}{36}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{3}{36}$$

$$R_T = \frac{36}{3}$$

$$R_T = 4\Omega$$

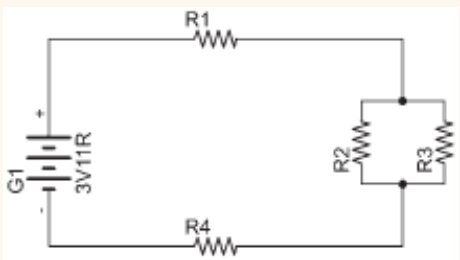
Jadi, besar hambatan pengganti rangkaian paralel tersebut sebesar 4Ω.

3) Rangkaian Seri-Paralel Resistor

Rangkaian seri-paralel adalah kombinasi dari rangkaian seri dan rangkaian paralel, yang disebut juga rangkaian campuran. Dalam menghitung nilai tahanan total dalam rangkaian seri-paralel, kalian harus menyelesaikan tahanan total untuk rangkaian paralel terlebih dahulu, kemudian menyelesaikan rangkaian serinya.

Perhatikan contoh berikut.

Terdapat rangkaian seri-paralel sebagai berikut.



Diketahui nilai resistor R1 sebesar 10 Ohm, R2 sebesar 100 Ohm, R3 sebesar 100 Ohm, dan R4 sebesar 10 Ohm. Hitung tahanan total rangkaian campuran tersebut!

Penyelesaian:

Pertama-tama, hitung rangkaian pengganti, yaitu rangkaian total paralel terlebih dahulu, yang disimbolkan dengan R_p.

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{2}{100}$$

$$R_P = \frac{100}{2} = 50$$

Karena nilai pengganti resistor R2 dan R3 sudah diketahui, kini kita mencari nilai resistor total. Perhitungan ini menggunakan rumus rangkaian seri resistor.

$$R_T = R_1 + R_P + R_4 = 10 + 50 + 10 = 70$$

Jadi nilai resistor total rangkaian tersebut adalah 70 Ohm.



AKTIVITAS 11

Bentuk kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Buat simulasi peristiwa berikut dengan menerapkan ilmu rangkaian seri, paralel, dan campuran pada resistor.

Dalam suatu pembuatan rangkaian elektronika, dibutuhkan komponen resistor yang masing-masing bernilai 300 Ω, 1kΩ, 10kΩ, 15kΩ, 56kΩ, dan 100kΩ. Buat simulasi kemungkinan apabila salah satu komponen resistor tidak ditemukan di pasaran. Bagaimana solusi untuk memenuhi kebutuhan komponen tersebut?

Diskusikan bersama kelompok kalian, buat laporan tertulis, lalu presentasikan!

2. Identifikasi Kapasitor

a. Membaca Nilai Kapasitor Polar

Pada kapasitor elektrolit atau ELCO, nilai kapasitansinya telah tertera pada label badannya dengan jelas, misalnya 100µF 16V, 470µF 10V, 1000µF 6.3V ataupun 3300µF 16V. Jadi, sangat mudah untuk menentukan nilainya.



Gambar 3.48 Nilai Kapasitansi pada Kapasitor Elektrolit
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Perlu diperhatikan bahwa kapasitor elektrolit (ELCO) merupakan jenis kapasitor yang memiliki polaritas (+) dan (-) sehingga perlu berhati-hati dalam pemasangannya. Pada badan kapasitor juga terdapat tanda yang menunjukkan polaritas arah negatif (-). Selain itu, daya tahan panas kapasitor juga tertulis dengan jelas pada label badannya, contohnya 85°C dan 105°C.



AKTIVITAS 12

Carilah minimal 10 kapasitor polar dengan nilai yang berbeda-beda. Tuliskan nilai identitas kapasitor, seperti nilai kapasitansi, polaritas, dan nilai daya tahan panas setiap kapasitor tersebut. Buat laporan hasil pengamatan kalian dengan penulisan dari yang terkecil hingga yang terbesar.

b. Membaca Nilai Kapasitor Non-Polar

Pada kapasitor keramik, kapasitor kertas, kapasitor mika, kapasitor poliester, atau kapasitor non-polar lainnya, kode nilai juga tercantum pada badannya, misalnya 104J, 202M, 473K, dan sebagainya. Angka pertama dan kedua merupakan angka pertama dan kedua dari jumlah nilai kapasitansinya. Angka ketiga adalah jumlah nol atau jumlah pangkat 10. Huruf di belakang angka menandakan toleransi dari nilai kapasitor tersebut. Berikut adalah daftar nilai toleransinya kapasitor.



Gambar 3.49 Nilai Kapasitansi pada Kapasitor Non-Polar
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

B = 0,10 pF
C = 0,25 pF
D = 0,5 pF
E = 0,5%
F = 1%
G = 2%
H = 3%
J = 5%
K = 10%
M = 20%
Z = +80% dan -20%

Perhatikan contoh pembacaan nilai kapasitansi kapasitor berikut.

Pada sebuah kapasitor keramik terdapat tulisan 473Z. Berapakah nilai kapasitansi pada kapasitor tersebut?

Penyelesaian:

Dari kode 473Z, kita dapat mengetahui:

Nilai kapasitor = $47 \times 10^3 = 47 \times 1000$

Nilai kapasitor = 47.000 pF atau 47 nF atau 0,047 µF.

Huruf Z berarti +80% dan -20% dari 47.000.

- 80% dari 47.000 adalah 37.600, berarti:
  47.000 + 80% = 47.000 + 37.600 = 84.600
- 20% dari 47.000 adalah 9.400, berarti:
  47.000 – 20% = 47.000 – 9.400 = 37.600

Jadi, dapat disimpulkan bahwa kode 473Z pada kapasitor berarti kapasitor tersebut memiliki nilai kapasitansi 47.000 pF +80% dan -20%, atau berkisar antara 37.600 pF hingga 84.600 pF.

Bagaimana kalau pada badan kapasitor hanya bertuliskan dua angka? Untuk memahaminya, perhatikan contoh berikut.

Pada sebuah kapasitor kertas terdapat tulisan 47J. Berapakah nilai kapasitansi pada kapasitor tersebut?

Penyelesaian:

Nilai kapasitor = 47 × 100

Nilai kapasitor = 47 × 1 = 47 pF

Angka J adalah nilai toleransi sebesar ±5%.

5% dari 47 adalah 2,35

47 + 5% = 47 + 2,35 = 47,35

47 – 5% = 47 – 2,35 = 44,65

Jadi kapasitor 47J memiliki nilai kapasitansi 47 pF ±5%, yaitu berkisar antara 44,65 pF hingga 47,35 pF.

AKTIVITAS 13

Carilah minimal 10 kapasitor polar dengan nilai yang berbeda-beda. Buat laporan tertulis mengenai pengamaran kalian, dengan penulisan dari nilai yang terkecil sampai nilai terbesar!

c. Menguji Kapasitor dengan Alat Ukur

1) Menguji Kapasitor dengan Multimeter Analog

Berikut ini adalah cara menguji kapasitor elektrolit (ELCO) dengan multimeter analog.

a) Atur posisi skala selektor ke tanda atau simbol kapasitor (⊣‖⊢).

b) Hubungkan *probe* merah (positif) ke kaki kapasitor positif.

c) Hubungkan *probe* hitam (negatif) ke kaki kapasitor negatif.

d) Periksa jarum yang ada pada *display* multimeter analog,

e) Pada kapasitor yang baik, jarum bergerak naik dan kemudian kembali lagi. Apabila jarum bergerak tetapi tidak kembali lagi, atau jarum tidak bergerak sama sekali, artinya kapasitor rusak.



Gambar 3.50 Menguji Kapasitor dengan Multimeter Analog

2) Menguji Kapasitor dengan Multimeter Digital (yang Memiliki Fungsi Kapasitansi Meter)

Cara mengukur kapasitor dengan multimeter digital yang memiliki fungsi kapasitansi meter cukup mudah. Perhatikan cara berikut.

a) Atur posisi skala selektor ke tanda atau simbol kapasitor.
b) Hubungkan *probe* ke terminal kapasitor.
c) Baca nilai kapasitansi kapasitor tersebut.



Gambar 3.51 Menguji Kapasitor dengan Multimeter Digital

AKTIVITAS 14

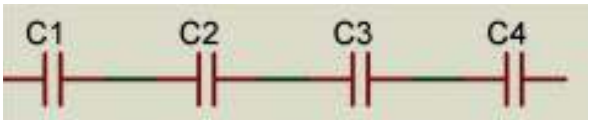
Buat kelompok dengan anggota tiga orang siswa. Carilah minimal 10 kapasitor polar dengan nilai yang berbeda-beda. Ukur nilai kapasitansi setiap kapasitor. Susun hasil pengamatan kalian dalam sebuah laporan tertulis, dengan penulisan dari nilai terkecil hingga nilai terbesar.

3. Rangkaian Seri dan Paralel untuk Kapasitor

Dalam rangkaian elektronika, kapasitor sering dimanfaatkan sebagai penyimpan energi listrik, filter, dan pemblokir arus DC. Kapasitor yang dirangkai seri akan memiliki perbedaan pada nilai kapasitas dan tegangan kerja dengan kapasitor yang dirangkai paralel.

a. Rangkaian Seri Kapasitor

Rangkaian seri kapasitor merupakan rangkaian yang terdiri dari dua atau lebih kapasitor yang dipasang secara sejajar atau seri atau berurutan. Salah satu kaki kapasitor pertama terhubung dengan salah satu kaki kapasitor kedua, salah satu kaki kapasitor kedua terhubung dengan salah satu kaki kapasitor ketiga, dan seterusnya. Perhatikan contoh rangkaian seri kapasitor berikut.



Gambar 3.52 Rangkaian Seri Kapasitor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Rumus rangkaian seri kapasitor adalah sebagai berikut.

$$C_{TOTAL} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} \ldots\ldots\ldots \frac{1}{CN}$$

Keterangan:

C_{TOTAL} : Total nilai kapasitansi kapasitor
C_1 : Kapasitor ke-1
C_2 : Kapasitor ke-2
C_N : Kapasitor ke-n

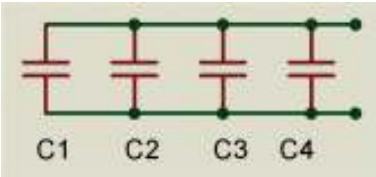
Agar kalian dapat lebih memahami tentang rangkaian seri kapasitor, perhatikan contoh soal berikut.

Seorang teknisi berencana membuat sebuat rangkaian elektronika dengan salah satu nilai kapasitansi kapasitor yang dibutuhkan adalah sebesar 500 pF. Namun, kapasitor dengan nilai kapasitansi 500 pF tidak ditemukan di pasaran, sehingga dia menggunakan dua buah kapasitor yang bernilai 1000 pF yang dirangkai menjadi sebuah rangkaian kapasitor seri untuk mendapatkan nilai yang dibutuhkan.

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$
$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{1000}$$
$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{2}{1000}$$
$$2C_{total} = 1000$$
$$C_{total} = \frac{1000}{2}$$
$$C_{total} = 500\text{pF}$$

b. Rangkaian Paralel Kapasitor

Rangkaian paralel kapasitor merupakan rangkaian yang terdiri dari dua atau lebih kapasitor yang disusun secara paralel atau berjajar. Kedua kaki masing-masing kapasitor terhubung dengan kedua kaki kapasitor yang lain.



Gambar 3.53 Rangkaian Paralel Kapasitor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Rumus rangkaian pararel kapasitor adalah sebagai berikut.

$$C_{TOTAL} = C1 + C2 + C3 + \ldots Cn$$

Keterangan:

C_{TOTAL} : Total nilai kapasitansi kapasitor
C1 : Kapasitor ke-1
C2 : Kapasitor ke-2
C3 : Kapasitor ke-2
Cn : Kapasitor ke-n

Agar kalian dapat lebih memahami tentang rangkaian paralel kapasitor, perhatikan contoh berikut.

Seorang teknisi berencana membuat sebuah perangkat elektronika. Nilai kapasitansi yang dibutuhkan adalah 2500 pF. Karena komponen dengan nilai tersebut tidak ditemukan di pasaran, teknisi tersebut menggunakan dua buah kapasitor dengan masing-masing nilai sebesar 1000 pF dan 1500 pF yang dirangkai secara paralel untuk mendapatkan nilai kapasitansi yang dibutuhkan.

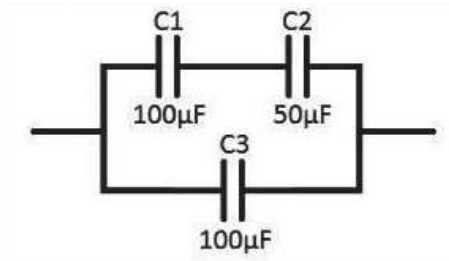
Penerapan rumus total kapasitor menggunakan rangkaian paralel adalah:

$C_{TOTAL} = C1 + C2$
$C_{TOTAL} = 1000\ pF + 1500\ pF$
$C_{TOTAL} = 2500\ pF$

c. Rangkaian Campuran Kapasitor

Rangkaian kapasitor campuran atau kombinasi merupakan gabungan atau kombinasi dari rangkaian kapasitor seri dan rangkaian kapasitor paralel.

Untuk menghitung nilai kapasitansi total (C_{TOTAL}) dari rangkaian campuran ini, hitung terlebih dahulu salah satu nilai kapasitas dari rangkaian kapasitor seri atau paralel tersebut.



Gambar 3.54 Rangkaian Campuran Kapasitor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Agar kalian dapat lebih memahami tentang rangkaian campuran kapasitor, perhatikan contoh berikut.

Terdapat tiga buah kapasitor yang dirangkai secara seri paralel (campuran). Nilai kapasitor serinya masing-masing adalah C1 = 100 pF dan C2 = 50 pF. Sedangkan nilai kapasitor paralelnya adalah C3 = 100 pF. Berapa Farad nilai kapasitansi total penggantinya?

Jawab:

Pertama-tama tentukan nilai kapasitansi serinya.

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{100} + \frac{1}{50}$$
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1+2}{100} = \frac{3}{100}$$
$$3C_s = 100$$
$$C_s = \frac{100}{3} = 33{,}3$$

Jadi CS (rangkaian seri) adalah 33,3 pF.

Kemudian, tentukan nilai kapasitansi totalnya.

$C_{TOTAL} = C_S + C_3$

$C_{TOTAL} = 33{,}3 + 100$

$C_{TOTAL} = 133{,}3$ pF

AKTIVITAS 15

Bentuk kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Buat simulasi peristiwa berikut dengan menerapkan ilmu rangkaian seri, paralel, dan campuran pada kapasitor.

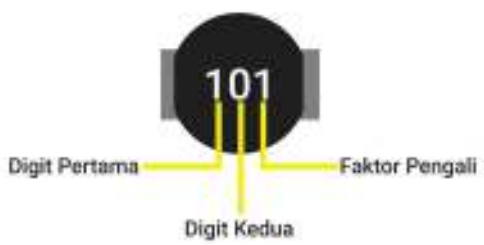
Dalam suatu pembuatan rangkaian elektronika, dibutuhkan komponen kapasitor yang masing-masing bernilai 1n, 10n, 47n, dan 100n. Buat simulasi kemungkinan apabila salah satu komponen kapasitor tidak ditemukan di pasaran. Bagaimana solusi untuk memenuhi kebutuhan komponen tersebut?

Diskusikan bersama kelompok kalian, buat laporan tertulis, lalu presentasikan!

4. Menentukan Nilai Induktor

a. Membaca Nilai Induktor dengan Kode Angka

Untuk menandakan nilai induktansi, produsen biasanya mencetak tiga digit kode khusus pada permukaan atas induktor SMD. Berikut ini cara membaca kode pada induktor SMD. Pada Gambar 3.55, kode 101 berarti 10 µH × 101 = 100 µH



Gambar 3.55 Pengodean Induktor SMD

AKTIVITAS 16

Carilah minimal lima induktor dengan nilai yang berbeda-beda. Baca nilai induktor sesuai cara baca resistor CMD. Buat laporan tertulis dengan penulisan dari nilai yang terkecil sampai nilai yang terbesar.

b. Menguji Induktor dengan Alat Ukur

LCR meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besaran induktansi, kapasitansi, dan resistansi. Untuk menggunakan LCR meter dalam mengukur induktansi, ikuti langkah-langkah berikut.

1) Nyalakan LCR meter, lalu atur sakelar selektor pada skala induktansi, seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.56 Sakelar selektor diatur pada skala induktansi.
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

2) Hubungkan *probe* merah dan hitam LCR meter ke kaki-kaki induktor. Boleh bolak-balik karena induktor tidak memiliki kutub positif dan negatif.



Gambar 3.57 Pengukuran LCR Meter
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

3) Perhatikan pembacaannya pada layar LCR meter. Hasil ukurnya adalah 14,55 mH.

AKTIVITAS 17

Carilah minimal lima buah induktor dengan nilai yang berbeda-beda. Baca nilai induktor sesuai cara membaca resistor CMD. Buat laporan tertulis dengan penulisan dari nilai yang terkecil sampai nilai terbesar.

c. Rangkaian Seri dan Paralel Induktor

Seperti resistor dan kapasitor, induktor juga bisa dirangkai dalam bentuk seri ataupun paralel untuk mendapatkan nilai induktansi yang sesuai dengan kebutuhan. Berikut ini adalah penjelasan selengkapnya mengenai rangkaian seri induktor dan rangkaian paralel induktor.

1) Rangkaian Seri Induktor



Gambar 3.58 Rangkaian Seri Induktor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Rangkaian seri induktor merupakan salah satu jenis rangkaian yang terdiri dari dua atau lebih induktor yang dihubungkan dengan posisi sejajar atau dalam bentuk seri. Nilai induktansi yang dihasilkan oleh jenis rangkaian yang satu ini dapat dihitung dengan cara menambahkan semua nilai induktansi dari setiap induktor.

Rumus rangkaian seri induktor adalah sebagai berikut.

$$L_{TOTAL} = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots + Ln$$

Keterangan:

L_{TOTAL} adalah total nilai induktor

L_1 adalah induktor ke-1

L_2 adalah induktor ke-2

L_3 adalah induktor ke-3

L_n adalah induktor ke-n

Agar kalian dapat lebih memahami tentang rangkaian seri induktor, perhatikan contoh berikut.

Pada rangkaian seri induktor, diketahui nilai induktor di bawah ini.



L_1 = 100 nH

L_2 = 470 nH

L_3 = 30 nH

Berapakah LTOTAL rangkaian seri tersebut?

Jawab:

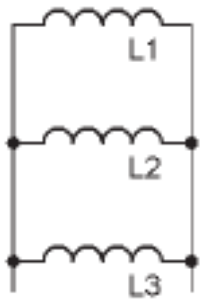
$L_{TOTAL} = L_1 + L2 + L3$

$L_{TOTAL} = 100 + 470 + 30$

$L_{TOTAL} = 600$

Jadi L_{TOTAL} rangkaian seri tersebut adalah 600 nH.

2) Rangkaian Paralel Induktor



Gambar 3.59 Rangkaian Pararel Induktor
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Rumus rangkaian paralel induktor adalah sebagai berikut.

$$\frac{1}{L_{TOTAL}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \cdots + \frac{1}{L_n}$$

Keterangan:

LTOTAL = Total nilai induktor

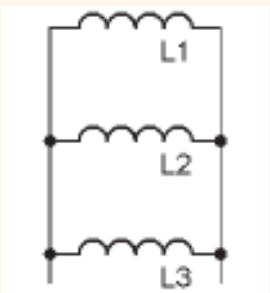
L1 = Induktor ke-1

L2 = Induktor ke-2

L3 = Induktor ke-3

Ln = Induktor ke-n

Perhatikan contoh kasus perhitungan rangkaian paralel induktor berikut.



Berdasarkan gambar rangkaian paralel induktor di atas, diketahui nilai berikut.

L1 = 100 nH

L2 = 300 nH

L3 = 30 nH

Berapakah L_{TOTAL}?

$$\frac{1}{L_{TOTAL}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$
$$\frac{1}{L_{TOTAL}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{300} + \frac{1}{30}$$
$$\frac{1}{L_{TOTAL}} = \frac{3}{300} + \frac{1}{300} + \frac{10}{300}$$
$$\frac{1}{L_{TOTAL}} = \frac{14}{300}$$
$$14L_{TOTAL} = 300$$
$$L_{TOTAL} = \frac{300}{14}$$
$$L_{TOTAL} = 21{,}428\ nH$$



AKTIVITAS 18

Bentuk kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Buat simulasi peristiwa berikut dengan menerapkan ilmu rangkaian seri, paralel, dan campuran pada induktor.

Dalam suatu pembuatan rangkaian elektronika, dibutuhkan komponen induktor yang masing-masing bernilai 100 nH, 300 nH, dan 30nH. Buat simulasi kemungkinan apabila salah satu komponen induktor tidak ditemukan di pasaran. Bagaimana solusi untuk memenuhi kebutuhan komponen tersebut?

Diskusikan bersama kelompok kalian, buat laporan tertulis, lalu presentasikan!

C. Identifikasi Komponen Elektronika Aktif

1. Identifikasi Diode dengan Multimeter

Tujuan pengukuran diode adalah untuk mengetahui apakah komponen tersebut masih baik atau sudah mengalami kerusakan. Ada dua cara pengukuran diode dengan multimeter. Cara pertama adalah pengukuran dalam keadaan diode tidak terhubung ke tegangan listrik. Cara yang kedua adalah pengukuran diode yang terhubung ke tegangan listrik (dalam rangkaian).

Perhatikan cara pengukuran diode dalam keadaan tidak terhubung ke rangkaian dan tegangan listrik berikut.

1. Pastikan test lead (*probe*) multimeter terpasang dengan baik dan benar.
2. Atur posisi *switch* multimeter pada posisi ohmmeter (pengali bisa diubah-ubah).
3. Hubungkan *probe* berwarna hitam ke kutub anode dan *probe* merah ke kutub katode (bisa diberi tanda dengan gelang warna putih).
4. Lihat posisi jarum meter, jika bergerak dengan menunjukkan nilai hambatan tertentu, berarti diode berfungsi dengan baik. Jika tidak bergerak, berarti diode rusak. Namun harus diingat, pada langkah ini kita belum bisa memutuskan secara mutlak apakah diode benar benar bagus atau tidak sebelum melakukan langkah berikut.
5. Lakukan kebalikan dari langkah nomor 3. Hubungkan *probe* hitam ke kutub katode dan *probe* merah ke kutub anode.
6. Lihat jarum meter, apakah bergerak atau tidak. Jika jarum meter bergerak, dipastikan diode sudah mengalami kerusakan (bocor). Jika tidak bergerak, berarti diode masih dalam keadaan bagus, dengan catatan pada langkah 4 jarum meter bergerak.



Gambar 3.60 Pengukuran yang menunjukkan diode dalam keadaan baik

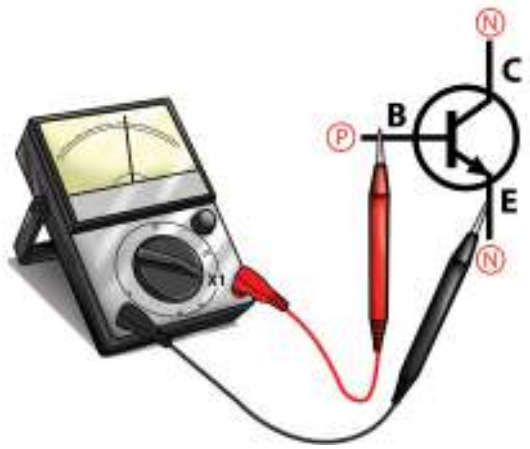
AKTIVITAS 19

Buat kelompok dengan anggota tiga orang siswa. Cari minimal dua buah diode dengan jenis yang berbeda. Lakukan pengujian dengan multimeter, untuk menentukan apakah komponen dalam keadaan baik atau rusak. Susun laporan tertulis berdasarkan hasil pengujian kelompok kalian.

2. Identifikasi Transistor BJT dengan Multimeter

Perhatikan langkah-langkah untuk menguji transistor NPN berikut.

a. Tenempelkan *probe* multimeter warna merah (positif) ke basis transistor. Kemudian tempelkan *probe* warna hitam (negatif) ke pin E. Posisi multimeter pada X1.



Gambar 3.61 Langkah Pertama Uji Transistor

b. Tempelkan *probe* merah pada pin B dan probe hitam pada pin E. Kemudian perhatikan kejadian berikut.

1) Jika jarum multimeter menyimpang menunjukkan nilai hambatan tertentu, artinya pin B dan E masih dalam keadaan baik.

2) Jika jarum multimeter menyimpang atau menunjuk angka 0 (tanpa hambatan), artinya pin B dan E mungkin sudah rusak.

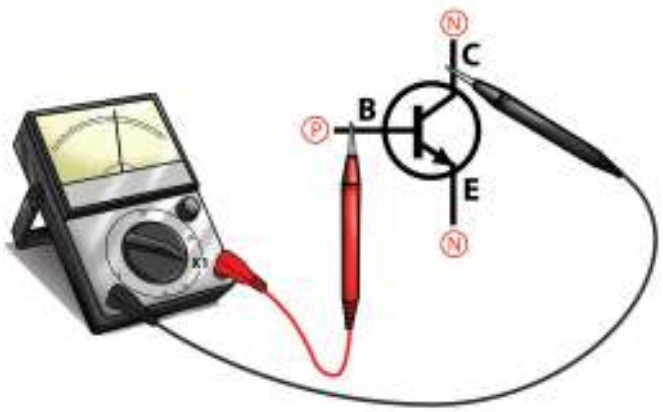
3) Jika jarum multimeter diam tidak bergerak (menunjukkan nilai hambatan tak terbatas), bisa kita simpulkan kalau pin B dan E sudah putus dan transistor rusak.

c. Sekarang, ubah posisi *probe* multimeter. *Probe* hitam ditempelkan ke pin B dan probe merah ke pin E. Lalu perhatikan kejadian berikut.

1) Jika jarum multimeter diam tidak menyimpang (menunjukkan nilai hambatan tak terbatas), bisa kita simpulkan kalau pin B dan E masih dalam keadaan baik.

2) Jika jarum multimeter menyimpang menunjukkan nilai hambatan tertentu, artinya pin B dan E sudah rusak.

d. Tempelkan *probe* merah ke posisi semula yaitu pada pin B, dan *probe* hitam pada pin C.



Gambar 3.62 Posisi Awal Uji Transistor

1) Jika jarum multimeter diam tidak menyimpang (menunjukkan nilai hambatan tak terbatas), bisa kita simpulkan kalau pin B dan C masih dalam kondisi baik.

2) Jika jarum multimeter menyimpang menunjukkan ada nilai hambatan tertentu, artinya transistor rusak.

e. Posisikan *probe* pada pin E dan C dibolak-balik, seperti gambar berikut.



(a) (b)

Gambar 3.63 Membolak-balik Posisi *Probe* pada Uji Transistor

1) Jika jarum multimeter diam tidak bergerak (menunjukkan nilai hambatan tak terbatas), transistor masih dalam kondisi baik baik.

2) Jika jarum menyimpang menunjukkan nilai hambatan tertentu atau menunjuk angka 0 (tanpa nilai hambatan), transisor sudah rusak.

f. Tukar posisi *probe* multimeter. Sekarang *probe* hitam pada pin E dan *probe* merah pada pin C.

1) Jika jarum multimeter diam tidak bergerak (menunjukkan nilai hambatan tak terbatas), transistor masih dalam keadaan baik.

2) Jika jarum menyimpang menunjukkan nilai hambatan tertentu ataupun diam menunjuk angka 0 (tanpa nilai hambatan), artinya transistor sudah rusak.

AKTIVITAS 20

Buat kelompok dengan anggota tiga orang siswa. Cari minimal dua buah transistor dengan jenis yang berbeda. Lakukan pengujian dengan multimeter untuk mengetahui apakah komponen tersebut masih dalam keadaan baik atau sudah rusak. Buat laporan tertulis atas hasil pengamatan kalian.

3. Identifikasi FET dengan Multimeter

Perhatikan langkah-langkah pengujian MOSFET (*metal-oxide-semiconductor field-effect transistor*) berikut.

a. Atur multimeter analog pada posisi pengkukuran ohmmeter X10Ω.

b. Tempatkan *probe* uji warna hitam pada pin Drain, dan *probe* merah pada pin Gate. Ini akan melepaskan kapasitansi dalam MOSFET.



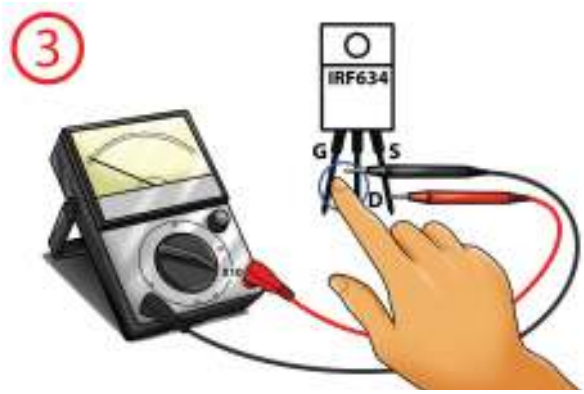
Gambar 3.64 Langkah untuk Melepas Kapasitansi dalam MOSFET

c. Selanjutnya, tempelkan *probe* uji warna merah ke pin Source, sementara *probe* hitam menempel pada pin Drain.



Gambar 3.65 Posisi *Probe* Merah dan Hitam pada Uji Transistor

d. Gunakan ujung jari kalian untuk menyentuh pin Gate dan pin Drain secara bersama-sama. Jarum multimeter analog harus bergerak menuju ke sekitar posisi tengah pada indikator meter.



Gambar 3.66 Ujung jari menyentuh pin Gate dan Drain secara bersamaan

e. Lepaskan *probe* uji warna merah dari pin Source sebentar, lalu tempelkan kembali ke pin Source. Jarum multimeter analog harus bergerak menyimpang ke posisi tengah indikator meter.



Gambar 3.67 Posisi Jarum Setelah Jari Dilepas

f. Untuk mengosongkan MOSFET kembali, lepaskan *probe* warna merah dari pin Source kemudian tempelkan ke pin Gate. Ini akan melepaskan kapasitansi dalam MOSFET lagi.

g. Jika *probe* merah kembali ditempelkan pada pin Source dan *probe* hitam pada pin Drain, jarum indikator meter tidak boleh bergerak karena kalian sudah membuangnya dengan menyentuhkan *probe* warna merah ke pin Gate.

h. Jika pergerakan jarum indikator multitester sesuai deperti pengetesan MOSFET di atas, artinya MOSFET masih dalam kondisi baik. Jika jarum indikator multitester bergerak semua ke angka 0 dan tidak kembali, bisa dipastikan MOSFET sudah rusak.

AKTIVITAS 21

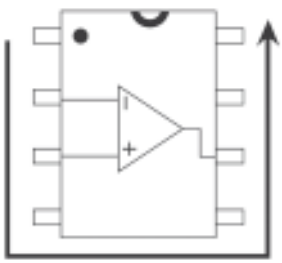
Bentuk kelompok dengan jumlah anggota tiga orang siswa. Lakukan pengujian minimal dua buah MOSFET dengan jenis yang berbeda-beda. Amati apakah MOSFET dalam keadaan baik atau rusak. Buat laporan hasil pengamatan kalian.

4. Identifikasi Nomor Kaki pada IC

Untuk mengetahui urutan kaki/pin IC, perhatikan tanda pada bodi fisik komponen IC, dengan penjelasan sebagai berikut.

a. Perhatikan bukaan di ujung bodi IC. Hal ini untuk mempermudah kalian dalam menentukan kepala IC. Kepala IC berfungsi pada penentuan urutan kaki pertama sampai kaki terakhir IC.

b. Bukaan/titik putih merupakan tanda dimulainya kaki pertama dari sebuah IC.



Gambar 3.68 Simbol IC

c. Perhitungan kaki IC dimulai dari kaki pertama IC atau pin 1 IC dengan ditandai bukaan, titik putih, ataupun taji sesuai jenis/model IC, dihitung dari pin 1, 2, 3, 4, dan seterusnya, ke kiri atau berlawanan arah jarum jam.

AKTIVITAS 22

Cari minimal dua buah IC dengan jenis yang berbeda. Lakukan pengamatan untuk menentukan kaki-kaki IC. Buat laporan tertulis hasil pengamatan kalian.

D. Penerapan Komponen Pasif dan Aktif dalam Rangkaian Elektronika DC Sederhana

1. Rangkaian Penerapan Diode

a. Diode sebagai Penyerah Gelombang

Rectifier (penyearah gelombang) adalah bagian dari rangkaian catu daya atau *power supply* yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*alternating current*) menjadi sinyal DC (*direct current*). Penyearah gelombang menggunakan komponen diode sebagai pengubah tegangan AC ke tegangan DC.

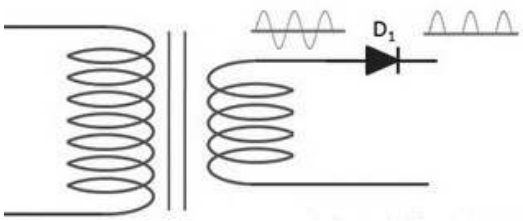


Gambar 3.69 Konsep Dasar Penyearah Gelombang (Rectifier)

Ada dua jenis penyearah gelombang, yaitu *half-wave rectifier* (penyearah setengah gelombang) dan *full wave rectifier* (penyearah gelombang penuh).

1) Penyearah Setengah Gelombang

Half-wave rectifier atau penyearah setengah gelombang merupakan penyearah yang paling sederhana karena hanya menggunakan satu buah diode untuk menghambat sisi sinyal negatif gelombang AC dari *power supply* dan melewatkan sisi sinyal positifnya.



Gambar 3.70 Penyearah Setengah Gelombang
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Pada prinsipnya, arus AC terdiri dari dua sisi gelombang, yakni sisi positif dan sisi negatif yang bolak-balik. Sisi positif gelombang dari arus AC yang masuk ke diode akan menyebabkan diode menjadi bias maju (*forward bias*) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi negatif gelombang

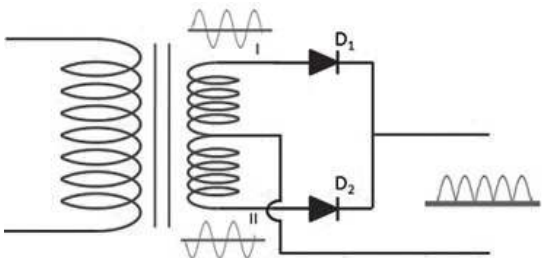
arus AC yang masuk akan menjadikan diode dalam posisi bias terbalik (*reverse bias*) sehingga menghambat sinyal negatif tersebut.

2) Penyearah Gelombang Penuh

Terdapat dua cara untuk membentuk *full wave rectifier* atau penyearah gelombang penuh. Kedua cara tersebut tetap menggunakan diode sebagai penyearahnya, tetapi dengan jumlah diode yang berbeda, yaitu dengan menggunakan dua diode dan empat diode. Penyearah gelombang penuh dengan dua diode harus menggunakan transformer CT, sedangkan penyearah empat diode tidak perlu menggunakan transformer CT. Penyearah empat diode sering disebut sebagai *full wave bridge rectifier*.

a) Penyearah Gelombang Penuh Dua Diode

Penyearah gelombang penuh dua diode memerlukan transformer khusus yang dinamakan transformer CT (*center tapped*). Transformer CT memberikan *output* (keluaran) tegangan yang berbeda fasa 180° melalui kedua terminal *output* sekundernya. Perbedaan fase 180° tersebut dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.71 Penyearah Gelombang Penuh Dua Diode
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

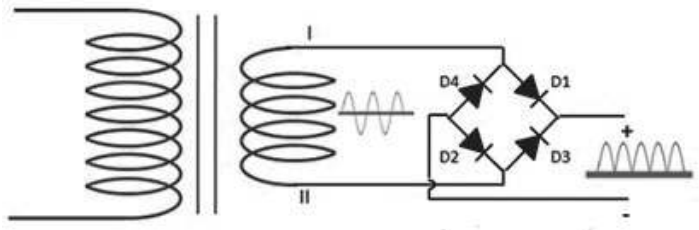
Ketika *output* transformer CT pada terminal pertama memberikan sinyal positif pada D1, terminal kedua pada transformer CT akan memberikan sinyal negatif (-) yang berbeda fasa 180° dengan terminal pertama. D1 yang mendapatkan sinyal positif (+) akan berada dalam kondisi *forward bias* (bias maju) dan melewatkan sisi sinyal positif (+) tersebut. Sedangkan D2 yang mendapatkan sinyal negatif (-) akan berada

dalam kondisi *reverse bias* (bias terbalik), sehingga menghambat sisi sinyal negatifnya.

Sebaliknya, pada saat gelombang AC pada perminal pertama berubah menjadi sinyal negatif, D1 akan berada dalam kondisi *reverse bias* dan menghambatnya. Terminal kedua yang berbeda fasa 180° akan berubah menjadi sinyal positif sehingga D2 berubah menjadi kondisi *forward bias* yang melewatkan sisi sinyal positif tersebut.

b) Penyearah Gelombang Penuh Empat Diode (*Bridge Rectifier*)

Penyearah gelombang penuh dengan menggunakan empat diode adalah jenis *rectifier* yang paling sering digunakan dalam rangkaian *power supply*, karena memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan jenis penyearah lainnya. Penyearah gelombang penuh empat diode juga sering disebut *bridge rectifier* atau penyearah jembatan.

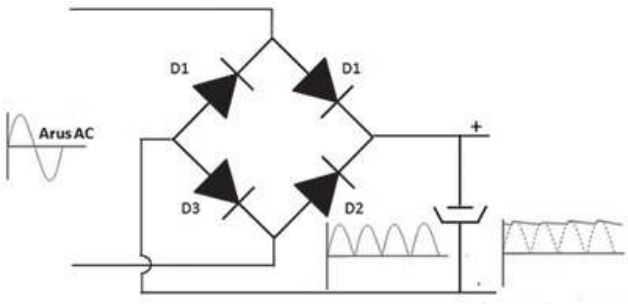


Gambar 3.72 Penyearah Gelombang Penuh Empat Diode
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Pada Gambar 3.72, jika transformer mengeluarkan *output* sisi sinyal positif (+), D1 dan D2 akan berada dalam kondisi *forward bias* sehingga melewatkan sinyal positif tersebut, sedangkan D3 dan D4 akan menghambat sinyal sisi negatifnya. Kemudian pada saat *output transformer* berubah menjadi sisi sinyal negatif (-), D3 dan D4 akan berada dalam kondisi *forward bias* sehingga melewatkan sinyal sisi positif (+) tersebut, sementara D1 dan D2 akan menghambat sinyal negatifnya.

c) Penyearah Gelombang yang Dilengkapi dengan Kapasitor

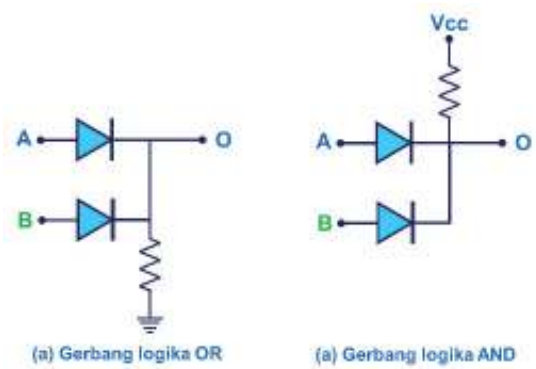
Tegangan yang dihasilkan oleh *rectifier* belum benar-benar rata seperti tegangan DC pada umumnya. Karena itu, diperlukan kapasitor yang berfungsi sebagai filter untuk menekan *ripple* yang terjadi pada proses penyearahan gelombang AC. Kapasitor yang umum dipakai adalah kapasitor jenis ELCO (*electrolyte capacitor*).



Gambar 3.73 Penyearah Gelombang Penuh Empat Diode dengan Filter
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

b. Diode sebagai Sakelar

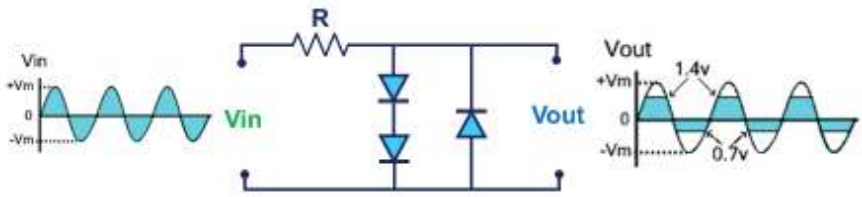
Pada dasarnya, diode adalah sakelar "on" ketika dalam kondisi bias maju (*forward*) dan "off" dalam kondisi bias mundur. Karena itu, diode melewatkan arus hanya dalam satu arah dan memblokirnya pada arah lainnya. Dengan sifat seperti sakelar ini, diode dapat digunakan seperti gerbang logika, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.74.



Gambar 3.74 Rangkaian Diode sebagai Sakelar
Sumber: Kemendikbudristek/Tresna Yogaswara (2022)

c. Diode sebagai Pemotong Gelombang (*Clipper*)

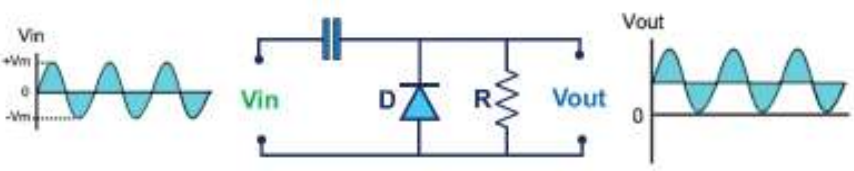
Clipper adalah rangkaian yang digunakan untuk membentuk sinyal AC atau bentuk gelombang. *Clipper* digunakan untuk memotong bagian dari positif atau negatif gelombang, atau kedua bagian gelombang sisi atas atau sisi bawah tingkat ambang batas. Nilai puncak ke puncak dari bentuk gelombang *output* berubah.



Gambar 3.75 Rangkaian Pemotong (*Clipper*)
Sumber: Kemendikbudristek/Tresna Yogaswara (2022)

d. Diode sebagai *Clamper*

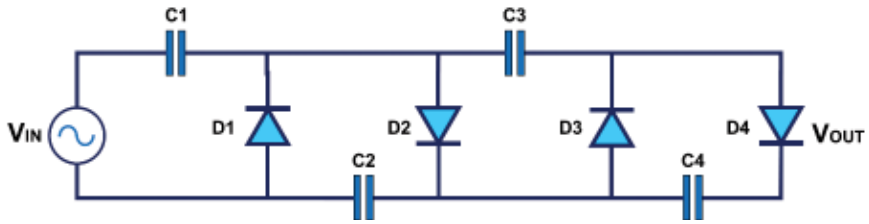
Rangkaian *clamper* adalah rangkaian yang menambahkan komponen DC positif atau negatif pada sinyal. Setelah komponen DC ditambahkan, bentuk gelombang sinyal keluaran tidak terdistorsi dan nilai puncak ke puncak tetap sama. Akan tetapi, bentuk gelombang akan bergeser ke atas atau ke bawah garis referensi.



Gambar 3.76 Rangkaian *Clamper*
Sumber: Kemendikbudristek/Tresna Yogaswara (2022)

e. Diode sebagai Pengganda Tegangan (*Doubler*)

Rangkaian pengganda tegangan berfungsi untuk meningkatkan tegangan dengan faktor yang ditentukan oleh rangkaian. Rangkaian pengganda tegangan terbuat dari diode dengan kapasitor. Faktor pengali tegangan dari rangkaian bergantung pada jumlah seksi/tahap. Satu seksi/tahap terdiri dari komponen diode dan kapasitor.



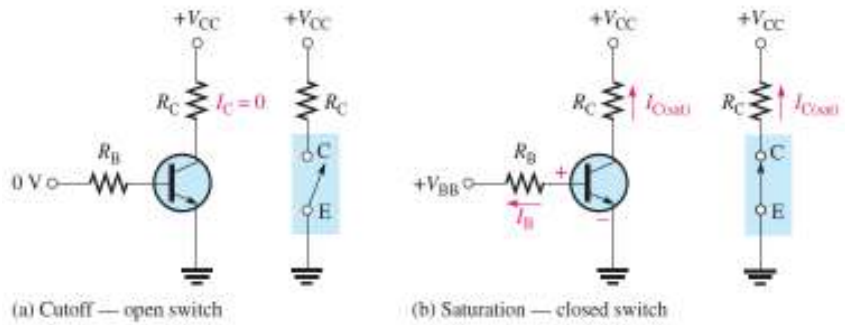
Gambar 3.77 Rangkaian Pengganda Tegangan (*Doubler*)
Sumber: Kemendikbudristek/Tresna Yogaswara (2022)

2. Rangkaian Penerapan Transistor BJT

Transistor merupakan komponen aktif utama yang luas penggunaannya dalam bidang elektronika. Berikut adalah beberapa contoh penerapan transistor dalam rangkaian elektronika.

a. Transistor sebagai Sakelar

Transistor dapat beroperasi sebagai perangkat *switching*. Pada Gambar 3.78 (a), transistor bekerja pada daerah *cutoff* karena sambungan basis-emitor tidak dibias maju. Pada kondisi ini, kolektor dan emitor dalam kondisi terbuka (*open*). Hal ini dianalogikan sebagai sakelar terbuka. Pada Gambar 3.78 (b), transistor bekerja pada daerah saturasi karena basis-emitor dan basis-kolektor diberikan bias maju. Selain itu, nilai arus basis dibuat cukup besar yang menyebabkan arus kolektor mencapai nilai jenuhnya. Kondisi hubungan tertutup antara kolektor dan emitor dianalogikan sebagai kondisi sakelar tertutup.



Gambar 3.78 Transistor sebagai Sakelar
Sumber: Kemendikbudristek/Tresna Yogaswara (2022)

Transistor berada dalam kondisi *cutoff* ketika basis-emitor tidak bias maju. Dengan mengabaikan arus bocor, semua nilai arus mendekati nol dan tegangan VCE kira-kira sama dengan tegangan VCC.

$$V_{CE(CUTOFF)} \cong V_{CC}$$

Transistor berada dalam kondisi saturasi ketika persimpangan basis-emitor dibias maju dan terdapat cukup arus basis untuk menghasilkan arus kolektor maksimum, sehingga transistor jenuh. Karena VCE(sat) sangat kecil dibandingkan dengan VCC, biasanya dapat diabaikan, sehingga arus kolektor dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\boldsymbol{I_{c(sat)} = \frac{V_{cc}}{R_c}}$$

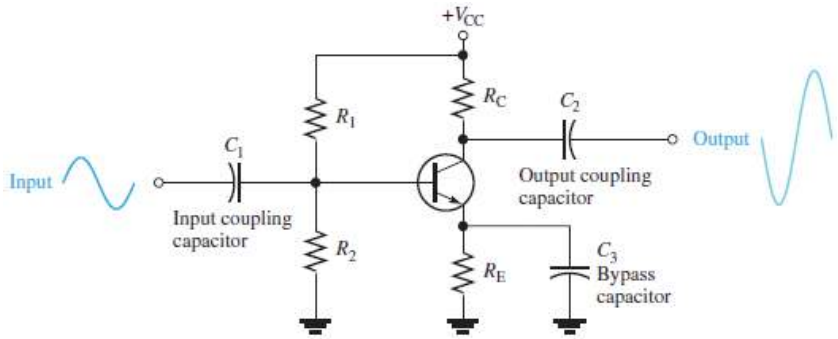
Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai minimum arus basis yang diperlukan untuk menghasilkan saturasi.

$$\boldsymbol{I_{B(min)} = \frac{I_{c(sat)}}{\beta_{DC}}}$$

b. Transistor sebagai Penguat

Bias DC memungkinkan transistor beroperasi sebagai penguat. Pada penguat kelas A, transistor dapat melakukan penguatan untuk satu siklus penuh sinyal input (360°). Dengan demikian, transistor dapat digunakan untuk menghasilkan sinyal AC yang lebih besar dengan input sinyal AC yang lebih kecil.

Gambar 3.79 menunjukkan konfigurasi dasar penguat *common-emitter* (CE). Rangkaian tersebut merupakan pembagi bias (*bias divider*). C1 dan C2 adalah kopling kapasitor yang digunakan untuk melewatkan sinyal masuk dan keluar dari *amplifier*, sehingga sumber ataupun beban tidak akan memengaruhi tegangan bias DC. C3 adalah kapasitor *bypass* yang memperpendek sinyal tegangan emitor (AC) ke ground tanpa mengalami gangguan tegangan emitor DC. Karena kapasitor *bypass*, emitor terhubung pada *ground* sinyal (AC), yang membuat rangkaian penguat *common-emitter*. Kapasitor *bypass* meningkatkan penguatan tegangan sinyal. Sinyal input dimasukkan ke basis, dan sinyal output diambil dari kolektor. Semua kapasitor diasumsikan memiliki reaktansi mendekati nol terhadap frekuensi sinyal.



Gambar 3.79 Penguat Kelas A dengan Konfigurasi *Common-Emitter*
Sumber: Kemendikbudristek/Tresna Yogaswara (2022)

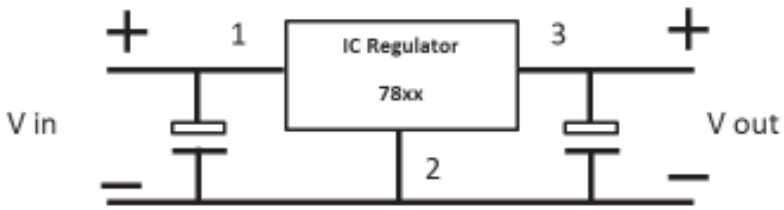
3. IC Regulator

Terdapat berbagai jenis *voltage regulator* atau pengatur tegangan, salah satunya adalah *voltage regulator* dengan menggunakan IC *voltage regulator*. Salah satu tipe IC *voltage regulator* yang paling sering ditemukan adalah tipe 7805, yaitu IC *voltage regulator* yang mengatur tegangan *output* stabil pada tegangan 5 Volt DC.

Jenis IC *voltage regulator* yang paling sering ditemukan di pasaran adalah tipe 78XX. Tanda XX di belakangnya adalah kode angka yang menunjukan tegangan output DC pada IC *voltage regulator* tersebut, misalnya 7805, 7809, dan 7812. IC 78XX merupakan IC jenis *positive voltage regulator*.

IC yang berjenis *negative voltage regulator* memiliki desain, konstruksi, dan cara kerja yang sama dengan jenis *positive voltage regulator*. Yang membedakannya hanya polaritas pada tegangan *output*-nya. Contoh IC jenis *negative voltage regulator* adalah 7905, 7912, atau IC *voltage regulator* dengan kode 79XX. IC *fixed voltage regulator* juga dikategorikan sebagai IC linear *voltage regulator*.

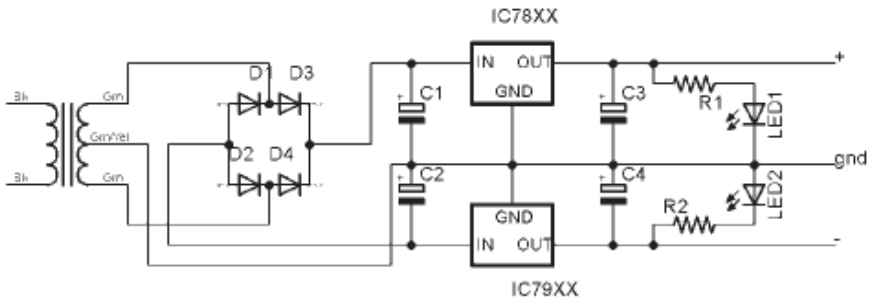
Berikut adalah rangkaian dasar untuk IC LM78XX beserta bentuk komponennya (*fixed voltage regulator*).



Gambar 3.80 Penerapan IC Regulator
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

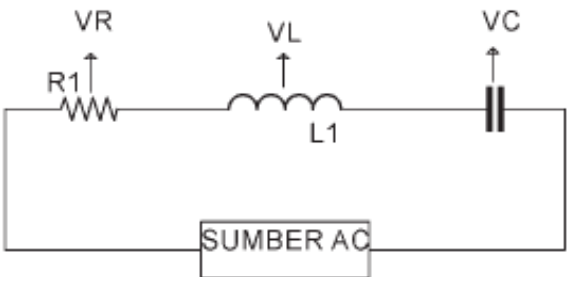
AKTIVITAS 23

Buat *power supply* dengan IC regulator berikut. Jadikan sebuah PCB dengan bantuan alat elektronik seperti komputer.



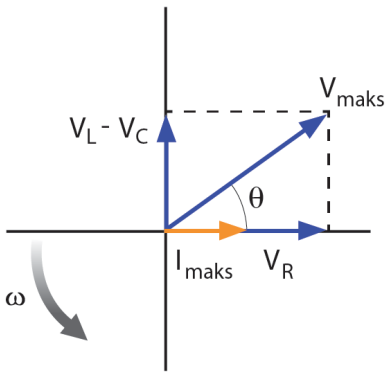
E. Penerapan Komponen Pasif dan Aktif dalam Rangkaian Elektronika AC Sederhana

Rangkaian seri RLC pada arus bolak-balik terdiri dari resistor (R), induktor (L), dan kapasitor (C) yang dihubungkan dengan sumber tegangan AC dan disusun secara seri. Hambatan yang dihasilkan oleh resistor disebut resistansi, hambatan yang dihasilkan oleh induktor disebut reaktansi induktif (XL), dan hambatan yang dihasilkan oleh kapasitor disebut reaktansi kapasitif (XC). Ketika digabungkan, ketiga besar hambatan tersebut disebut impedansi (Z) atau hambatan total.



Gambar 3.81 Rangkaian Seri RLC
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Pada ketiga hambatan tersebut (R, XL, dan XC) mengalir arus (I) yang sama sehingga diagram fasor arus diletakkan pada t = 0. Tegangan pada resistor (V_R) berada pada fasa yang sama dengan arus. Tegangan (V_L) pada reaktansi induktif (X_L) mendahului arus sejauh 90º. Sementara itu, tegangan (VC) pada reaktansi kapasitif (X_C) tertinggal oleh arus sejauh 90º.



Gambar: 3.82 Diagram Fasor untuk I, VR, VL, dan VC

Diagram fasor dapat digunakan untuk mencari besar tegangan jepit seperti di bawah ini.

$$V_R = I_{max}\, R \sin \omega t = V_{max} \sin \omega t$$

$$V_L = I_{max}\, X_L \sin (\omega t + 90) = V_{max} \sin (\omega t + 90)$$

$$V_C = I_{max}\, X_C \sin (\omega t - 90) = V_{max} \sin (\omega t - 90)$$

Besarnya tegangan jepit dapat dihitung dengan menjumlahkan VR, VL, dan VC, sehingga menjadi:

$$V = \sqrt{V_{R^2} + (V_L - V_C)^2}$$

Keterangan:

V= Tegangan total (volt)

V_R = Tegangan pada resistor (Volt)

V_L= Tegangan pada induktor (Volt)

V_C= Tegangan pada kapasitor (Volt)

Besar arus adalah sama, sehingga besar tegangan pada masing-masing komponen R, L, dan C adalah:

$V_R = I \cdot R$	$V_L = I \cdot X_L$	$V_C = I \cdot X_C$

Subsitusikan ke dalam rumus tegangan jepit, sehingga hasil akhir diperoleh hambatan total atau impedansi sebagai berikut:

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

Keterangan:

Z= Impedansi rangkaian seri RLC (Ω)

R = Hambatan (Ω)

X_L= Tegangan pada induktor (Ω)

X_C= Tegangan pada kapasitor (Ω)

Rangkaian seri RLC memiliki beberapa kemungkinan:

1. Nilai XL < XC

   Rangkaian bersifat kapasitor, tegangan tertinggal terhadap arus dengan beda sudut fase θ sebesar: tan $Q = \frac{X_L - X_C}{R}$

2. Nilai XL > XC

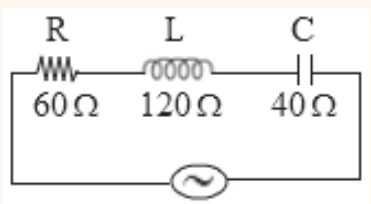
   Rangkaian bersifat induktor, tegangan mendahului arus dengan beda sudut fase θ sebesar: tan $Q = \frac{X_L - X_C}{R}$

3. Nilai XL = XC

   Besar impedansi rangkaian sama dengan nilai hambatannya (Z= R). Pada rangkaian akan terjadi resonansi deret/seri, dengan frekuensi resonansi sebesar: $f = \frac{1}{2\pi} = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

Untuk lebih memahaminya, perhatikan contoh soal berikut.

Tentukanlah besar tegangan maksimum yang dibutuhkan agar dihasilkan kuat arus maksimum sebesar 4 A!



Diketahui:

R = 60 Ω

XL = 120 Ω

XC = 40 Ω

I_{max} = 4 A

Ditanya: V_{max}

Jawab:

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

$Z = \sqrt{60^2 + (120 - 40)^2}$

$Z = \sqrt{3600 + 6400}$

$Z = \sqrt{10000}$

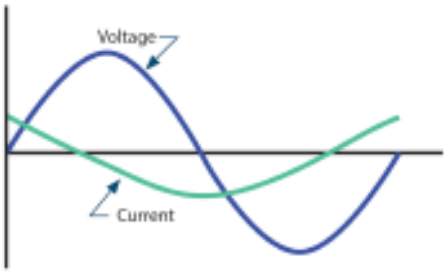
$Z = 100\Omega$

$V_{max} = I_{max} . Z = 4 . 100 = 400$ Volt

Jadi, besar tegangan maksimum yang dibutuhkan adalah 400 Volt.

1. Rangkaian Kapasitif AC

Arus dan tegangan yang diberikan pada rangkaian kapasitif AC berbeda dibandingkan rangkaian resistif murni. Dalam rangkaian resistif murni, arus yang mengalir dan tegangan berada dalam satu fasa. Akan tetapi, dalam rangkaian kapasitif AC, arus yang mengalir dan tegangan berbeda fase antara satu dengan lainnya. Ketika tegangan mulai meningkat, arus akan maksimum karena muatan kapasitor habis. Setelah kapasitor terisi sampai puncak tegangan AC, arus pengisian akan turun menjadi 0 V. Saat tegangan mulai turun, kapasitor mulai menggunakan muatan. Arus mulai meningkat ke arah negatif. Ketika arus maksimum, tegangan pada kondisi 0. Dalam rangkaian kapasitif, arus mendahului tegangan yang diberikan. Perbedaan fase akan berlanjut pada setiap siklus. Dalam rangkaian kapasitif murni, arus mendahului tegangan dengan sudut 90°.



Gambar 3.83 Dalam rangkaian kapasitif fase, arus mendahului tegangan.

Dalam rangkaian kapasitif AC, tegangan yang diberikan pada rangkaian akan terus berubah. Hal ini menyebabkan kapasitor dalam kondisi pengisian dan pengosongan. Setelah kapasitor terisi, tegangan yang tersimpan pada pelat kapasitor akan memberikan perlawanan terhadap tegangan yang diberikan. Perlawanan kapasitor terhadap tegangan AC yang diberikan disebut reaktansi kapasitif (X_C). Reaktansi kapasitif diukur dalam satuan Ohm. Reaktansi kapasitif adalah sebuah fungsi dari frekuensi tegangan AC dan kapasitansi. Ketika frekuensi semakin meningkat, reaktansi akan turun, sehingga aliran arus akan semakin besar. Sebaliknya, jika frekuensi menurun, perlawanan akan besar sehingga nilai arus akan kecil. Reaktansi kapasitif dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$X_C = \frac{1}{2\pi F.C}$$

Keterangan:

π = konstanta pi =3.14

F = frekuensi dalam Hertz

C = kapasitansi dalam Farad

Agar kalian dapat lebih memahami materi ini, perhatikan contoh soal berikut.

Hitung reaktansi kapasitif jika frekuensi yang masuk 60 Hz dan nilai kapasitor 1 µF!

Diketahui:

F = 60 Hz

C = 1 µF = 1 x 10^{-6} Farad

Jawab:

$$X_C = \frac{1}{2\pi F.C}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3{,}14 \times 60 \times 0{,}000001}$$

$$X_C = 2653{,}93\Omega$$

Reaktansi kapasitif adalah perlawanan terhadap perubahan tegangan AC yang diberikan oleh kapasitor. Dalam rangkaian AC, kapasitor merupakan cara yang efektif untuk mengendalikan arus. Sesuai dengan Hukum Ohm, arus berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan dan berbanding terbalik dengan reaktansi kapasitif. Hal itu dapat dinyatakan dengan rumus berikut.

$$I = \frac{V}{X_C}$$

Agar kalian dapat lebih memahaminya, perhatikan contoh soal berikut.

Sebuah kapasitor memiliki nilai kapasitansi 100 µF dan diberi tegangan 12 Volt dengan frekuensi 60 Hz. Hitung nilai arus yang mengalir!

Diketahui:

V = 12 Volt

F = 60 Hx

C = 100 µF = 0,0001 F

Ditanya: I

Jawab:

$$X_C = \frac{1}{2\pi F.C}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3{,}14 \times 60 \times 0{,}0001}$$

$$X_C = 26{,}54\Omega$$

Selanjutnya, cari nilai arus (I):

$$I = \frac{V}{X_C}$$

$$I = \frac{12V}{26{,}54\Omega}$$

I = 0,452 A atau 452 mA.

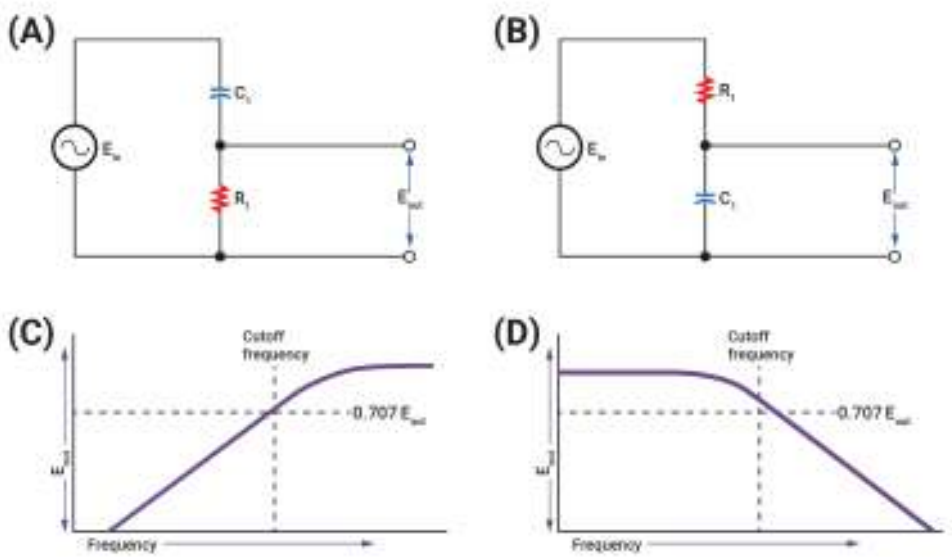
Jadi, nilai arus adalah 0,452 Ampere atau 452 miliampere.

Berikut adalah beberapa penerapan kapasitor dalam rangkaian AC.

a. Filter

Filter frekuensi adalah jenis rangkaian khusus yang digunakan untuk menyaring atau memisahkan beberapa sinyal input berdasarkan frekuensinya. Rangkaian filter melewatkan beberapa sinyal frekuensi tanpa meredamnya (pengurangan amplitudo) atau dengan beberapa penguatan, dan melemahkan frekuensi lain (tergantung jenis filter).

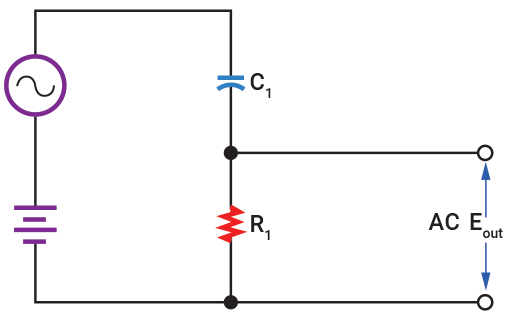
Jenis filter yang umum digunakan dalam rangkaian elektronika yaitu filter lolos atas (*high pass filter*) dan filter lolos bawah (*low pass filter*). Filter lolos atas adalah jenis filter yang melewatkan sinyal frekuensi tinggi tanpa redaman amplitudo dan memblokir (menolak) sinyal frekuensi rendah. Sementara itu, filter lolos bawah merupakan jenis filter yang melewatkan sinyal frekuensi rendah tanpa redaman amplitudo dan menolak sinyal frekuensi tinggi.



Gambar 3.84 (A) Rangkaian Filter Lolos Atas, (B) Rangkaian Filter Lolos Bawah, (C) Kurva Respons Filter Lolos Atas, dan (D) Kurva Respons Filter Lolos Bawah

b. Jaringan Kopling (*Coupling Network*)

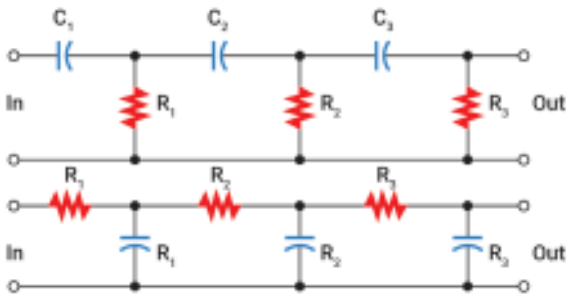
Kapasitor memblokir arus DC dan melewatkan arus AC. Jadi kapasitor digunakan untuk memisahkan sinyal AC dan DC. Nilai frekuensi responsnya dihitung sedemikian rupa sehingga reaktansinya disesuaikan dengan frekuensi yang akan dilewatkan. Kapasitor kopling juga sering digunakan dalam filter (rangkaian penghilang riak (*ripple*) seperti filter RC) untuk memisahkan sinyal AC dan DC dan menghilangkan riak (*ripple*) dari tegangan suplai DC yang masih ada tegangan riaknya menjadi tegangan DC murni setelah penyearahan.



Gambar 3.85 Rangkaian Kopling RC

c. Penggeser Fasa

Rangkaian penggeser fasa adalah rangkaian yang digunakan untuk mengoreksi pergeseran fasa yang tidak diinginkan, yang muncul pada rangkaian atau menyelaraskan antara fasa *output* dengan fasa *input* tegangan AC. Sebuah rangkaian RC mampu untuk memenuhi tujuan ini karena kapasitor menyebabkan arus pada rangkaian mendahului tegangan. Penggeseran fasa sinyal dilakukan biasanya untuk mendapatkan penguatan sinyal yang lebih baik atau untuk menyelaraskan sinyal dengan masukan blok penguat tertentu.



Gambar 3.86 Rangkaian Penggeser Fasa Bertingkat

2. Rangkaian Induktif AC

Reaktansi induktif adalah perlawanan oleh induktor terhadap arus yang mengalir karena diberikan tegangan AC. Reaktansi induktif diukur dalam satuan Ohm. Nilai reaktansi induktif bergantung pada nilai induktansi dan frekuensi tegangan yang diberikan. Semakin besar induktansi, maka semakin besar magnet medan yang dihasilkan dan semakin besar perlawanan terhadap aliran arus. Selain itu, semakin tinggi frekuensinya, maka semakin besar perlawanan induktor terhadap arus yang mengalir. Reaktansi induktif dinyatakan dengan simbol XL dan dihitung dengan rumus berikut:

$$X_L = 2\pi FL$$

Keterangan:

π = konstanta pi = 3,14

F = frekuensi dalam Hertz

L = induktansi dalam Henry

Agar kalian dapat lebih memahami materi ini, perhatikan contoh berikut.

Hitung reaktansi induktif jika frekuensi yang masuk 60 Hz dan nilai induktor 0,15 H!

Diketahui:

F = 60 Hz

L = 0,15 H

Ditanya: XL

Jawab:

XL = 2πFL

XL = 2 × 3,14 × 60 × 0,15

XL = 56,52 Ω

Hukum Ohm berlaku juga untuk reaktansi induktif pada rangkaian AC sebagai komponen yang memberi perlawanan terhadap arus. Reaktansi induktif dalam rangkaian AC berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan dan berbanding terbalik dengan arus. Hubungan antara Hukum Ohm dan reaktansi induktif dinyatakan dengan rumus berikut.

$$I = \frac{V}{X_L}$$

Nilai arus akan meningkat seiring dengan peningkatan tegangan atau penurunan reaktansi induktif. Dengan mengurangi tegangan atau meningkatkan nilai reaktansi induktif, arus akan mengalami penurunan.

Perhatikan contoh berikut.

Sebuah induktor yang memiliki nilai induktansi 250 mH diberi tegangan 12 Volt dengan frekuensi 60 Hz. Hitung nilai arus yang mengalir!

Diketahui:

V = 12 Volt

F = 60 Hz

C = 250 mH = 0,25 H

Ditanya: I

Jawab:

Pertama-tama, cari nilai reaktansi induktif.

XL = 2πFL

XL = 2 × 3,14 × 60 × 0,25

XL = 94,2 Ω

Kemudian, cari nilai arus.

$$I = \frac{V}{X_L}$$

$$I = \frac{12}{94{,}2} = 0{,}127\ A\ atau\ 127\ mA$$

Jadi, nilai arusnya adalah 0,127 Ampere atau 127 miliampere.

Ketika induktor dihubungkan secara seri, reaktansi induktif sama dengan jumlah nilai reaktansi induktif individu.

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} + \ldots + X_{Ln}$$

Ketika induktor dihubungkan secara paralel, reaktansi induktif sama dengan jumlah kebalikan dari nilai reaktansi induktif individu.

$$\frac{1}{X_{LT}} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}} + \cdots + \cdots \frac{1}{X_{Ln}}$$

Berikut adalah beberapa penerapan induktor dalam rangkaian AC.

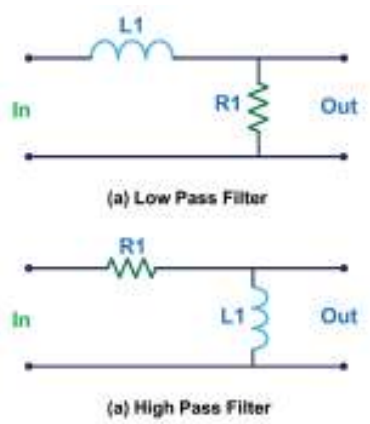
a. Filter

Rangkaian induktif banyak digunakan dalam rangkaian elektronika. Induktor bersaing dengan kapasitor untuk menyaring dan aplikasi pergeseran fasa. Karena induktor lebih besar dan lebih mahal dibandingkan kapasitor, penggunaan

induktor lebih sedikit dibandingkan kapasitor. Akan tetapi, induktor memiliki keuntungan memberikan efek reaktif sementara masih menyelesaikan jalur sirkuit DC. Kapasitor dapat memberikan efek reaktif tetapi memblokir elemen DC. Kadang-kadang induktor dan kapasitor dikombinasikan untuk meningkatkan kinerja rangkaian.

Rangkaian seri RL digunakan sebagai *low* dan *high pass filter*. Pada frekuensi rendah, reaktansi kumparan akan rendah, sehingga perlawanan terhadap arus akan kecil dan sebagian besar tegangan jatuh (*drop voltage*) melewati resistor. Ketika frekuensi *input* meningkat, reaktansi induktif akan ikut meningkat dan memberikan perlawanan terhadap aliran arus sehingga lebih banyak tegangan jatuh yang melewati induktor. Dengan lebih banyak tegangan jatuh melewati induktor, semakin sedikit tegangan jatuh yang melewati resistor. Karena frekuensi *input* semakin meningkat, tegangan *output* akan semakin berkurang.

Pada frekuensi tinggi, reaktansi induktif kumparan akan tinggi, sehingga sebagian besar tegangan jatuh melewati kumparan. Ketika frekuensi berkurang, reaktansi induktif akan menurun juga, dan memberikan perlawanan yang kecil terhadap arus yang mengalir. Hal ini menyebabkan tegangan jatuh akan lebih sedikit melewati kumparan dan sebaliknya, tegangan jatuh akan lebih banyak melewati resistor. Frekuensi di atas atau di bawah frekuensi yang dilewatkan disebut frekuensi *cutoff*.



Gambar 3.87 Rangkaian Filter RL Lolos Bawah (a) dan Lolos Atas (b)
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

b. RF Choke

RF *choke* adalah induktor yang digunakan untuk memblokir frekuensi yang sangat tinggi. RF *choke* terdiri dari induktor yang dirancang khusus untuk memblokir frekuensi tinggi agar tidak masuk atau meninggalkan bagian sistem dengan menyediakan jalur impedansi tinggi pada frekuensi tinggi. Secara umum,

choke ditempatkan pada seri dengan saluran yang memerlukan penekanan RF. Berbagai jenis *choke* diperlukan bergantung pada frekuensi gangguan. Jenis elektromagnetik yang umum interferensi (EMI) filter membungkus garis sinyal pada inti toroidal beberapa kali. Konfigurasi ini diinginkan karena mengandung medan magnet sehingga *choke* tidak menjadi sumber kebisingan. Jenis lain dari RF *choke* yang umum adalah manik ferit. Semua kabel memiliki induktansi, dan manik ferit adalah bahan feromagnetik kecil yang dirangkai ke kawat untuk meningkatkan induktansi. Impedansi yang disajikan oleh manik-manik adalah fungsi dari bahan dan frekuensi, serta ukuran manik-manik. Ini adalah *choke* yang efektif dan murah untuk frekuensi tinggi. Manik-manik ferit umum dalam sistem komunikasi frekuensi tinggi. Kadang-kadang, beberapa dirangkai secara seri untuk meningkatkan induktansi efektif.

c. Rangkaian Tuning (*Tune Circuit*)

Induktor digunakan bersama dengan kapasitor sebagai rangkaian pemilihan frekuensi dalam sistem komunikasi. Prinsip kerja rangkaian *tuning* adalah memilih pita frekuensi tertentu dan memblok semua frekuensi lain yang tidak diinginkan. Penerapan rangkaian *tuning* dapat ditemukan misalnya pada pemilih kanal (*tuner*) televisi dan penerima radio. Selektivitas frekuensi didasarkan pada reaktansi kapasitor dan induktor, bergantung pada frekuensi dan interaksi kedua komponen tersebut ketika induktor dan kapasitor dihubungkan secara seri atau paralel. Karena kapasitor dan induktor menghasilkan kebalikan pergeseran fasa, nilai perlawanan gabungan kedua komponen terhadap arus dapat digunakan untuk menentukan respons frekuensi yang dipilih.



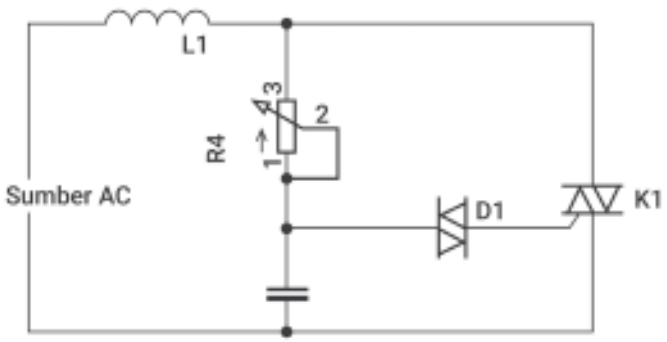
AKTIVITAS 24

Bentuklah kelompok yang terdiri dari 3 orang siswa. Lakukan pengukuran tegangan pada masing-masing komponen RLC dengan voltmeter. Susun hasil pengamatan kalian dalam laporan tertulis.

d. *Dimmer*

Dimmer adalah perangkat elektronik yang dapat mengatur level tegangan sumber sesuai kebutuhan. Ada *dimmer* untuk tegangan AC (*dimmer* AC), ada pula *dimmer* untuk tegangan DC (*dimmer* DC). Pada *dimmer* AC, teknik yang digunakan adalah dengan mengatur sudut fasa gelombang sinus tegangan AC 220V. Sementara itu, *dimmer* DC menggunakan teknik PWM (*pulse width modulation*) atau pengaturan lebar pulsa, karena tegangan DC tidak berupa gelombang sinus (bentuk tegangannya lurus).

Dengan mengatur sudut fasa gelombang sinus tegangan AC 220V, akan didapatkan tegangan rata-rata (Vrms) yang berbeda. Semakin besar sudut fasanya, maka tegangan Vrms yang dihasilkan akan semakin kecil.



Gambar 3.88 Rangkaian *Dimmer*

AKTIVITAS 25

Lakkukan simulasi dengan bantuan perangkat lunak. Buat desain PCB sampai perakitan komponen. Diskusikan lalu susun hasil pekerjaan kalian dalam laporan tertulis.

RANGKUMAN

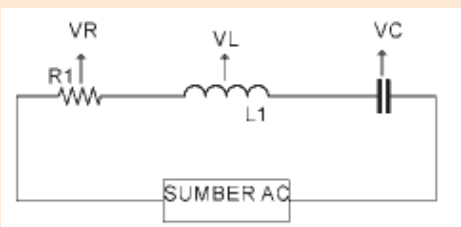
1. Komponen elektronika aktif adalah jenis komponen elektronika yang dapat bekerja ketika mendapat arus, misalnya diode, transistor, dan IC (*integrated circuit*).
2. Komponen elektronika pasif adalah jenis komponen elektronika yang bekerja tanpa arus, misalnya resistor, kapasitor, dan induktor.
3. Komponen-komponen elektronika aktif dan pasif dapat dirangkaikan ke dalam suatu rangkaian elektronika secara seri, paralel, maupun gabungan seri-paralel.
4. Resistor adalah jenis komponen elektronika pasif yang berfungsi untuk menghambat dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Satuan resistor adalah Ohm (Ω).
5. Kapasitor adalah komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Bahan penyusun kapasitor yaitu dua keping atau dua lembaran penghantar listrik yang dipisahkan menggunakan isolator listrik berupa bahan dielektrik. Besaran kapasitor dalam muatan listrik dinyatakan dengan satuan Farad (F).
6. Induktor merupakan komponen elektronika pasif yang terdiri dari susunan lilitan kawat yang membentuk sebuah kumparan. Induktor dapat menimbulkan medan magnet jika dialiri oleh arus listrik. Medan magnet yang ditimbulkan dapat menyimpan energi dalam waktu yang relatif singkat. Kemampuan induktor atau *coil* dalam menyimpan energi magnet disebut induktansi, yang satuan unitnya adalah Henry (H).
7. Diode adalah komponen elektronika yang terdiri dari dua kutub dan berfungsi untuk menyearahkan arus. Struktur utama diode adalah dua buah kutub elektroda berbahan konduktor, yang masing-masing terhubung dengan semikonduktor silikon tipe-P dan silikon tipe-N.
8. Transistor merupakan komponen elektronika aktif yang berfungsi sebagai penguat, penyearah, pengendali, *mixer*, dan osilator.

9. *Integrated circuit* (IC) atau *chip* merupakan cikal bakal komputer dan segala jenis peranti yang memakai teknologi *micro-controller* lainnya. IC merupakan komponen elektronika aktif yang terdiri dari gabungan ratusan bahkan jutaan transistor, resistor, dan komponen lainnya yang diintegrasi menjadi sebuah rangkaian elektronika dalam sebuah kemasan kecil.

UJI KOMPETENSI

A. Kerjakanlah soal-soal berikut untuk menguji kemampuan kalian!

1. Jelaskan pengertian komponen aktif dan komponen pasif!
2. Sebutkan jenis-jenis komponen aktif dan pasif!
3. Sebutkan macam-macam resistor!
4. Pada sebuah resistor, gelang pertama berwarna merah, gelang kedua berwarna merah, gelang ketiga juga berwarna merah, dan gelang keempat berwarna emas. Tentukan nilai resistor tersebut!
5. Sebutkan macam-macam kapasitor non-polar!
6. Kode angka sebuah kapasitor adalah 102. Berapakah nilai kapasitor tersebut?
7. Gambarkan skema rangkaian *power supply* setengah gelombang!
8. Gambarkan skema rangkaian *power supply* gelombang penuh!
9. Perhatikan gambar berikut!



Diketahui:

R = 8 Ω

XL = 12 Ω

XC = 6 Ω

Imaks = 10 A

Tentukanlah besar tegangan maksimum yang dibutuhkan agar dihasilkan kuat arus maksimum sebesar 10 A!

B. Kerja Praktik

1. Cari tiga buah komponen aktif dan tiga buah komponen pasif. Lakukan pengukuran semua komponen tersebut dan laporkan hasil pengamatan kalian!
2. Lakukan pengukuran nilai resistor dengan multimeter. Pilih nilai resistor sebesar 10 Ohm, 330 Ohm, 1 kiloohm, 470 kiloohm, dan 1 megaohm. Tuliskan hasil pengamatan kalian!
3. Lakukan pengukuran transistor dengan multimeter. Seri transistor yang dibutuhkan adalah C828, TIP31, TIP32, TIP41, dan TIP42. Tuliskan hasil pengamatan kalian!



PENGAYAAN

Untuk menambah wawasan kalian tentang komponen elektronika aktif dan pasif, ayo pindai kode QR di bawah ini!



Beri tanda centang (✓) pada materi yang sudah kalian kuasai atau belum kalian kuasai pada bab ini. Pelajari ulang materi yang belum kalian kuasai.

Materi	Sudah Dikuasai	Belum Dikuasai
Komponen aktif		
Komponen pasif		
Macam-macam resistor		
Macam-macam kapasitor		
Jenis, bentuk, kemasan, dan karakteristik komponen elektronika aktif dan pasif		
Pembacaan kode nilai atau sistem kode komponen pasif dan aktif sesuai kode standar		
Penerapan komponen pasif dan aktif dalam rangkaian elektronika DC sederhana		
Penerapan komponen pasif dan aktif dalam rangkaian elektronika AC sederhana		

KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2022

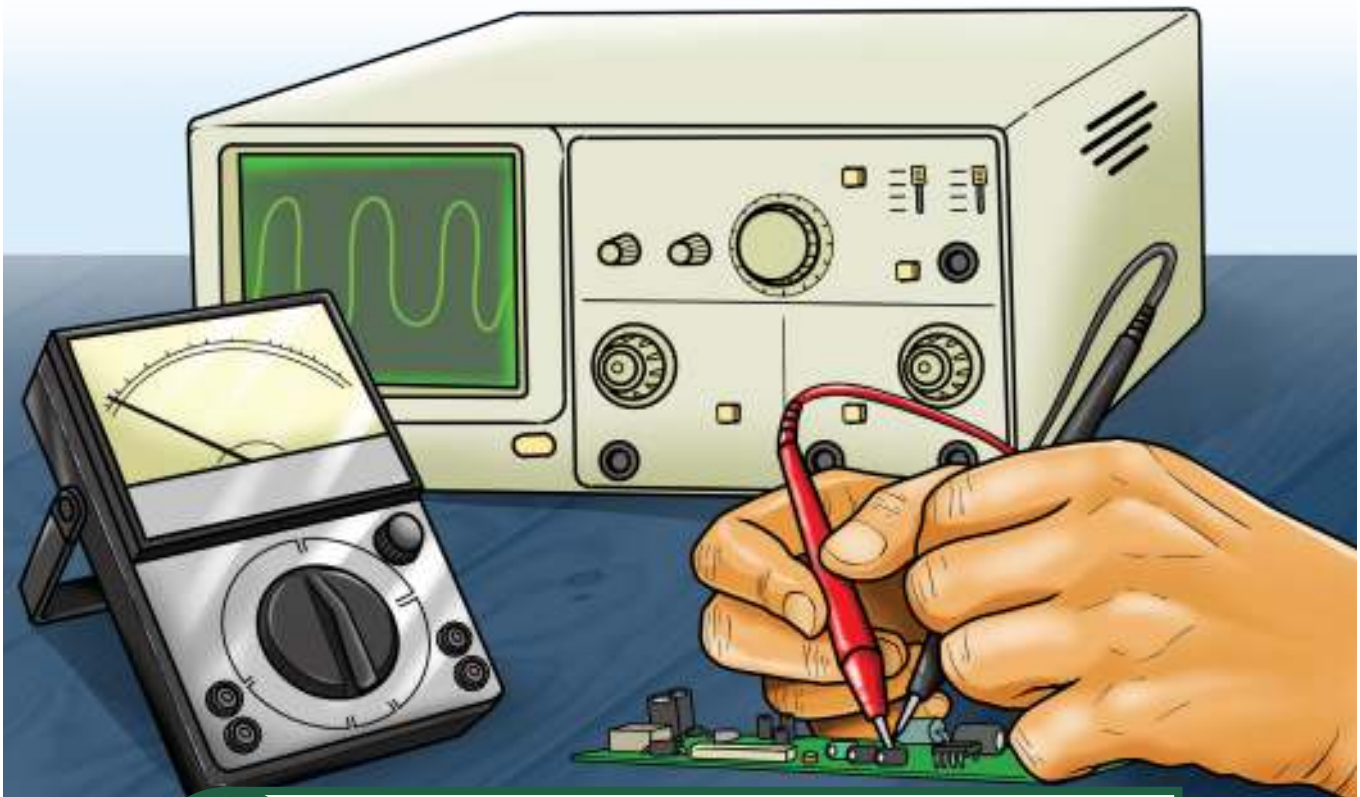
Dasar-Dasar Teknik Elektronika
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

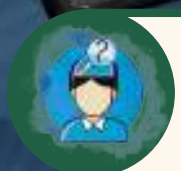
Penulis: Farid Mulyana, Ismanto

ISBN: 978-602-244-981-2 (no.jil.lengkap)
978-602-244-982-9 (jil.2)
978-623-388-069-5 (PDF)

Bab IV

Alat Ukur Listrik, Elektronika, dan Instrumentasi





Apa yang sedang dilakukan orang pada gambar di atas? Tahukah kalian nama alat-alat yang ada pada gambar tersebut?

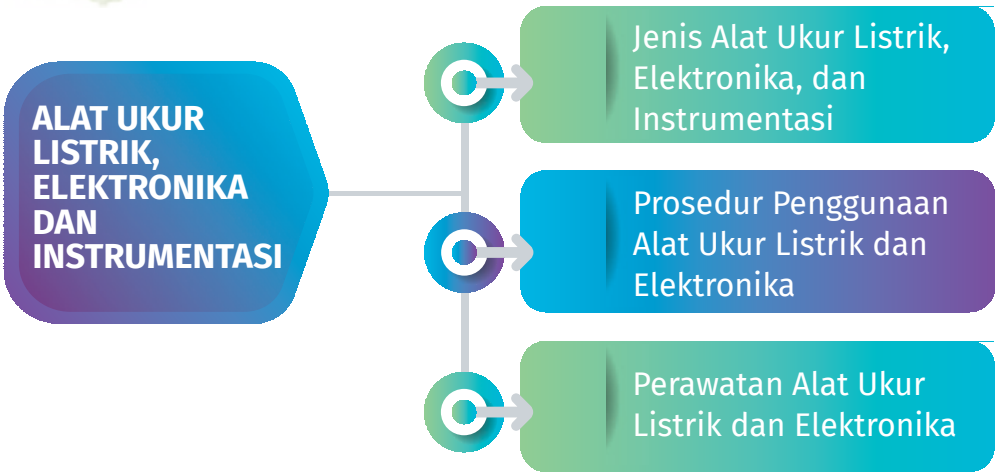
TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, kalian akan mengetahui jenis-jenis alat ukur listrik, elektronika, dan instrumentasi serta dapat menjelaskan cara penggunaannya. Kalian juga dapat melakukan pengukuran dengan alat ukur listrik, elektronika, dan instrumentasi, serta dapat membaca hasil pengukurannya. Kemudian, kalian juga diharapkan dapat melakukan perawatan berbagai macam alat ukur listrik, elektronika, dan instrumentasi.

KATA KUNCI

alat ukur listrik, instrumentasi, kalibrasi, akurasi, presisi, pengukuran, pengubah, sensor

PETA MATERI



Sebagai siswa jurusan teknik, kalian tentu sudah mengenal sebagian alat untuk mengukur panjang, jarak, berat, kecepatan, arus, tegangan, tekanan, dan lain-lain. Dari berbagai macam alat ukur tersebut, apakah kalian mengetahui fungsi masing-masing alat ukur? Apakah kalian tahu cara menggunakan setiap alat ukur? Kemudian yang juga penting, apa yang harus kalian lakukan agar alat ukur tidak cepat rusak?

A. Jenis-Jenis Alat Ukur Listrik, Elektronika, dan Instrumentasi

Dalam kehidupan sehari-hari, kalian tentunya sudah tidak asing lagi dengan berbagai macam alat ukur, seperti penggaris, termometer, timbangan, dan banyak lagi alat ukur lainnya. Alat ukur yang kita gunakan sehari-hari tidak hanya bertujuan untuk mendukung kegiatan aktivitas pekerjaan, tetapi juga dapat juga digunakan untuk pengembangan ilmu pengetahuan oleh para ahli atau peneliti. Dengan menggunakan alat ukur, kita akan memperoleh data yang tepat berupa angka, sesuai dengan dimensi atau keadaan benda atau komponen yang kita ukur. Setidaknya ada lima jenis alat ukur yang sering digunakan manusia selama hidupnya, yaitu alat untuk mengukur panjang, waktu, massa, suhu, dan besaran listrik.

Alat ukur merupakan alat yang memiliki tujuan penggunaan untuk mengetahui nilai suatu besaran maupun nilai suatu kondisi dari suatu komponen yang diukur. Alat ukur juga banyak dipergunakan untuk memperoleh nilai pasti yang ada pada suatu benda atau komponen yang diukur. Dalam bab ini, alat ukur yang dibahas adalah alat ukur yang berhubungan dengan kelistrikan, elektronika, dan instrumentasi.

1. Alat Ukur Listrik dan Elektronika

a. Amperemeter

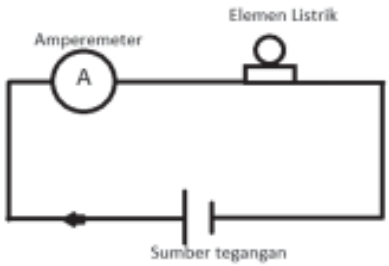
Amperemeter merupakan alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur arus, baik arus listrik bolak-balik (*alternating current*/AC) atau arus listrik searah (*direct current*/DC) pada suatu rangkaian tertutup. Contoh bentuk fisik amperemeter ditunjukkan pada Gambar 4.1. Bagian-bagian amperemeter adalah:

1) skala ukur,
2) jarum penunjuk, dan
3) kalibrator.



Gambar 4.1 Amperemeter dan Bagian-bagiannya
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Ketika akan mengukur arus pada suatu rangkaian, amperemeter dipasang secara seri dengan elemen listrik, sehingga arus akan melalui amperemeter. Untuk mengukur arus listrik dalam sebuah konduktor, kita harus menghubungkan konduktor secara seri, dengan memotong konduktor untuk memungkinkan arus mengalir melalui amperemeter ini. Skema rangkaian pengukuran arus dengan amperemeter ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema Rangkaian Pengukuran Arus dengan Amperemeter
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

b. Voltmeter

Voltmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tegangan dalam rangkaian tertutup yang dapat kita gunakan. Di dalam voltmeter terdapat tiga buah tembaga yang dipasang pada bakelit dan dirangkai pada tabung plastik atau gelas. Pelat luar bertindak sebagai anode sedangkan pelat tengah bertindak sebagai katode. Contoh bentuk fisik voltmeter dan bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 4.3.

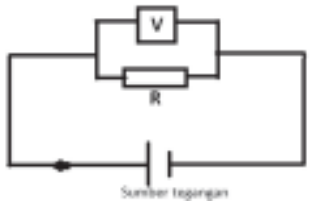


Gambar 4.3 Bentuk Fisik Voltmeter dan Bagian-bagiannya
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Berikut adalah bagian-bagian voltmeter.

1) Display hasil pengukuran.
2) Meter skala tinggi rendah.
3) Baut kalibrasi (*setup adjustable*).
4) Terminal positif.
5) Terminal negatif.
6) Jarum penunjuk.

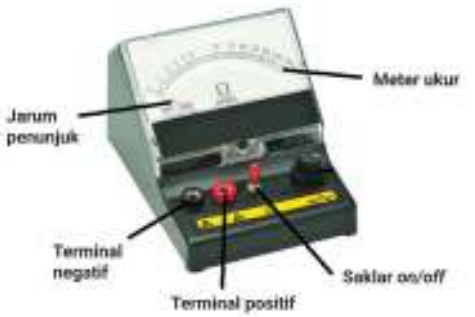
Berbeda dengan amperemeter, apabila kalian akan mengukur besar tegangan listrik, voltmeter ini dipasang sejajar atau paralel dengan komponen yang akan kita ukur beda potensialnya. Skema rangkaian pengukuran tegangan dengan menggunakan voltmeter ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Skema Pengukuran dengan Voltmeter
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

c. Ohmmeter

Ohmmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur hambatan, baik pada komponen atau beban yang ada pada penghantar yang kita gunakan. Satuan yang digunakan pada ohmmeter adalah Ohm, dengan simbol Ω. Pada ohmmeter, galvanometer digunakan untuk mengukur jumlah arus yang mengalir melalui resistor (R), yang kemudian dikalibrasi dalam Ohm. Bentuk fisik ohmmeter ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Ohmmeter
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

d. *Wattmeter*

Wattmeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur daya listrik, atau laju pengiriman energi dalam Watt ke sirkuit listrik apa pun. Bentuk alat ini sangat sederhana. Dengan jarum pada tampilan meteran daya analog, kalian dapat mengetahui daya listrik dalam rangkaian. Bentuk fisik *wattmeter* ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Wattmeter*
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

e. Multimeter

Alat ukur multifungsi yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan (Volt), arus (A), dan hambatan (Ω) dinamakan multimeter. Terdapat dua jenis multimeter yang dapat digunakan, yaitu multimeter digital atau DMM (*digital multimeter*) dan multimeter analog. Kedua jenis multimeter ini dapat digunakan untuk mengukur besaran listrik bolak-balik atau besaran listrik searah. Hanya saja, multimeter digital memiliki tingkat presisi lebih tinggi dalam pengukuran dibandingkan multimeter analog. Bentuk fisik dan bagian-bagian multimeter analog dan digital ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Nama-nama bagian multimeter analog adalah:

1. papan skala,
2. sekrup kalibrasi,
3. pengatur posisi jarum,
4. *probe* positif dan negatif,
5. selektor, dan
6. jarum penunjuk.

(a)



Nama-nama bagian multimeter digital adalah:

1. tampilan hasil pengukuran,
2. tombol selektor,
3. pengukur tegangan,
4. pengukur hambatan,
5. pengukur arus, dan
6. *probe* positif dan negatif.

(b)

Gambar 4.7 Multimeter Analog (a) dan Multimeter Digital (b)
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

f. Osiloskop

Osiloskop adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur dan menampilkan bentuk sinyal listrik seperti tegangan, arus, periode, frekuensi, dan beda fasa. Hasil ukur kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik pada layar.

Osiloskop memiliki tabung vakum sinar katode (elektroda elektron) yang akan memancarkan elektron ke arah bidang gambar yang berfungsi sebagai anode (elektroda positif). Grafik yang muncul pada layar berbentuk gelombang sinusoidal.



Gambar 4.8 Osiloskop
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

g. Tang Ampere *(Clamp Meter)*

Tang ampere atau *clamp meter* adalah alat pengukur arus listrik. Alat ini memiliki *probe* penjepit yang sudah terpasang (*built-in*) maupun yang dapat dipisah. Keuntungan dari tang ampere adalah tidak perlu memutus sirkuit atau menghilangkan energi listrik ketika hendak mengukurnya. Alat ini juga sangat aman digunakan untuk mengukur arus tinggi. Alat ini bekerja pada medan magnet yang dihasilkan oleh muatan yang mengalir.



Keterangan:
1. *Clamp*
2. *Hand guard*
3. *Peak hold*
4. Selektor (*function switch*)
5. *LCD display*
6. Terminal positif
7. Batasan penggunaan tang ampere
8. Terminal negatif
9. Tuas pengungkit (*lever*)

Gambar 4.10 Tang Ampere atau *Clamp Meter* dan Bagian-bagiannya
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

h. Fluks Meter

Fluks meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur fluks magnet permanen. Fluks meter terdiri dari koil *pickup* dan integrator elektronik. Koil mendeteksi perubahan fluks total yang kemudian menginduksi tegangan kecil lalu diintegrasikan. Tegangan yang diintegrasikan sebanding dengan turunan fluks yang melewati koil. Perubahan bersih pada fluks inilah yang diukur oleh fluks meter.

i. LCR Meter

LCR meter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur induktansi (L), kapasitansi (C), dan resistansi (R) dari sebuah sensor, komponen, atau perangkat. Alat ukur ini digunakan juga untuk mengukur faktor kualitas, faktor disipasi, tegangan, arus, konduktansi, dan sudut fasa. LCR meter memiliki akurasi pengukuran sampai 0,1%.



Gambar 4.11 LCR Meter dan Bagian-bagiannya
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

j. Megger

Megger atau megaohmmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan isolasi perangkat atau sistem listrik. Fungsi alat ukur ini yaitu mengukur tahanan isolasi suatu instalasi atau untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan langsung, fasa dengan fasa, atau nol dengan pembumian.



Gambar 4.12 Megger

Sebelum digunakan, instalasi listrik harus memenuhi tahapan pengujian isolasi. Pada pengujian ini, dilakukan uji isolasi fasa-fasa, fasa-pembumian, dan fasa-netral. Pada pengujian ini, alat yang digunakan adalah Megger.

Pengukuran menggunakan Megger memiliki beberapa kriteria berikut.

1) Tegangan alat ukur umumnya tinggi pada arus searah, berkisar 500 V sampai 10.000 V.
2) Tegangan Megger ditentukan berdasarkan tegangan kerja atau instalsi yang akan diuji.
3) Besarnya pengujian menentukan harga penahanan isolasi minimum, yaitu 1000 kali tegangan kerja alat yang akan diuji.

Megger biasanya digunakan oleh petugas atau teknisi untuk mengukur tahanan isolasi pada:

1) penghantar yang dipasang di gedung atau perumahan,
2) penghantar tegangan tinggi dan rendah, atau
3) transformator (trafo).



AKTIVITAS 1

Buat kelompok yang beranggotakan empat orang. Cari fungsi bagian-bagian dari setiap alat ukur dari berbagai sumber. Presentasikan hasil pengamatan kalian di depan kelas.

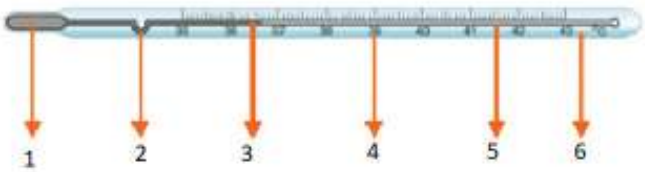
2. Alat Ukur Instrumentasi

Sebelum mempelajari alat ukur instrumentasi, kalian perlu memahami terlebih dahulu pengertian instrumentasi. Instrumentasi merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pengontrolan dan pengukuran. Instrumen merupakan peralatan dan peranti yang digunakan dalam proses pengukuran dan pengontrolan pada sistem yang kompleks. Jadi instrumentasi berfungsi sebagai alat pengukur, alat analisis, alat kendali, serta alat perekam.

Pada bidang instrumentasi, pengukuran elektronik merupakan dasar atau fondasi yang digunakan dalam sebagian besar industri. Secara garis besar, ada empat besaran yang diukur, yaitu aliran,

suhu, level, dan tekanan. Instrumentasi diperlukan dalam pengukuran keempat besaran tersebut.

a. Termometer



Keterangan:

1. Reservoir
2. Lekukan
3. Zat cair pengisi termometer
4. Skala ukur
5. Pipa kaca
6. Tabung gelas

Gambar 4.13 Termometer dan Bagian-bagiannya
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu menggunakan sifat termal suatu zat, yaitu perubahan sifat suatu zat karena perubahan suhu zat itu. Alat ukur ini pertama kali disebut termometer udara karena dilengkapi dengan tabung kaca panjang dan bola kaca, yang kemudian dicelupkan ke dalam cairan berwarna. Ketika bola kaca dipanaskan, udara di dalam tabung mengembang, mengeluarkan sebagian udara di dalam tabung. Namun, saat bola mendingin, udara di dalam tabung menyusut menyebabkan sebagian air naik di dalam tabung.

Selain itu ada juga termometer air raksa. Termometer ini disebut demikian karena mengandung air raksa yang berfungsi sebagai indikator suhu.

Pada umumnya, termometer dapat diisi dengan berbagai zat, baik cair maupun padat. Berikut adalah jenis-jenis termometer.

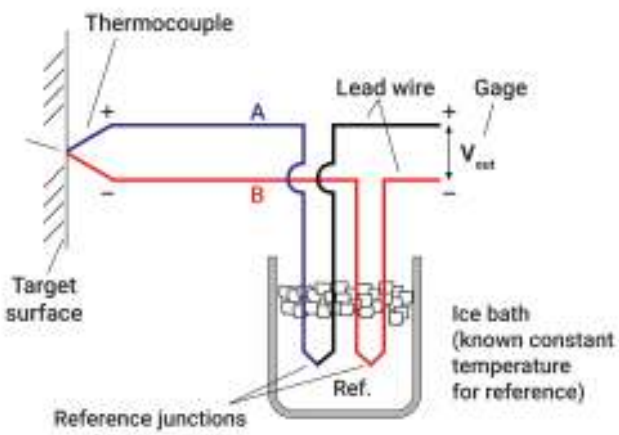
1) Termometer berisi cairan
2) Termometer laboratorium
3) Termometer ruangan
4) Termometer klinis
5) Termometer SixBellani
6) Termometer isi padat

7) Termometer bimetal
8) Termokopel
9) Termometer tahanan
10) Termometer optik
11) Pirometer
12) Termometer inframerah

b. Termokopel

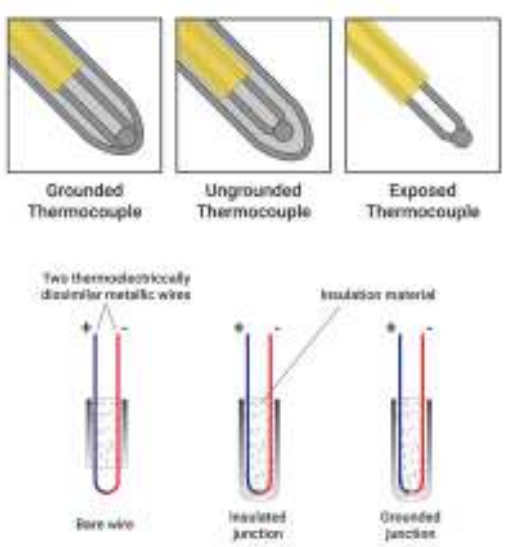
Pada tahun 1821, fisikawan Jerman Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa setiap konduktor (misalnya, logam) menghasilkan tegangan dengan gradien termal. Fenomena ini disebut efek Seebeck atau efek termoelektrik. Termokopel merupakan sensor suhu termoelektrik yang terbentuk dari dua kabel logam yang berbeda (misalnya kromel dan konstanta) dengan sambungannya di ujung *probe* (titik pengukuran) dan titik setel (suhu diketahui).

Perbedaan suhu antara ujung *probe* dengan sambungan referensi dicatat dengan mengukur perubahan tegangan gaya gerak listrik (EMF) pada sambungan referensi. Pembacaan suhu absolut dapat diperoleh dengan menggabungkan informasi suhu referensi yang diketahui dengan perbedaan suhu antara ujung *probe* dan referensi.



Gambar 4.14 Rangkaian Termokopel Umum

Gambar berikut menunjukkan beberapa jenis sambungan termokopel yang umum digunakan.



Gambar 4.15 Sambungan Termokopel yang Umum Digunakan

ISA (*Instrument Society of America*) membuat kategori termokopel yang diperdagangkan. Termokopel tipe E, J, K, dan T adalah termokopel logam dasar yang dapat digunakan untuk mengukur suhu hingga 1.000°C (1.832°F). Sementara itu, termokopel tipe S, R, dan B adalah termokopel logam mulia yang dapat digunakan untuk mengukur suhu hingga 2.000°C (3.632°F).

Tabel 4.1 Kategori Termokopel menurut ISA

ISA	Material (+ & -)	Temperature Range °C (°F)	Sensitivity@ 25°C (77°F) µV/°C (µV/°F)	Error*	App.**
E	Chromel & Constantan (Ni-Cr & Cu-Ni)	-270~1000 (-450~1800)	60.9 (38.3)	LT:±1.67°C(±3°F) HT:±0.5%	I,O
J	Iron & Constantan (Fe & Cu-Ni)	-210~1200 (-350~2200)	51.7 (28.7)	LT:±2.2~1.1°C(±4~2°F) HT:±0.375~0.75%	I,O,R,V
K	Chromel & Alumel (Ni-Cr & Ni-Al)	-270~1350 (-450~2500)	40.6 (22.6)	LT:±2.2~1.1°C(±4~2°F) HT:±0.375~0.75%	I,O
T	Copper & Constantan (Cu & Cu-Ni)	-270~400 (-450~750)	40.6 (22.6)	LT:±1~2% HT:±1.5% or ±0.42°C(±0.75°F)	I,O,R,V
R	Platinum & 87% Platinum/ 13% Rhodium (Pt & Pt-Rh)	-50~1750 (-60~3200)	6 (3.3)	LT:±2.8°C(±5°F) HT:±0.5%	I,O

S	Platinum & 90% Platinum/ 10% Rhodium (Pt & Pt-Rh)	-50~1750 (-60~3200)	6 (3.3)	LT:±2.8°C(±5°F) HT:±0.5%	I,O
B	70% Platinum/ 30% Rhodium & 94% Platinum/ 6% Rhodium (Pt-Rh & Pt-Rh)	-50~1750 (-60~3200)	6 (3.3)	LT:±2.8°C(±5°F) HT:±0.5%	I,O

*: LT = Low temperature range, HT = High temperature range

**: I = Inert media, O = Oxidizing media, R = Reducing media, V = Vacuum

Constantan, Alumel, and Chromel are trade names of their respective owners.



Gambar 4.16 Termokopel
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

c. Manometer

Pernahkah kalian melihat tukang tambal ban mengukur tekanan ban sepeda motor atau mobil? Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan ban adalah manometer. Ada dua jenis manometer, yaitu manometer zat cair dan manometer logam.

Manomoter terdiri dari dua jenis yaitu:

1) Manometer Zat cair

Manometer zat cair merupakan alat ukur tekanan zat cair pada dua titik. Alat ukur ini merupakan alat ukur yang sangat sederhana. Manometer zat cair terbuat pipa kaca yang berbentuk U, yang terdiri dari jenis tabung terbuka dan tabung tertutup. Manometer pipa U dapat diisi zat cair seperti air raksa, alkohol, air, atau zat cair lainnya.



Gambar 4.17 Manometer Zat cair Pipa "U"
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Prinsip pengukuran dengan menggunakan pipa U yaitu dengan mengukur perbedaan ketinggian zat cair dalam pipa. Salah satu sisi bertekanan tinggi sementara sisi yang lain bertekanan rendah.

2) Manometer logam

Manometer logam (*pressure gauge*) berfungsi untuk mengukur tekanan suatu zat, seperti tekanan ban kendaraan, tekanan gas, dan tekanan pada tungku pemanas. Di bagian dalam manometer ini terdapat tabung Bourdone, yang pada saat diberi tekanan akan mengembang atau memanjang sehingga menggerakkan jarum penunjuk sesuai dengan besar tekanan yang diberikan.



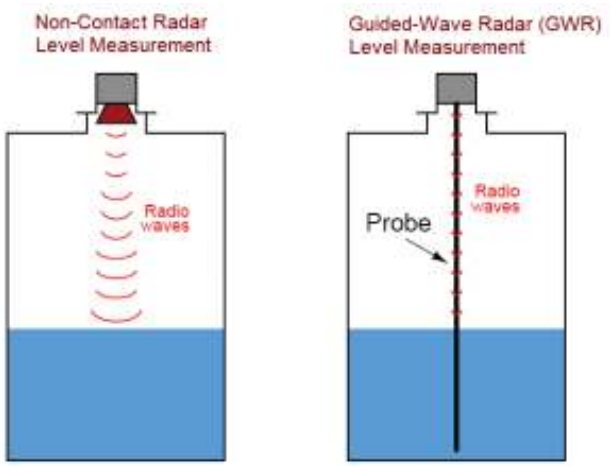
Gambar 4.18 Manometer Logam
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Untuk lebih memahami tentang alat ukur manometer, ayo pindai kode QR berikut. Kemudian buat laporan tertulis dari hasil membaca materi ini.

d. Alat Ukur Ketinggian Zat Cair

Untuk mengukur ketinggian zat cair di dalam sebuah wadah yang besar dan dalam, dibutuhkan alat instrumentasi khusus.

Ada cukup banyak alat instrumentasi seperti ini, salah satunya yaitu *radar level measurement*. Alat ini merupakan alat ukur yang memancarkan sinyal *microwave* ke permukaan air dan menerima pantulannya untuk kemudian dideteksi oleh sensor. Waktu yang diperlukan untuk memancarkan sinyal tersebut hingga kembali dihitung sebagai level.



Gambar 4.19 Pengukuran Ketinggian Zat Cair dengan *Radar Level Measurement*

Untuk lebih memahami tentang pengukuran ketinggian zat cair, ayo klik di sini atau pindai kode QR berikut.

AKTIVITAS 2

Setelah kalian membaca materi dari kode QR di atas, jelaskan dua jenis pengukuran level lalu presentasikan di depan kelas.

B. Prosedur Penggunaan Alat Ukur Listrik dan Elektronika

Agar tidak terjadi kerusakan atau kecelakaan pada saat menggunakan alat ukur listrik dan elektronika, kalian harus memahami prosedur penggunaan untuk masing-masing alat ukur. Kali ini kalian akan mempelajari prosedur penggunaan alat ukur listrik dan elektronika.

1. Prosedur Pengukuran Tegangan DC dengan Voltmeter/ Multimeter

a. Setel posisi sakelar pemilih ke DCV.

b. Pilih skala sesuai dengan perkiraan tegangan yang akan diukur. Jika kalian ingin mengukur 6 Volt misalnya, putar sakelar pemilih ke 12 Volt (hanya untuk multimeter analog).

   Jika kalian tidak mengetahui tegangan tinggi yang diukur, sebaiknya pilih skala tegangan yang lebih tinggi untuk menghindari kerusakan pada multimeter.

c. Hubungkan *probe* ke terminal tegangan yang akan diukur. *Probe* merah ke terminal positif (+) dan *probe* hitam ke terminal negatif (-). Hati-hati jangan sampai terbalik.

d. Baca hasil pengukuran pada *display*.

2. Prosedur Pengukuran Tegangan AC dengan Voltmeter/ Multimeter

a. Setel posisi sakelar pemilih ke ACV.

b. Pilih skala sesuai dengan perkiraan tegangan yang akan diukur. Jika kalian ingin mengukur 220 Volt misalnya, putar sakelar pemilih ke 300 Volt (hanya untuk multimeter analog).

   Jika kalian tidak mengetahui tegangan tinggi yang diukur, disarankan untuk memilih skala tegangan tertinggi untuk menghindari kerusakan pada multimeter.

c. Hubungkan *probe* ke terminal tegangan yang akan diukur. Untuk tegangan AC, tidak ada polaritas negatif (-) dan positif (+).

d. Baca hasil pengukuran pada *display*.

3. Prosedur Pengukuran Arus DC dengan Amperemeter/ Multimeter

a. Setel posisi sakelar pemilih ke DCA.

b. Pilih skala sesuai dengan perkiraan arus yang akan diukur. Misalnya arus yang akan diukur adalah 100 mA, maka putar sakelar pemilih ke 300 mA (0,3 A). Jika arus terukur melebihi skala yang dipilih, sekering di multimeter akan putus. Kita harus menggantinya sebelum kita bisa menggunakannya lagi.

c. Putuskan sambungan saluran catu daya yang terhubung ke beban, kemudian sambungkan *probe* multimeter ke terminal saluran yang diputuskan. *Probe* merah untuk *output* tegangan positif (+) dan *probe* hitam untuk tegangan input (+) beban atau rangkaian yang akan diukur.

d. Baca hasil pengukuran pada *display*.

4. Prosedur Pengukuran Arus AC dengan Amperemeter/ Multimeter/Tang Ampere

a. Matikan catu daya ke sirkuit.

b. Nyalakan multimeter analog.

c. Putar kenop ke arus AC “AAC” atau “Ã” (A dengan tanda “~” bergelombang di atasnya).

d. Atur rentang meteran dengan memutar tombol.

e. Pilih rentang pengukuran arus AC multimeter analog. Rentang ini mewakili FSD (Defleksi Skala Penuh).

f. Masukkan *probe* hitam ke dalam soket COM (umum) meteran.

g. Masukkan *probe* merah ke dalam soket yang ditandai huruf “A” atau “mA” di atasnya. Ada dua soket, yaitu soket arus rendah dan soket arus tinggi. Biasanya, soket arus rendah ditandai “mA” dan soket arus tinggi ditandai “A”. Jika arus tidak diketahui, gunakan soket arus tinggi.

h. Putuskan sirkuit pada titik pengukuran.

i. Hubungkan meteran secara seri dengan rangkaian, dengan menghubungkan *probe* hitam terlebih dahulu dan *probe* merah kemudian.

j. Nyalakan catu daya ke sirkuit.

k. Perhatikan pembacaan dari skala arus AC (bukan skala arus DC).

l. Pastikan defleksi maksimum dengan mengurangi rentang arus menggunakan kenop untuk meningkatkan akurasinya.

m. Setelah pengukuran selesai, matikan catu daya ke sirkuit.

n. Lepaskan *probe* merah terlebih dahulu, kemudian *probe* hitam.

o. Putar kenop kembali ke posisi tegangan atau tahanan lalu matikan multimeter.

Arus AC tidak memiliki polaritas. Oleh karena itu, kalian dapat menukar *probe* dan pembacaannya akan tetap sama. Namun, jangan membebani meter analog untuk menghindari potensi kerusakan. *Overloading* terjadi ketika arus lebih tinggi daripada rentang meteran yang dipilih.

5. Prosedur Pengukuran Resistansi dengan Ohmmeter/ Multimeter.

a. Seperti biasa, matikan catu daya ke sirkuit terlebih dahulu dan lepaskan jika ada kapasitor.

b. Komponen yang diuji tidak boleh memiliki komponen yang paralel. Jika memungkinkan, lepaskan komponen dari sirkuit.

c. Nyalakan multimeter analog.

d. Putar kenop pemilih ke resistansi.

e. Pilih rentang yang sesuai sedikit lebih tinggi dari pembacaan resistansi yang diharapkan untuk akurasi tinggi. Itu bisa diubah kembali nanti.

f. Pilih rentang pengukuran resistansi multimeter analog. f. Rentang resistansi multimeter analog memiliki faktor pengali, misalnya, x1, x10, dan x100 yang merupakan rentang berbeda-beda yang menunjukkan nilai skala yang dikalikan dengan faktor untuk mendapatkan pembacaan yang sebenarnya.

g. Masukkan *probe* hitam ke dalam soket COM (umum).

h. Masukkan *probe* merah ke dalam soket dengan tegangan. Gunakan soket yang memiliki simbol di atasnya.

i. Kalibrasi atau sesuaikan nol meter dengan menghubungkan kedua *probe* bersama-sama dan memutar kenop penyesuaian nol untuk menunjukkan defleksi skala penuh yaitu 0 ohm.

j. Hubungkan kabel di seluruh komponen.

k. Perhatikan bacaannya. Sesuaikan rentang meteran untuk menunjukkan kemungkinan defleksi maksimum untuk mendapatkan akurasi maksimum.

l. Baca skala pengukuran resistansi. Jika jangkauannya adalah x1, bacaannya adalah 100 ohm. Jika rentang x10, bacaannya adalah 1.000 ohm. Jika jangkauannya x100, bacaannya adalah 10.000 ohm.

m. Setelah selesai, lepaskan *probe* dan pilih mode pengukuran tegangan untuk menghindari menghubungkannya ke tegangan secara tidak sengaja.

6. Prosedur Pengukuran Induktor dengan LCR Meter

a. Tekan tombol ON untuk menyalakan LCR meter.

b. Hubungkan *probe* positif dan negatif LCR meter ke kaki-kaki induktor. Boleh menukar posisi *probe* karena induktor tidak memiliki kutub positif dan negatif.

c. Perhatikan layar LCR meter untuk melihat hasil pengukurannya. Posisikan selektor pada posisi lebih tinggi daripada induktor yang diukur. Misalnya induktor yang diukur 10 mH, maka kalian bisa menempatkan pada 20 mH. Jika ditempatkan pada 1 H, LCR meter tidak dapat mengeluarkan hasil pengukuran.

7. Prosedur Pengukuran Kapasitansi Kapasitor dengan LCR Meter

a. Atur posisi selektor untuk pembacaan kapasitansi. Posisi selektor harus lebih besar daripada kapasitor yang akan diukur.

b. Hubungkan *probe* positif ke kutub positif kapasitor, dan *probe* negatif ke kutub negatif kapasitor.

c. Baca hasil pengukuran pada layar LCR meter.

8. Prosedur Penggunaan Osiloskop

a. Tentukan skala sumbu Y (tegangan) dengan mengatur posisi tombol Volt/Div pada posisi tertentu. Jika sinyal masukan diperkirakan lebih besar, gunakan skala Volt/Div yang besar. Jika tidak dapat memprediksi besarnya tegangan masukan, gunakan atenuator 10x peredam sinyal pada *probe* atau skala Volt/Div dipasang pada posisi paling besar.

b. Tentukan skala Time/Div untuk mengatur tampilan frekuensi sinyal masukan.

c. Gunakan tombol *trigger* atau *hold-off* untuk mengatur tampilan frekuensi sinyal keluaran yang stabil.

d. Gunakan tombol pengatur fokus jika gambar kurang fokus.

e. Gunakan tombol pengatur intensitas jika gambar sangat/kurang terang.



AKTIVITAS 3

Lakukan praktik pengukuran untuk komponen-komponen elektronika berikut.

1. Resistor (4 buah)
2. Kapasitor (3 buah)
3. Induktor (4 buah)
4. Baterai 1,5 V dan 9 V
5. *Power supply* variabel, tegangan 1,5 V, 3 V, 6 V, dan 12 V

Pada saat mengukur, gunakan alat ukur yang sesuai dengan komponen yang diukur. Buat tabel seperti contoh berikut sebagai laporan hasil pengukuran.

No.	Nama Komponen	Alat ukur yang digunakan	Hasil pengukuran
1	Resistor 1: ... Ohm		
	Resistor 2: ... Ohm		
	Resistor 3: ... Ohm		
	Resistor 4: ... Ohm		
2	Kapasitor 1: ... µF		
	Kapasitor 2: ... µF		
	Kapasitor 3: ... µF		

3	Induktor 1: ... mH		
	Induktor 2: ... mH		
	Induktor 3: ... mH		
	Induktor 4: ... mH		
4	Baterai 1,5 Volt		
	Baterai 9 Volt		
5	Tegangan 1,5 V		
	Tegangan 3 V		
	Tegangan 6 V		
	Tegangan 12 V		



AKTIVITAS 4

Buat kelompok kecil beranggotakan empat orang. Lakukan praktik penggunaan osiloskop. Siapkan alat dan bahan berikut.

a. Alat : Osiloskop dan *probe* osiloskop

b. Bahan : - Modul trafo *step down* 220V AC to 3, 6, 9, 12 V AC
- Kertas *millimeter block*

Langkah kerja:

1. Lakukan pengukuran tegangan AC dan hitung frekuensinya sesuai tabel berikut.

No.	Tegangan trafo (Volt)	Gambar tegangan AC (Vpp)	Hasil pengukuran tegangan AC	Hasil Perhitungan Frekuensi (Hz)
1	6			

2	12			

2. Perhatikan prosedur penggunaan osiloskop.
3. Lakukan aspek-aspek keamanan sesuai dengan SOP dan prinsip K3.
4. Jika mengalami kesulitan atau masih ada yang tidak mengerti, konsultasikan dengan guru.

C. Perawatan Alat Ukur Listrik dan Elektronika

1. Tujuan Perawatan Alat Ukur

Kerusakan atau perubahan fungsi pada alat ukur listrik akan berimbas pada produktivitas dan efektivitas pekerjaan yang dilakukan oleh pengguna alat ukur listrik. Yang lebih parah, hal itu bisa menyebabkan kerugian yang seharusnya bisa dihindari dengan melakukan pemeliharaan alat ukur listrik secara rutin dan benar. Perawatan alat ukur listrik memiliki tujuan sebagai berikut.

a. Memperpanjang Usia Pakai Alat Ukur Listrik

Alat ukur listrik yang dirawat dan dipelihara tentu akan lebih awet dan lebih tahan lama sehingga produktivitas perbaikan di bengkel pun bisa tetap dipertahankan. Dengan memperpanjang usia pakai alat ukur, bengkel dapat menekan biaya pengeluaran terhadap penyediaan alat ukur yang baru. Tanpa adanya perawatan dan pemeliharaan rutin, alat ukur listrik bisa cepat rusak yang mengakibatkan pengukuran menjadi tidak akurat yang imbasnya bisa berujung pada kerugian akibat hasil pengukuran yang salah dan tidak tepat tersebut.

b. Menjamin Alat Ukur Listrik Selalu Siap untuk Digunakan

Dengan pemeliharaan rutin, jaminan alat ukur untuk selalu siap saat akan digunakan tetap lebih besar dibanding dengan alat

ukur yang tidak dirawat. Hal ini jelas akan mengoptimalkan hasil serta produktivitas kerja para mekanik saat menggunakan alat ukur tersebut. Tindakan yang dilakukan dalam pemeliharaan alat ukur listrik adalah dengan menyetel ulang, mengalibrasi, dan mengembalikan kondisi alat ukur agar tetap sesuai dengan ketentuan pabrik pembuatnya.

c. Menjamin Kesiapan Operasional di Saat Mendadak

Dengan adanya pemeliharaan alat ukur yang dilakukan secara berkesinambungan, alat ukur listrik akan selalu siap untuk digunakan bahkan pada saat kondisi darurat yang sangat menuntut ketelitan dari alat ukur listrik serta kecepatan dalam pengukuran.

d. Menjamin Keselamatan Orang yang Menggunakannya

Tindakan yang dilakukan saat perawatan ini tentunya dapat mendeteksi lebih dini apabila terjadi kerusakan yang bisa membahayakan penggunanya. Dengan begitu, setiap orang yang menggunakan alat tersebut akan terjaga keselamatannya karena alat yang digunakan memang benar-benar aman dan tidak menimbulkan kerusakan pada alat, benda kerja, atau pada orang yang menggunakannya.

2. Perawatan Alat Ukur Listrik

a. Amperemeter

Agar amperemeter tahan lama dan dapat digunakan dengan baik, alat ini harus dirawat dan dicek secara berkala dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1) Pasang amperemeter secara seri pada rangkaian dengan cara memotong induktor agar arus listrik mengalir melalui amperemeter.
2) Hubungkan amperemeter ke induktor yang telah dipotong sebelumnya.
3) Ukur dan lihat arah jarum jarum penunjuk angka pada amperemeter.
4) Untuk mendapatkan hasil yang akurat, kita perlu memahami dan memperhatikan karakteristik amperemeter yang dipakai.

5) Hasilnya dapat kita hitung dengan mengalikan antara nilai arus yang ditunjukan jarum penunjuk dengan angka skala maksimum (batas ukur).

b. Voltmeter

Agar voltmeter tahan lama dan dapat digunakan dengan baik, alat ini harus dirawat dan dicek secara berkala dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1) Posisikan voltmeter pada rangkaian secara paralel dengan potensial yang berbeda.
2) Pasang kutub positif dengan potensial tinggi dan kutub negatif dengan potensial rendah.
3) Ukur dan lihat angka yang tertera pada voltmeter.
4) Hasilnya dapat kita tentukan dengan menghitung level tegangan listrik secara mengalikan angka yang diberikan dan angka skala maksimum.
5) Selalu waspada terhadap efek paparan. Efek ini dapat diminimalkan dengan menggunakan ringkasan setinggi mungkin (dan sensitivitas tertinggi). Akurasi pengukuran menurun ketika penunjukan berada pada skala yang lebih rendah.

c. Ohmmeter

Agar ohmmeter tahan lama dan dapat digunakan dengan baik, alat ini harus dirawat dan dicek secara berkala dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1) Hubungkan arus pendek kabel uji (positif dan negatif) sedangkan posisi putar sakelar dikalikan 1.
2) Setel agar penunjuk mengarah ke 0.
3) Jika jarum tidak dapat menunjuk ke batas 0, artinya keadaan tidak penuh (kurang arus pada baterai), sehingga perlu pengujian tegangan internal (baterai).
4) Bila tegangan baterai sudah turun 20%, alat harus diganti.
5) Jika voltase baterai masih dalam kisaran toleransi, identifikasi opsi lain.

6) Sambungan sakelar putar (kontak untuk rangkaian perkalian 1 ohmmeter) harus diperiksa. Jika hubungan secara mekanis lemah, itu harus diperkuat lagi.

7) Jika sambungan sakelar putar normal, identifikasi kemungkinan lain.

8) Uji resistor variabel (penyesuaian titik nol) dengan tidak melepas komponen apa pun. Hasil pengukuran menunjukkan keadaan potensiometer. Jika hasilnya di bawah nilai standar potensiometer dengan toleransi 1%, ganti potensiometer (bandingkan tahanan potensiometer dengan ohmmeter lain yang digunakan untuk referensi). Jika potensiometer dalam keadaan normal, mungkin ada kesalahan pada resistor *shunt*.

9) Ukur tahanan *shunt* dengan meteran standar. Jika tahanan shunt kurang dari 1% toleransi, ganti resistansi shunt. Jika resistansi shunt masih normal, coba opsi lain.

10) Perhatikan pegas pada jarum defleksi. Jika kondisinya tidak pada tingkat kelenturan, bisa diganti. Sedangkan jika pegas pada kondisi normal, kemungkinan lain pada *spool* yang bergerak.

11) Verifikasi kumparan bergerak dengan ohmmeter yang tersedia secara komersial dan mengukur ujung kumparan bergerak. Hasil pengukuran menunjukkan derajat sambungan pada kumparan bergerak. Jika kumparan bergerak putus, ganti kumparan bergerak.

d. Wattmeter

Saat memperbaiki wattmeter, penting untuk memastikan bahwa wattmeter digunakan dengan benar (mengetahui batasannya) dan dalam fokus yang benar. Berikut ini langkah-langkah perawatan wattmeter.

1) Letakkan wattmeter pada permukaan yang rata.

2) Periksa apakah penunjuk berada pada posisi nol (0) pada skala.

3) Jika tidak, putar pengaturan nol hingga penunjuk berada pada posisi nol.

4) Pastikan sumber daya pada sirkuit yang diukur dimatikan sebelum sirkuit terhubung dengan benar.

5) Simpan di tempat yang kering dan terang saat tidak digunakan.

e. Multimeter

Saat memperbaiki multimeter, pastikan multimeter digunakan dengan benar dan dengan langkah yang tepat. Perawatan pada multimeter tidak lepas dari kerusakan dan masa pakai terlalu lama, sehingga hal pertama yang harus diperkirakan setiap kali multimeter dipakai adalah, variabel apa saja yang diukur atau dicatat.

Untuk memastikan bahwa multimeter memberikan hasil pengukuran yang akurat, aman untuk alat dan pengguna, mencegah kerusakan, dan memiliki masa pakai yang lama, diperlukan langkah-langkah teknis berikut.

1) Jangan gunakan pada sirkuit yaitu 3 kVA.
2) Jangan gunakan dengan *casing* terbuka.
3) Jangan izinkan *input* di atas batas pengukuran yang diizinkan.
4) Jangan gunakan pada saluran dengan peralatan yang menghasilkan tegangan induksi (seperti autodinamik).
5) Jangan gunakan jika multimeter dengan kabel uji (*probe*) rusak.
6) Gunakan sekering yang disetujui, jangan hubung singkat ujung terminal sekering, jangan ganti sekering selama multimeter dapat bekerja terlepas dari keselamatan kalian.
7) Selalu letakkan jari kalian pada pelindung jari (pegangan *probe*) saat mengukur.
8) Pada awal pengukuran, tentukan fungsi dan batas pengukuran multimeter dalam kondisi baik sesuai dengan pengukuran.
9) Jangan gunakan dengan tangan basah atau di daerah banjir.
10) Jangan gunakan *probe* yang tidak ditentukan (*test lead*).
11) Untuk memastikan akurasi, periksa dan kalibrasi multimeter setidaknya setahun sekali.
12) Pastikan koneksi jaringan terputus saat mengubah fungsi dan batas pengukuran.

13) Buka *casing* hanya jika baterai dan sekering diganti atau diperbaiki.

14) Berhati-hatilah saat mengukur tegangan AC dan arus searah 60 Volt atau lebih.

15) Setel sakelar pemilih ke *off* atau Volt AC tertinggi saat multimeter selesai.

16) Simpan multimeter di tempat aman, kering, dan bebas dari debu. Suhu tidak melebihi 55°C dengan kelembapan 80%.

17) Jangan terlalu alami untuk digunakan di ruangan bersuhu tinggi dan lembap.

18) Jika Anda mengukur besaran yang tidak dapat diperkirakan sama sekali, dimulai dengan batas pengukuran tertinggi, setelah pengukuran pertama, batas pengukuran dapat diubah menjadi yang lebih kecil untuk membaca nilai besaran secara akurat.

f. Osiloskop

Perawatan osiloskop tidak terlepas dari keselamatan (untuk pengguna dan alat), pencegahan kerusakan, akurasi, dan umur yang lebih lama, sehingga hal-hal teknis berikut harus dilakukan.

1) Jangan digunakan osiloskop saat *casing* terbuka.

2) Gunakan dengan 3-kawat (stop kontak 3 kawat), salah satunya adalah *grounding*.

3) Jangan hubungkan *probe* osiloskop ke bagian yang panas.

4) Jangan tutupi ventilasi osiloskop dan pastikan bahwa udara ventilasi bersirkulasi secara merata saat menggunakan osiloskop.

5) Jangan berikan tegangan lebih dari 400 volt DC atau P-P.

6) Hindari sinar matahari langsung, kelembaban dan suhu tinggi, getaran mekanis, dan medan listrik dan magnet yang kuat (motor, rangkaian daya besar, transformator).

7) Selama operasi, koneksi ground *probe* harus selalu dekat dengan titik yang diukur / dikenali (untuk menghindari efek *loop*).

8) Selalu periksa akurasi rotasi *track*, *probe*, dan kalibrasi dengan cara yang benar.

3. Perawatan Alat Ukur Instrumentasi

a. Termometer

Termometer harus dipantau dan diperbaiki dengan baik untuk memberikan data dan pembacaan yang benar, sehingga alat harus diperbaiki, dikalibrasi, dan dibandingkan dengan alat lain untuk menentukan apakah alat yang digunakan masih dapat digunakan.

Peralatan yang dibutuhkan adalah termometer terkalibrasi dengan sertifikat uji perusahaan. Pengujian perlu dilakukan dengan setidaknya satu nilai di atas kisaran suhu tempat perangkat dioperasikan. Untuk pengukuran pada suhu ruangan misalnya, alat diuji pada kisaran 15—25°C. Suhu yang tertera oleh setiap termometer dikendalikan oleh termometer yang dikalibrasi, menempatkan termometer di lemari es atau pemanas air sampai suhu yang ditunjukkan oleh masing-masing termometer stabil setidaknya selama satu menit.

Untuk mengukur suhu udara dengan termometer, disarankan agar memperlambat tampilan suhu. Letakkan gabus atau bola kapas di ujung termometer dengan membiarkan termometer mencapai suhu yang diinginkan selama kurang lebih satu jam.

Perhatian khusus diperlukan untuk memastikan termometer bertahan lama. Perhatikan langkah-langkah berikut dalam merawat termometer.

1) Perhatikan permukaan termometer. Segera setelah digunakan, bersihkan permukaan dari kotoran yang menempel dengan kain. Usap kain dengan lembut.
2) Simpan termometer dalam kotak penyimpanannya segera setelah digunakan. Termometer harus didinginkan terlebih dahulu sebelum disimpan dan simpan di lemari tertutup.
3) Periksa kondisinya secara berkala, jangan sampai muncul keanehan pada termometer.

b. Termokopel

Termokopel adalah salah satu *part* pada unit kontrol suhu yang mempunyai fungsi sebagai detektor temperatur air yang ada

pada sirkulasi unit kontrol suhu. Termokopel mempunyai tugas untuk mendeteksi seberapa panasnya atau berapa besaran temperatur pada sirkulasi air pada unit yang kemudian akan dikirim ke *controller*.

Dari informasi, *controller* kemudian akan didistribusikan ke bagian-bagian lain pada sistem unit kontrol suhu tersebut untuk bekerja menyesuaikan tugas masing-masing bagian untuk mencapai temperatur sesuai pengaturan.

Berikut adalah langkah perawatan termokopel.

1) Melakukan pengecekan pada *joint* kabel termokopel.
2) Melakukan pengecekan fungsi termokopel apakah masih mendeteksi aktual temperatur pada sistem.



RANGKUMAN

1. Ampere Volt Ohm (AVO) Meter disebut juga multimeter atau multitester. Alat ini digunakan untuk mengukur hambatan, tegangan DC dan AC, serta arus DC dan AC.
2. Ada dua macam multimeter, yaitu multimeter digital dan analog. Perbedaannya terletak dari hasil pengukuran. Multimeter analog menggunakan jarum sedangkan multimeter digital menggunakan angka.
3. Untuk mengukur arus, AVOmeter dihubungkan seri dan paralel dengan tegangan.
4. Wattmeter digunakan sebagai pengukur daya.
5. Osiloskop (CRO) digunakan untuk mengukur tegangan, frekuensi, periode, dan beda fasa.
6. Selain alat-alat ukur yang disebutkan di atas, masih banyak alat ukur lain yang bisa kalian gunakan, dan tentunya masing-masing memiliki fungsi dan kelebihan serta kekurangan masing-masing. Namun, dari sekian banyak alat ukur, alat-alat di atas adalah yang paling banyak digunakan dan mampu memastikan efisiensi pengukuran yang sempurna.

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut secara singkat dan jelas!

1. Jelaskan langkah-langkah pengukuran tahanan dengan menggunakan multimeter dan gambarkan skema pengukurannya!
2. Jelaskan perbedaan cara pengukuran induktor dan kapasitor! Uraikan cara pengukuran kedua komponen tersebut!
3. Pada suatu proses industri, sebuah tangki memiliki tekanan yang cukup tinggi. Alat ukur apakah yang baik untuk digunakan? Jelaskan alasannya!
4. Jelaskan cara mengalibrasi osiloskop!
5. Jelaskan pentingnya melakukan perawatan alat ukur secara umum!

PENGAYAAN

Untuk menambah wawasan kalian tentang alat ukur dan pengukuran silakan buka tautan di bawah ini.

REFLEKSI

Alat ukur merupakan kebutuhan manusia yang tidak dapat lepas dari peradaban manusia. Berbagai perkembangan teknologi maju pesat saat ini salah satunya adalah peran pengukuran.

Perdagangan, baik dalam skala kecil maupun besar, merupakan interaksi antarmanusia yang berkaitan dengan pengukuran. Tidak

tepatnya ukuran secara tidak sengaja akan merugikan pihak penjual dan pembeli. Penjual dapat kehilangan kepercayaan atau bahkan produk yang telah dibuatnya akan ditolak pembeli.

Kecurangan dalam takaran yang disengaja jelas memiliki konsekuensi dalam ranah hukum pidana. Dalam agama mana pun, larangan dan ancaman bagi orang yang mempermainkan timbangan sangatlah jelas. Kejujuran adalah sikap yang harus kita tumbuhkan.

Manusia tidak dapat melakukan pengukuran dan pembuatan produk dengan tepat dan akurat. Karenanya kita mengenal toleransi ukuran. Dengan mempelajari materi ini, kita belajar bahwa manusia yang berbeda bangsa, berbeda bahasa, dan berbeda adat istiadat mampu dipersatukan dalam satu pemahaman, seperti dengan adanya kesepakatan standardisasi satuan internasional.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2022

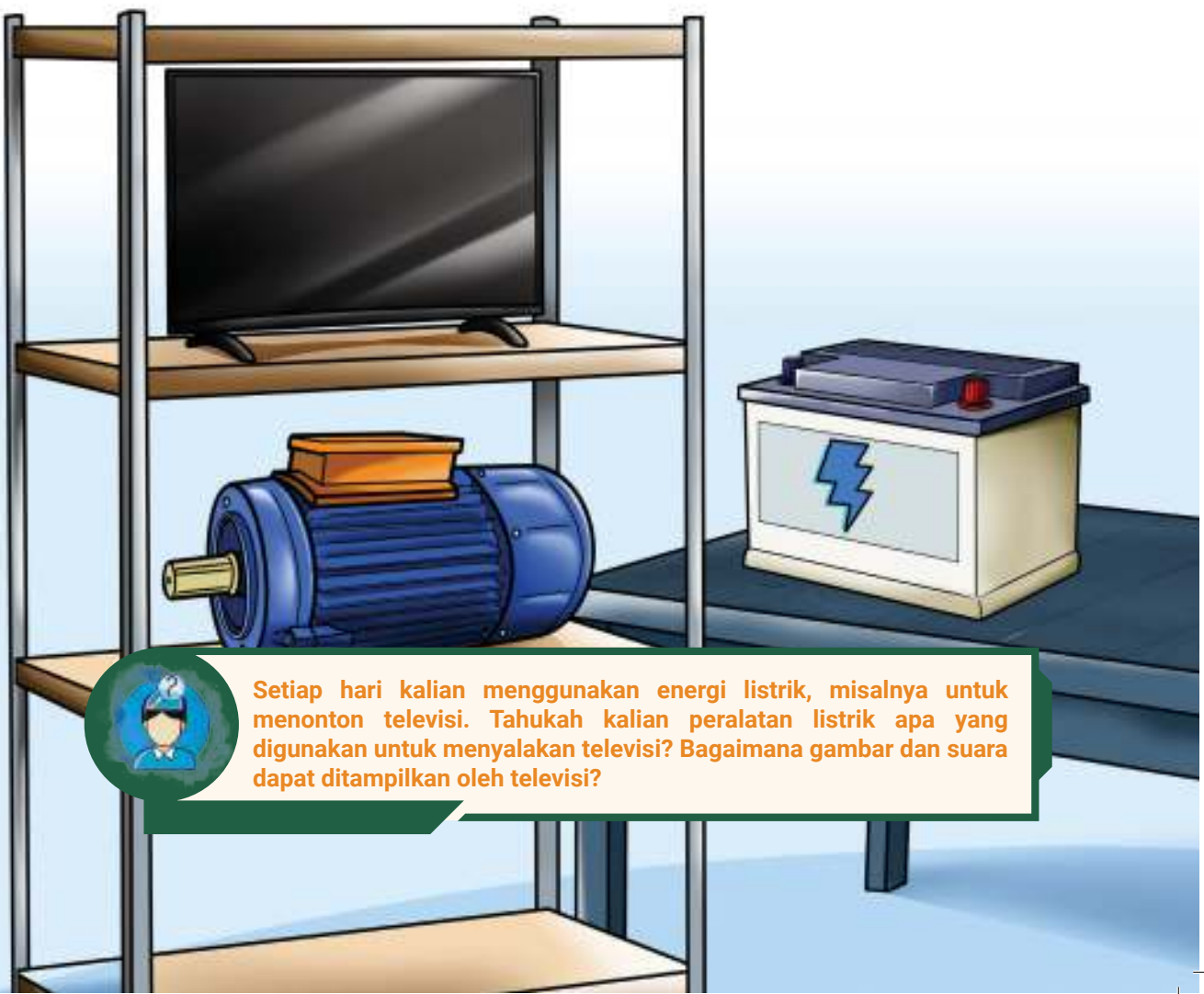
Dasar-Dasar Teknik Elektronika
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis: Farid Mulyana, Ismanto

ISBN: 978-602-244-981-2 (no.jil.lengkap)
978-602-244-982-9 (jil.2)
978-623-388-069-5 (PDF)

Bab V

Mesin-Mesin Listrik, Elektronika, dan Instrumentasi



Setiap hari kalian menggunakan energi listrik, misalnya untuk menonton televisi. Tahukah kalian peralatan listrik apa yang digunakan untuk menyalakan televisi? Bagaimana gambar dan suara dapat ditampilkan oleh televisi?

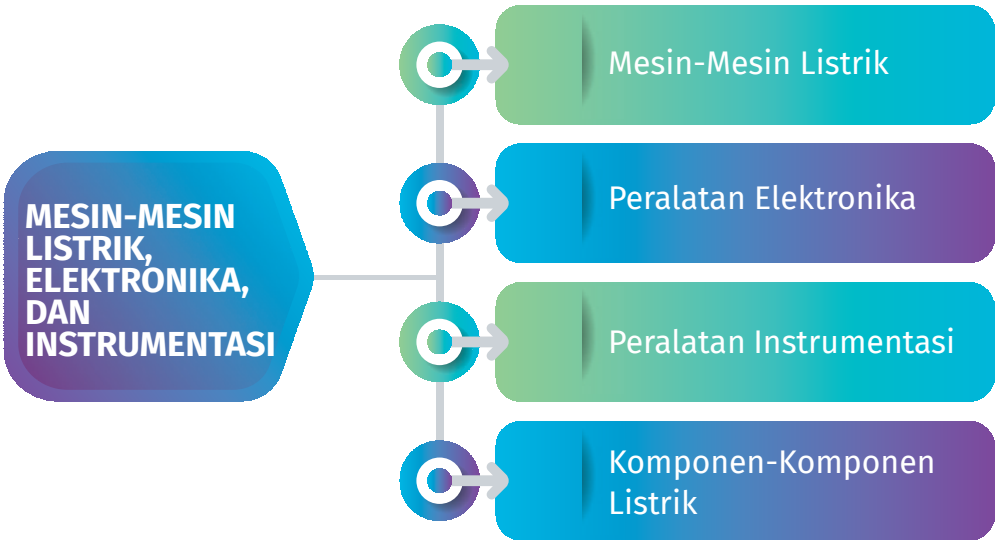
TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, kalian akan mampu memahami prinsip kerja mesin-mesin listrik, prinsip dasar jenis-jenis peralatan elektronika, prinsip dasar berbagai peralatan instrumentasi elektronika, dan komponen-komponen listrik serta elektronika.

KATA KUNCI

mesin listrik, instrumentasi, televisi, radio, ponsel, pengendali, aktuator, sakelar, lampu, resistor

PETA MATERI



Bagaimana listrik bisa sampai ke rumah kita?

Listrik didapat dari generator listrik pada pembangkit listrik. Pembangkit listrik merupakan istilah untuk pembangkitan energi listrik, yang dihasilkan dari berbagai macam pembangkit listrik, seperti PLTA, PLTU, PLTGU, PLTM, PLTPB, PLTB, PLTN, atau PLTS. Dapatkah kalian menyebutkan kepanjangan seluruh istilah tersebut?

Listrik yang dihasilkan dinaikkan dari 6 KV menjadi 500 KV melalui sebuah transformator. Tegangan ditransmisikan ke berbagai gardu melalui saluran udara (yang disebut SUTET, singkatan dari Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi). Tegangan kemudian diturunkan kembali dari 500 KV menjadi 150 KV sebelum dikirim ke gardu induk melalui SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi). Tegangan 150 KV dapat digunakan oleh pabrik untuk menggerakkan mesin-mesin besar.

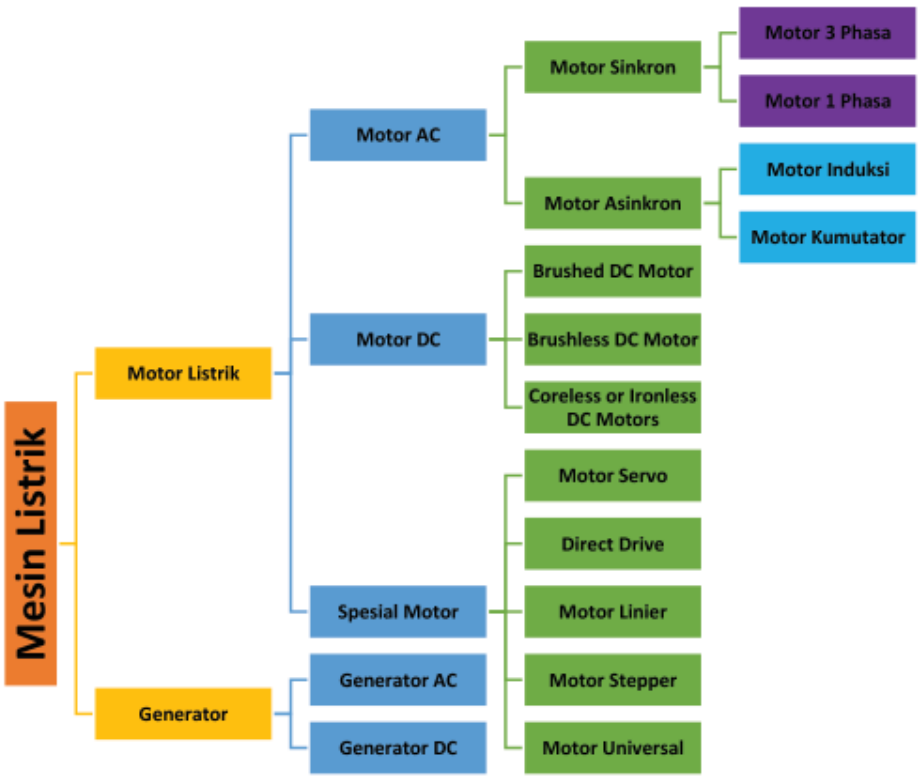
Tegangan 150 KV kemudian diturunkan menjadi 20 KV dengan trafo *step-down*. Kemudian tegangan tersebut dialirkan melalui JTM (Jaringan Tegangan Menengah) untuk didistribusikan ke stasiun-stasiun distribusi. Tegangan 20 KV dapat digunakan untuk memberi daya pada mesin pabrik ukuran sedang. Kemudian tegangan diturunkan lagi menjadi 220 V/380 V. Tegangan 220 V disalurkan ke perumahan dan perkantoran melalui JTR (Jaringan Tegangan Rendah).

Lalu bagaimana energi listrik yang hadir di rumah kita membuat alat-alat listrik dan elektronika menyala? Bagaimana kalian menentukan yang mana peralatan listrik dan yang mana peralatan elektronika?

A. Mesin-Mesin Listrik

Mesin listrik merupakan suatu peralatan konversi energi yang memanfaatkan medan elektromagnetik untuk melakukan perubahan energi dari energi listrik dan energi mekanik atau sebaliknya. Ditinjau dari mekanisme kerjanya, mesin listrik terbagi menjadi dua jenis, yaitu mesin listrik statis dan mesin listrik dinamis. Jika dilihat berdasarkan arah perubahan energinya, mesin listrik dikategorikan menjadi generator listrik dan motor listrik. Selain itu, mesin listrik dapat pula diklasifikasikan berdasarkan jenis besaran listrik yang dihasilkannya, yaitu menjadi mesin arus searah dan mesin arus bolak balik.

Klasifikasi mesin listrik ditinjau dari mekanisme kerjanya ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5.1 Klasifikasi Mesin Listrik
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

1. Motor Listrik AC

Motor listrik adalah mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mesin ini digunakan untuk menghasilkan torsi untuk mengangkat beban, memindahkan benda, dan berbagai pekerjaan mekanis lainnya.

Motor listrik AC mengubah energi listrik AC (*alternating current*) menjadi energi mekanik. Motor listrik ini ditenagai menggunakan arus bolak-balik satu fasa atau tiga fasa. Prinsip kerja dasar motor AC adalah medan magnet berputar (*rotating magnetic field* atau RMF) yang dihasilkan oleh belitan stator ketika arus bolak-balik melewatinya. Rotor (memiliki medan magnet sendiri) mengikuti RMF dan mulai berputar. Ada dua jenis motor AC, yaitu motor sinkron dan motor asinkron atau induksi.



Gambar 5.2 Macam-Macam Motor AC
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

a. Motor Sinkron

Motor AC sinkron disebut demikian karena memiliki kecepatan konstan (sinkron) yang hanya bergantung pada frekuensi arus suplai. Kecepatan motor listrik tersebut hanya bervariasi dengan variasi frekuensi suplai dan tetap konstan pada beban yang bervariasi. Motor ini digunakan untuk aplikasi kecepatan konstan dan kontrol presisi.

Motor sinkron memiliki desain stator yang sama dengan motor asinkron dan menghasilkan medan magnet yang berputar ketika disuplai dengan arus bolak-balik *input*. Sementara desain rotor dapat bervariasi yaitu menggunakan eksitasi DC terpisah untuk menghasilkan medan magnetnya sendiri. Motor sinkron terdiri dari motor satu fasa dan motor tiga fasa.

1) Motor Sinkron Satu Fasa

Motor sinkron satu fasa berjalan pada suplai AC satu fasa. Sebenarnya motor ini menggunakan dua fasa, tetapi fasa yang kedua diturunkan dari fasa pertama. Suplai dua fasa digunakan karena suplai satu fasa tidak dapat menghasilkan medan magnet yang berputar. Motor dapat memulai pada kedua arah yaitu arahnya tidak diketahui, kareta itu ada pengaturan awal tambahan yang



Gambar 5.3 Motor Listrik Sinkron Satu Fasa
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

digunakan untuk memberikan arah. Kecepatan motor semacam ini hanya bergantung pada frekuensi suplai. Motor semacam ini digunakan dalam instrumen rekaman, jam dinding listrik, dan banyak lagi.

2) Motor Sinkron Tiga Fasa

Motor sinkron ini berjalan pada catu daya tiga fasa. Manfaat arus bolak-balik tiga fasa adalah menghasilkan medan magnet yang berputar pada stator sementara pengaturan fasa menentukan arah putaran. Motor ini tidak memerlukan mekanisme start khusus untuk menentukan arahnya. Namun, rotor masih membutuhkan sumber DC tambahan untuk eksitasi. Motor sinkron tiga fasa digunakan dalam industri untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan konstan pada rentang beban dan memerlukan posisi yang tepat dalam robotika.



Gambar 5.4 Motor Listrik Sinkron Tiga Fasa
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



Gambar 5.5 Aplikasi Motor Listrik

b. Motor Asinkron

Jenis motor AC yang tidak pernah berjalan pada kecepatan sinkron disebut motor asinkron. Kecepatan rotornya selalu kurang daripada kecepatan sinkron. Motor ini tidak memerlukan eksitasi rotor terpisah.

Ada dua macam motor asinkron, yaitu motor induksi dan motor komutator.

1) Motor Induksi

Motor induksi adalah jenis motor asinkron AC yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik antara stator dan rotor. Fluks magnet yang berputar menginduksi arus pada rotor karena induksi elektromagnetik yang menghasilkan torsi pada rotor. Ini adalah motor listrik yang paling banyak digunakan dalam industri.



Gambar 5.6 Motor Induksi
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

2) Motor Komutator

Motor komutator adalah jenis motor AC yang menggunakan rakitan komutator dan sikat untuk memasok daya ke rotornya. Motor listrik semacam ini memiliki rotor *wound-type*.



Gambar 5.6 Motor Komutator Mesin Cuci
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

2. Motor Listrik DC

Motor DC adalah motor listrik yang hanya berjalan pada arus DC atau *direct current*. Tidak ada fasa dalam arus searah. Itu sebabnya motor listrik DC hanya menggunakan dua kabel untuk menjalankannya.

Motor listrik DC adalah motor pertama yang ditemukan. Kecepatannya lebih mudah dikendalikan hanya dengan memvariasikan tegangan suplai. Motor DC menawarkan

mekanisme start, stop, akselerasi, dan pembalikan yang sederhana. Biaya pemasangan motor DC sangat murah tetapi membutuhkan perawatan yang biayanya meningkat secara signifikan dengan bertambahnya ukuran dan daya motor.

Prinsip kerja dasar motor DC adalah aturan tangan kiri Fleming. Sebuah konduktor pembawa arus di dalam medan magnet mengalami gaya dorong yang saling tegak lurus satu sama lain.

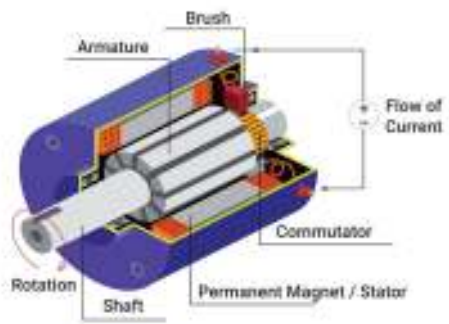
Ada tiga jenis motor DC, yaitu motor DC dengan sikat-sikat (*brushed*), motor DC tanpa sikat-sikat (*brushless*), dan motor DC tanpa inti (*coreless*).

a. Motor DC dengan Sikat-Sikat

Sesuai namanya, motor listrik ini memiliki sikat dan komutator. Motor ini digunakan untuk menghubungkan sirkuit stasioner dengan sirkuit berputar. Belitan rotor motor diberi energi melalui sikat konduktif. Namun, kekurangannya adalah motor membutuhkan perawatan yang cukup sering karena gesekan sikat yang terus-menerus dan percikan api yang dihasilkan di sikat-sikat ini. Kelebihannya adalah desain yang cukup sederhana meskipun mahal.



Gambar 5.8 Motor DC dengan Sikat-Sikat
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



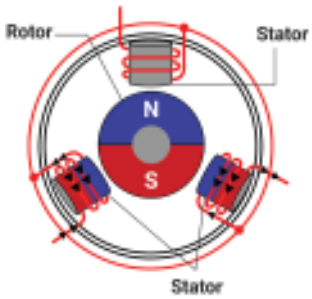
Gambar 5.9 Bagian-Bagian Motor DC dengan Sikat-Sikat

b. Motor DC tanpa Sikat-Sikat

Sesuai namanya, motor tanpa sikat-sikat atau *brushless DC motor* merupakan jenis utama lain dari motor DC yang tidak memiliki sikat karbon atau rakitan komutator. Artinya, daya input tidak disalurkan ke bagian motor yang berputar tetapi ke stator motor yang dalam hal ini terbuat dari beberapa lilitan. Rotor terbuat dari magnet permanen.



Gambar 5.10 Motor DC tanpa Sikat-Sikat
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



Gambar 5.11 Bagan Motor DC tanpa Sikat-Sikat

Motor DC tanpa sikat-sikat digunakan pada penggerak piringan *hard disk* komputer, penggerak kipas angin, penggerak pompa akuarium, dll.

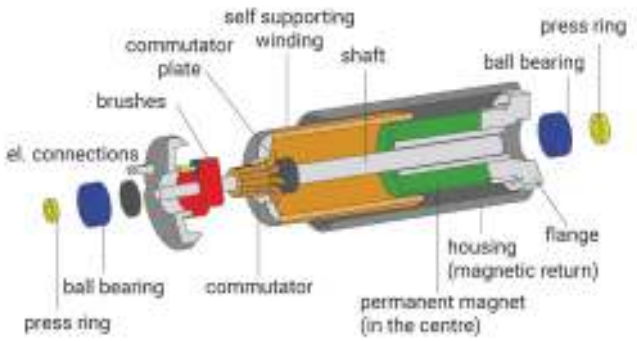
c. Motor DC tanpa Inti

Konstruksi motor DC memerlukan bagian besi pada rotornya. Gaya putar dihasilkan pada lilitan elektromagnet. Bentuk lain dari motor DC adalah *coreless DC motor* atau motor DC tanpa inti. Jenis ini merupakan bentuk khusus dari motor DC dengan sikat-sikat dan motor DC tanpa sikat-sikat.

Sesuai namanya, motor DC ini tidak memiliki inti besi yang dilaminasi. Gulungan rotor dililit dalam bentuk miring atau sarang lebah untuk membentuk sangkar berongga mandiri

yang sering dibuat dengan menggunakan epoksi. Rotor yang terbuat dari magnet permanen dipasang pada rotor berongga.

Desain tanpa inti menghilangkan masalah dan kerugian yang terkait dengan inti besi pada motor tradisional. Misalnya, motor listrik tanpa inti tidak memiliki rugi-rugi besi yang meningkatkan efisiensi motor hingga 90%. Desainnya juga mengurangi induktansi belitan yang mengurangi percikan api yang dihasilkan antara sikat dan komutator sehingga meningkatkan masa pakai motor. Hal ini juga mengurangi massa dan inersia rotor yang juga meningkatkan laju akselerasi dan deselerasi motor.



Gambar 5.12 Bagan Motor DC tanpa Inti

3. Motor Khusus (*Special Motors*)

Ada beberapa jenis motor listrik khusus yang merupakan versi modifikasi dari motor lain yang dirancang untuk keperluan khusus. Ada beberapa jenis motor khusus, sebagai berikut.

a. Motor Servo

Motor servo adalah jenis motor khusus yang digunakan untuk mendorong, menarik, mengangkat, atau memutar suatu benda pada sudut tertentu. Motor servo dapat dirancang untuk bekerja pada catu daya AC maupun DC. Motor servo yang bekerja dengan suplai DC disebut motor servo DC. Motor servo yang bekerja dengan sumber daya AC disebut motor servo AC. Motor ini termasuk motor sederhana dengan pengontrol dan beberapa roda gigi untuk meningkatkan torsinya.

Motor ini dinilai dalam kg/cm (kilogram per sentimeter). Ukuran ini menentukan banyak berat yang dapat diangkat servo pada jarak tertentu. Misalnya servo dengan nilai 3 kg/cm

dapat mengangkat beban 3 kg yang berjarak 1 cm dari porosnya. Kapasitas angkat beban berkurang seiring bertambahnya jarak.

Motor servo memiliki rakitan roda gigi, pengontrol, sensor, dan sistem umpan balik. Rakitan roda gigi digunakan untuk mengurangi kecepatan dan meningkatkan torsi secara signifikan. Pengontrol digunakan untuk membandingkan sinyal input (posisi yang diinginkan) dan sinyal dari sensor (posisi aktual servo) yang diperoleh melalui sistem umpan balik. Pengontrol membandingkan kedua sinyal ini dan menghilangkan kesalahan di antara keduanya dengan memutar poros motor.

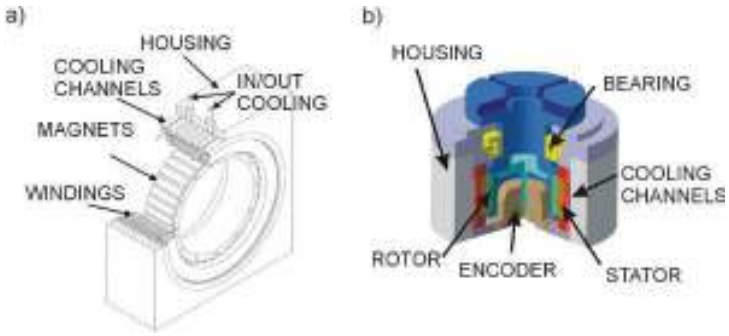
Servo dapat berputar 90° pada kedua arah sehingga total rotasinya adalah 180°. Titik netral berada di posisi tengah pada 90°. Motor dapat berputar dengan memvariasikan lebar pulsa antara 1 ms dan 2 ms, dengan 1 ms sesuai dengan 0°, 1,5 ms sesuai dengan 90°, dan 2 ms sesuai dengan 180° sudut poros.



Gambar 5.13 Motor Servo
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

b. *Direct Drive*

Direct drive (motor penggerak langsung) juga dikenal dengan nama motor torsi. Motor ini menghasilkan torsi tinggi pada kecepatan rendah, bahkan ketika sedang berhenti. Muatannya terhubung langsung ke rotor sehingga menghilangkan penggunaan *gear box*, sabuk, pengurang kecepatan, dan banyak lagi. Motor ini merupakan motor sinkron magnet permanen tanpa sikat dan tanpa komutator. Karena tidak ada keausan mekanis, motor ini dapat diandalkan dan memiliki masa pakai yang lama. Selain itu, karena motor ini hanya memiliki sedikit bagian mekanis, motor ini membutuhkan lebih sedikit perawatan dan biaya rendah. Penggunaan jenis motor ini misalnya pada mesin cuci, motor mesin CNC, dan banyak lagi.



Gambar 5.14 Bagian-Bagian Motor *Direct Drive*
Sumber: ResearchGate/Wojciech Kwasny (2010)

c. Motor Linier

Motor linier memiliki stator dan rotor yang tidak digulung yang menawarkan gaya linier, alih-alih gaya rotasi. Gulungan jangkar dirancang secara linier yang membawa arus tiga fasa untuk menghasilkan medan magnet. Medan magnet tidak berputar, melainkan bergerak dalam garis lurus. Medan magnet berinteraksi dengan medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen datar yang terletak di bawahnya. Interaksi antara keduanya menghasilkan gaya linier satu sama lain sehingga jangkar bergerak maju atau mundur.

Motor linier merupakan motor bertenaga AC dengan pengontrol seperti pada motor servo. Daya disuplai ke bagian utama motor yang berisi belitan. Hal ini menghasilkan medan magnetnya sendiri, yang polaritasnya bergantung pada fase pasokan AC. Bagian sekunder motor merupakan magnet permanen yang medan magnetnya berinteraksi dengan medan magnet bagian utama, yang akibatnya menarik dan menolak dengan menghasilkan gaya linier. Jumlah arus menentukan gaya sedangkan laju perubahan arus menentukan kecepatan bagian primer.



Gambar 5.15 Motor Linier DC tanpa Sikat-Sikat
Sumber: Kemendikbudristek/ Farid Mulyana (2022)

d. Motor *Stepper*

Motor *stepper* atau motor *stepping* merupakan motor DC tanpa sikat-sikat yang putaran penuhnya dibagi menjadi beberapa langkah yang sama. Motor tersebut berputar dalam langkah-

langkah (derajat tetap), bukan berputar terus-menerus. Gerakan melangkah tersebut menawarkan presisi tinggi yang digunakan dalam robotika.

Motor *stepper* beroperasi pada pulsa. Setiap pulsa menggerakkan motor satu langkah. Ketepatan motor bergantung pada jumlah langkah per putaran. Ukuran langkah ditentukan sesuai desainnya. Namun, kecepatan motor dapat dikontrol dengan menerapkan rangkaian pulsa frekuensi variabel. Pengontrol di dalam motor *stepper* bergerak maju atau mundur dengan satu langkah pada setiap pulsa.

Motor ini digunakan untuk penentuan posisi yang akurat dan tepat karena menawarkan torsi penuh saat berhenti. Motor ini juga memiliki kebutuhan perawatan yang lebih sedikit karena desain tanpa sikat. Dengan demikian, motor *stepper* sangat dapat diandalkan dan memiliki umur panjang.

Karena posisinya yang tepat, motor *stepper* digunakan pada mesin industri yang digunakan untuk pembuatan produk secara otomatis, misalnya mesin berbasis CNC. *Stepper* juga digunakan dalam instrumen dan mesin medis, kamera keamanan, perangkat elektronik, dan sistem elektronik pintar lainnya.



Gambar 5.16 Motor *Stepper*
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

e. Motor Universal

Motor universal adalah jenis motor khusus yang dapat berjalan pada catu daya AC maupun DC. Motor universal termasuk motor tanpa sikat-sikat yang gulungan medannya dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo. Motor ini menawarkan torsi awal maksimum dengan kecepatan operasi tinggi.

Karena belitan dihubungkan secara seri, arah arus yang melalui kedua belitan tetap sama meskipun arah arus dibalik beberapa kali dalam satu detik. Meskipun demikian, motor dapat berjalan lebih lambat pada AC karena reaktansi belitan.

Motor ini digunakan pada peralatan listrik portabel seperti gerinda, *mixer*, blender, kipas angin, mesin bor, dan lain-lain.



Gambar 5.17 Konstruksi Motor Universal
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

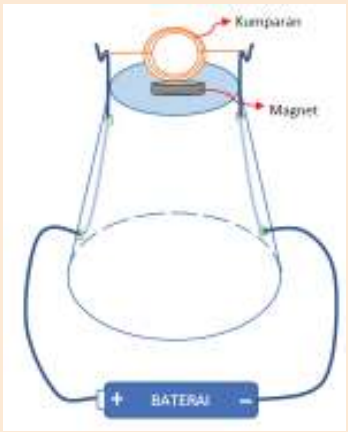
AKTIVITAS 1

Amati minimal lima alat yang digerakkan oleh motor listrik, baik motor listrik AC maupun motor listrik DC, di sekolah kalian. Kemudian isi tabel berikut sebagai laporan hasil pengamatan kalian.

No.	Nama Alat	Jenis Motor Listrik	Fungsi Motor pada Alat
1			
2			
3			
4			
5			
dst			

AKTIVITAS 2

Buat kelompok beranggotakan 4 orang. Buat percobaan prinsip kerja motor listrik secara sederhana seperti pada gambar berikut.



Alat-alat dan bahan yang diperlukan adalah:

1. kabel tipis panjang berlapis (kabel email);
2. selotip;
3. gelas kertas atau gelas plastik;
4. paku paying;
5. kabel berlapis yang kaku;
6. magnet (besar atau kecil);
7. dua buah baterai kecil ukuran AA;
8. spidol; dan
9. gunting.

Langkah kerja:

1. Buatlah kumparan magnet menggunakan kabel tipis panjang sekitar 10 lilitan. Satukan kumparan menggunakan selotip agar tidak lepas.
2. Posisi masing-masing ujung kumparan saling berlawanan dalam satu lingkaran dan sisakan sekitar 1 cm. Buat kumparan dalam posisi seimbang.
3. Buat dudukan kumparan menggunakan gelas plastik/gelas kertas. Beri lubang menggunakan paku payung pada bagian atas dan bawah masing-masing saling berlawanan. Beri jarak 1 cm dari ujung atas dan ujung bawah gelas
4. Masukkan kabel berlapis yang kaku pada lubang tadi (langkah 3). Posisikan gelas secara terbalik.

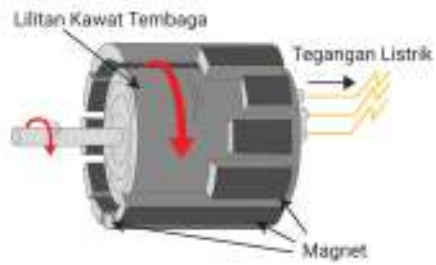
5. Letakkan magnet di atas gelas dengan menggunakan selotip.
6. Letakkan kumparan di atas penyangga pada gelas.
7. Hubungkan kabel penyangga dengan sumber tegangan berupa satu buah baterai.
8. Analisis apa yang terjadi saat kabel dihubungkan dengan sumber tegangan.
9. Lakukan percobaan dengan menambah satu lagi baterai yang dihubungkan secara seri. Apa yang akan terjadi?
10. Buat laporan dari percobaan tersebut. Diskusikan dengan kelompok lalu presentasikan di depan kelas.

4. Generator

Generator adalah mesin yang menghasilkan energi listrik dari sumber tenaga mekanik. Prinsip pengoperasian generator listrik adalah induksi elektromagnetik. Menurut jenis daya listriknya, generator dibagi menjadi generator DC dan generator AC. Perbedaan keduanya adalah penggunaan komutator pada generator DC dan *slip ring* pada generator AC. Proses kerja generator listrik dikenal sebagai pembangkit listrik. Meskipun generator dan motor memiliki banyak kesamaan, motor adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sementara itu, generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sirkuit eksternal, tetapi tidak menghasilkan arus yang sudah ada pada kumparan. Ini dianalogikan dengan pompa air yang menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air di dalamnya. Energi mekanik dapat berupa piston atau turbin mesin uap, akibat air yang jatuh melalui turbin atau kincir air, turbin berputar akibat angin, atau sumber energi mekanik lainnya.



Gambar 5.18 Generator DC dan Generator AC
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



Gambar 5.19 Konstruksi Bagan Generator

Untuk menambah pengetahuan kalian tentang motor dan generator, pindai kode QR atau klik di sini.

B. Peralatan Elektronika

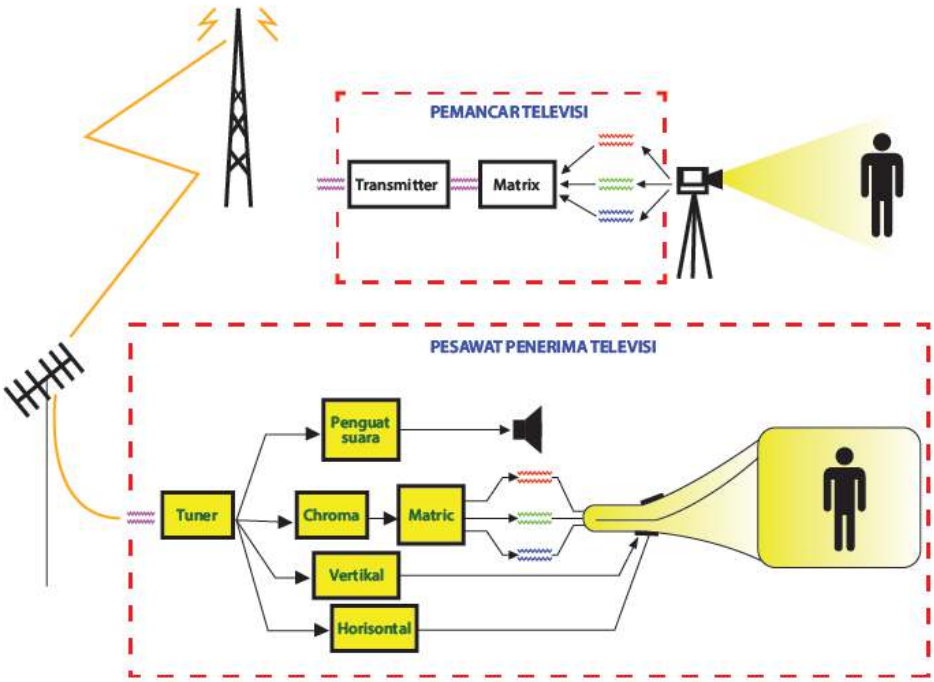
Dalam kehidupan sehari-hari, kalian tentu sering menjumpai peralatan yang menggunakan alat elektronika sebagai basis teknologinya. Di rumah, kalian menyaksikan tayangan televisi, mendengarkan musik melalui radio, atau berkomunikasi melalui telepon atau telepon genggam. Kalian juga tentu sering menggunakan komputer untuk mengerjakan tugas dan mencetaknya dengan bantuan *printer*. Di luar rumah kalian melihat lampu pengatur lalu lintas, lampu hias di sepanjang jalan, atau papan iklan elektronik. Peralatan-peralatan yang disebutkan di atas, yang memanfaatkan kerja dasar elektronika, disebut sebagai alat elektronik (*electronic device*).

1. Televisi (TV)

Televisi adalah sistem elektronik untuk mentransmisikan gambar sementara dari objek tetap atau bergerak bersama dengan suara melalui kabel atau melalui ruang udara dengan peralatan yang mengubah cahaya dan suara menjadi gelombang listrik dan mengubahnya kembali menjadi sinar cahaya tampak dan suara yang dapat didengar. Televisi menerima sinyal video dan audio dan ditampilkan pada layar tabung, LCD, atau LED.

Agar televisi dapat menampilkan gambar sesuai dengan yang diinginkan, televisi memiliki bagian-bagian yang menunjang satu

sama lain agar berfungsi sebagaimana mestinya. Secara umum televisi memiliki bagian-bagian seperti antena, catu daya, *tunner*, rangkaian detektor video, rangkaian penguat video, dan rangkaian audio.



Gambar 5.20 Bagan Prinsip Kerja Televisi

Berdasarkan jenis layarnya, televisi yang ada di pasaran saat ini terdiri dari televisi tabung, televisi plasma, televisi LCD, dan televisi LED.

a. Televisi Tabung

Televisi tabung merupakan televisi yang masih menggunakan teknologi lama. TV jenis ini menggunakan tabung sinar katode atau *cathode ray tube* (CRT), yaitu tabung yang berfungsi sebagai tempat layar dan proyeksi gambar.



Gambar 5.21 Televisi Tabung
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

b. Televisi Plasma

Televisi jenis ini menggunakan plasma atau bahan sejenis yang dapat memisahkan elektron dari inti atomnya untuk menghasilkan gambar. Televisi jenis ini memiliki dua lembar kaca, yang di antara keduanya diisi campuran gas. Pada saat ada aliran listrik, gas akan bereaksi dan menghasilkan gambar pada layar.



Gambar 5.22 Televisi Plasma
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

c. Televisi LCD

Televisi LCD banyak digunakan saat ini. LCD merupakan singkatan dari *liquid crystal display*. Karena cairan ini tidak memiliki cahaya sendiri, diperlukan cahaya dari luar untuk menghasilkan gambar.



Gambar 5.23 TV LCD
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

d. Televisi LED

Televisi LED merupakan televisi yang menggunakan teknologi diode yang dapat memancarkan cahaya pada saat mendapatkan arus. LED akan memancarkan cahaya jika diberi tegangan listrik dengan arus bias maju.

Televisi LED merupakan televisi yang menggunakan teknologi terbaru. Karena itu televisi jenis ini memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan jenis televisi lainnya.



Gambar 5.24 Televisi LED
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

AKTIVITAS 3

Buat kelompok beranggotakan empat orang. Buat pengamatan tentang cara kerja jenis-jenis televisi beserta kekurangan dan kelebihannya masing-masing. Kemudian presentasikan hasil pengamatan kalian di depan kelas dengan bimbingan guru.

2. Radio

Radio merupakan media masa satu arah yang dapat menyampaikan suara melalui teknologi transmisi sinyal modulasi dan gelombang elektromagnetik. Gelombang ini merambat melalui udara dan juga melalui ruang hampa udara, karena tidak memerlukan media pembawa (molekul udara). Dulu siaran radio hanya dapat ditangkap oleh perangkat penerima radio. Sekarang, siaran radio bahkan dapat ditangkap dan dinikmati melalui telepon seluler.

Gelombang radio menggunakan gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi paling rendah. Frekuensi radio berkisar antara 1 hertz sampai 100 gigahertz. Terdapat dua jenis pengiriman sinyal program radio kepada pendengar saat ini, yaitu melalui gelombang mplitude modulasi (AM) dan gelombang frekuensi modulasi (FM).

Perbedaan gelombang AM dan FM terletak pada jumlah getarannya. Gelombang AM memiliki jumlah getaran tetap, tetapi amplitudonya berubah seiring dengan suara sumber. Pada gelombang FM, jumlah getarannya berubah, tetapi amplitudonya tetap. Gelombang FM juga menghasilkan suara yang lebih baik dibandingkan gelombang AM.



Gambar 5.25 Penerima Radio
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

3. Perekam Pita (*Tape Recorder*)

Tape recorder adalah alat untuk merekam suara dan pemutar suara dengan menggunakan pita magnetik sebagai media penyimpanannya. *Tape recorder* merupakan perangkat yang cukup populer beberapa dekade lalu. Perangkat ini dapat digunakan untuk merekam maupun memutar hasil rekaman. Hasil rekaman

disimpan dalam pita magnetik panjang yang digulung dan dikemas dalam sebuah kaset. Dulu kaset merupakan format paling umum dalam industri musik.

Suara direkam dan disajikan dalam bentuk suara. Penggunaannya cukup mudah, baik pada saat merekam atau pada saat memutar hasil rekamannya berupa audio. Manfaat alat perekam bagi kehidupan manusia adalah sebagai berikut.

a. Merekam acara yang memerlukan audio.
b. Membantu siswa dalam meningkatkan keterampilan berbicara dan membaca.
c. Merekam materi pembelajaran dan dapat digandakan.
d. Rekaman dapat didengar kapan pun dan di mana saja.



Gambar 5.26 *Tape Recorder*
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Saat ini *tape recorder* sudah digantikan oleh pemutar CD dan bahkan rekaman musik sudah tidak memerlukan format penyimpanan khusus karena sudah berbentuk berkas digital yang dapat disimpan di berbagai gawai seperti ponsel, laptop, atau lainnya. Meskipun begitu, masih ada tempat yang menggunakan *tape recorder* sebagai salah satu media pembelajaran berbasis audio.

4. Pemutar VCD/DVD

Teknologi CD sebagai penyimpan berkas audio dan video perlahan menyingkirkan teknologi kaset dan tape recorder. Perangkat untuk memutar cakram VCD dan kemudian DVD disebut pemutar VCD/DVD. Pemutar DVD dapat memainkan cakram CD, VCD, maupun DVD. Perangkat ini biasanya disambungkan ke televisi untuk menampilkan gambar.



Gambar 5.27 Pemutar VCD/DVD
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

5. Telepon Seluler

Telepon seluler (*handphone*) yang disingkat HP merupakan alat telekomunikasi elektronik bergerak tanpa kabel yang berbasis *mobile device*. Prinsip kerja telepon seluler yaitu menggunakan kanal radio yang terpisah untuk berkomunikasi dengan *cell site*. Kemampuan dasar telepon seluler sama dengan fungsi dasar telepon rumah konvensional, tetapi dihubungkan dengan jaringan. Pengirim dan penerima harus tercakup dalam BTS (*base transceiver station*) yang menjadi fasilitas antar-pengguna telepon seluler.

Saat ini Indonesia memiliki dua jaringan telepon seluler, yaitu sistem GSM dan CDMA. Regulator komunikasi seluler Indonesia adalah Asosiasi Telekomunikasi Seluler Indonesia (ATSI).



Gambar 5.28 Telepon Seluler
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Selain berfungsi untuk melakukan dan menerima panggilan telepon, telepon seluler dapat mengirim dan menerima pesan singkat (SMS). Saat ini operator seluler menawarkan layanan jaringan 2G, 3G, 4G, bahkan 5G dengan menambahkan layanan secara video. Ponsel kini dilengkapi juga dengan fungsi komputer. Jadi ponsel juga dapat berfungsi seperti komputer mini. Dalam dunia bisnis, fitur ini sangat berguna bagi pengusaha untuk menyelesaikan semua aktivitas di satu tempat dan dalam waktu sesingkat mungkin.

6. Komputer dan Laptop

Komputer merupakan alat elektronik yang dapat mengolah informasi atau data. Komputer terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja secara bersamaan mengolah informasi atau data tersebut. Berikut adalah tugas komputer.

a. *Input*, yaitu mengambil dan memasukkan data dengan bantuan tetikus, papan ketik, kamera, pemindai, dan lain-lain.

b. *Processing*, yaitu memproses data yang dilakukan oleh CPU (*central processing unit*).

c. *Storage*, yaitu menyimpan data pada *hard disk*, *flash disk*, dan lain-lain.

d. *Output*, yaitu menampilkan data hasil pemprosesan pada monitor, mencetaknya dengan bantuan *printer*, mengeluarkan suara melalui *speaker*, dan lain-lain.



Gambar 5.29 Komputer
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Laptop atau *notebook* juga merupakan sebuah komputer, tetapi dalam bentuk yang dapat dibawa ke mana-mana karena cukup ringan. Laptop memanfaatkan tenaga baterai yang dapat diisi ulang ketika baterainya akan habis. Komponen yang dikandungnya sama persis dengan komponen komputer *desktop*, hanya saja lebih kecil, lebih ringan, lebih sedikit panas, dan lebih hemat energi.



Gambar 5.30 Laptop
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



AKTIVITAS 4

Tuliskan macam-macam peralatan elektronik yang banyak digunakan di sekolah atau perkantoran, minimal lima buah, dan kegunaannya.

No.	Nama Alat	Kegunaan
1		
2		
3		
4		
5		

C. Peralatan Instrumentasi

Dalam industri proses, informasi ukuran fisik tertentu diperlukan untuk memantau dan mengontrol aliran proses. Untuk memperoleh besaran fisik seperti aliran, tekanan, level dan suhu, kita memerlukan komponen seperti sensor dan transduser, transmiter, konverter, instrumen transmisi sinyal, indikator, pengontrol, perekam, dan katup kontrol.

Secara garis besar, peralatan instrumentasi industri dikelompokan ke dalam tiga kategori, yaitu sensor, pengontrol (*controller*), dan actuator.

1. Sensor

Dalam bidang instrumentasi dan kontrol proses, sensor didefinisikan sebagai perangkat yang mendeteksi perubahan fisik, listrik, atau kimia dalam suatu sistem. Sensor juga menghasilkan *output* atau keluaran listrik sebagai respons terhadap perubahan ini. Keluaran listrik dapat berupa sinyal atau data yang membawa informasi. Cara kerja sensor dalam instrumentasi mirip dengan cara kerja sistem sensorik tubuh kita, yang mengirimkan sinyal ke otak untuk memproses informasi.

Pada instrumentasi industri, sensor dapat diklasifikasikan menjadi sensor pasif, sensor aktif, sensor analog, dan sensor digital. Sensor pasif yaitu sensor yang dalam pengoperasiannya memerlukan daya atau energi, contohnya *resistance temperature detector* (RTD). Sensor aktif adalah sensor yang pengoperasiannya tidak memerlukan daya atau energi, contohnya termokopel. Sensor analog yaitu sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang kontinu atau terus-menerus, contohnya sensor cahaya. Sensor digital adalah sensor yang sinyal keluarannya berupa sinyal diskrit, contohnya sensor cahaya digital.

Untuk menambah wawasan kalian tentang jenis-jenis sensor secara lengkap, silakan pindai kode QR berikut atau klik di sini.

2. Pengontrol *(Controller)*



Gambar 5.31 Pengontrol Pneumatik
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Pengontrol adalah sebuah perangkat yang dapat bekerja secara otomatis. Pengontrol menerima informasi input dari alat pengukur yaitu sinyal variabel proses (PV), membandingkannya dengan *setpoint* (SP), jumlah koreksi yang diperlukan dihitung sesuai dengan algoritma (*proportional, proportional-integral, dan proportional-integral-derivative*) dan kemudian memberikan sinyal koreksi (variabel yang dimanipulasi atau MV) untuk transmisi ke katup kontrol. Pengontrol dapat berupa pengontrol pneumatik dan pengontrol elektronik atau pengontrol digital. Yang termasuk pengontrol elektronik di antaranya DCS (*distribute computing system*) dan PLC (*programmable logic control*).



Gambar 5.32 Pengontrol Elektronik
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



Gambar 5.33 PLC (*Programmable Logic Control*)
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

3. Aktuator

Dalam sistem kontrol industri, aktuator adalah perangkat keras yang mengubah sinyal perintah pengontrol menjadi parameter fisik. Perubahan parameter fisik biasanya bersifat mekanis, seperti perubahan posisi atau kecepatan.

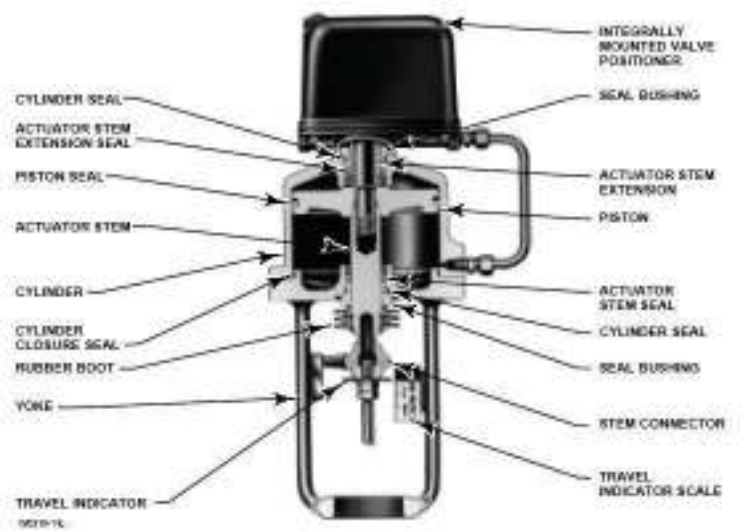
Aktuator adalah transduser, karena mengubah satu jenis besaran fisik, seperti arus listrik, menjadi besaran fisik lain, seperti kecepatan putaran motor listrik. Sinyal perintah pengontrol umumnya berlevel rendah, sehingga aktuator biasanya dilengkapi dengan penguat untuk memperkuat sinyal agar dapat digunakan untuk menggerakkan aktuator.

Bergantung pada jenis penguat yang digunakan, aktuator dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori berikut.

a. Aktuator listrik, termasuk peralatan linier (*output* berubah secara linier) dan peralatan putar (*output* berubah dalam rotasi).

b. Aktuator hidrolik, yang menggunakan cairan untuk memperkuat sinyal perintah pengontrol dengan gerakan linier atau putar. Aktuator hidrolik digunakan ketika gaya yang dibutuhkan tinggi.

c. Aktuator pneumatik, yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Seperti aktuator lain, gerakan yang dihasilkan bisa linier atau berputar. Karena tekanannya relatif rendah dibandingkan dengan aktuator hidrolik, aktuator pneumatik hanya dapat digunakan sampai batas tertentu.



Gambar 5.34 Katup Pengontrol dengan *Double-Acting Piston Actuator*
Sumber: Kharisma Yudha (2007)



Gambar 5.35 *Electric Valve Operator*
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Untuk menambah wawasan kalian tentang peralatan instrumentasi, pindai kode QR berikut atau klik di sini.

AKTIVITAS 5

Cari masing-masing tiga contoh dari sensor aktif, sensor pasif, dan sensor digital. Jelaskan prinsip kerja masing-masing contoh sensor tersebut. Kemudian presentasikan di depan kelas dengan bimbingan guru.

D. Komponen-Komponen Listrik

1. Bahan Penghantar

Konduktor yang digunakan dalam sistem kelistrikan umumnya terbuat dari tembaga atau aluminium. Tembaga memiliki kemurnian 99,9%. Resistivitas yang dibutuhkan tidak lebih daripada 0,017241 Ω mm2/m suhu 20°C, yang sama dengan 50 siemens = 100% konduktivitas IACS. Koefisien suhu awal 20°C adalah 0,04% per °C. Jika ada kenaikan suhu 100°C, akan ada kenaikan 4% dalam resistansi spesifik. Luas penampang konduktor tembaga harus memenuhi standar internasional.



Gambar 5.36 Penghantar Inti Tembaga
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

2. Sekring

Sekering adalah jenis pengaman listrik dengan elemen yang dapat meleleh jika arus yang melaluinya melebihi nilai nominalnya. Pengoperasian jenis pengaman ini didasarkan pada panas yang dihasilkan oleh arus lebih yang mengalir pada elemen sekering.

a. Sekering Non-Otomatis

Sekering ini memiliki kawat perak dengan campuran lain seperti timbal, seng, dan tembaga. Prinsipnya bekerja dengan memutus kabel yang menyatu jika sistem meningkatkan arus di atas batas pengenal.



Gambar 5.37 Sekering

b. Sekering Otomatis

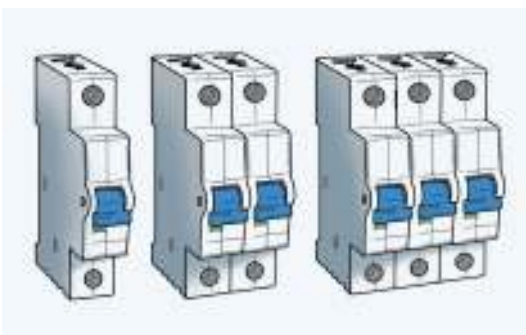
Sekering atau *fuse* otomatis memiliki bentuk fisik yang sama dengan sekering non-otomatis. Perbedaannya adalah sekering otomatis memiliki dua tombol. Tombol besar di tengah digunakan untuk menghubungkan daya. Jika terjadi korsleting, tombol tengah keluar. Sebuah tombol kecil di tepi digunakan untuk mematikan daya.



Gambar 5.38 Sekering Otomatis

3. *Circuit Breaker*

Circuit breaker atau CB merupakan pemutus tenaga listrik pada instalasi listrik segala kondisi, termasuk hubung singkat sesuai dengan kapasitas/rating. Juga dalam kondisi tegangan normal dan tidak normal.



Gambar 5.39 MCB

4. Stop Kontak/Terminal dan Sakelar

Stop kontak atau soket listrik adalah alat listrik yang memiliki dua lubang atau slot serta dua logam berbentuk garis. Lubang pertama berguna untuk mengalirkan listrik ke alat elektronik, sedangkan slot kedua berfungsi untuk mengembalikan arus listrik.

Jumlah lubang dalam stop kontak berbeda-beda tergantung negara penggunaannya. Ada stop kontak yang terdiri dari tiga lubang, sebagai *grounding* untuk mengamankan arus listrik yang mengalir.

Terkadang kita membutuhkan stop kontak dalam jumlah banyak karena ingin menggunakan peralatan elektronik dalam waktu yang bersamaan. Pada saat inilah kita membutuhkan terminal listrik. Terminal listrik adalah blok soket listrik yang menempel pada ujung kabel fleksibel. Pada satu terminal listrik terdapat lebih dari satu soket listrik atau stop kontak. Terminal listrik kini hadir dengan berbagai fitur seperti terminal daya dengan *port* USB, kabel melingkar, dan banyak lagi.



Gambar 5.40 Stop Kontak dan Terminal Listrik
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Selain stop kontak dan terminal, ada pula alat listrik yang disebut sakelar. Sakelar berfungsi sebagai pemutus arus. Sakelar berbentuk seperti tombol yang bisa ditekan ke dua arah, yaitu *on* dan *off*. Arus listrik akan terputus apabila kita menekan tombol *off* dan kembali tersambung bila tombol *on* ditekan. Penggunaan sakelar tidak terbatas pada mengalirkan listrik pada lampu, tetapi juga peralatan elektronik lainnya.



Gambar 5.41 Sakelar Listrik
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

5. Lampu dan Fiting

Lampu listrik merupakan perangkat yang dapat menimbulkan cahaya ketika arus listrik diterapkan. Saat ini ada tiga macam lampu listrik, yaitu lampu pijar, lampu neon, dan lampu LED.



Gambar 5.42 Lampu Pijar
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)



Gambar 5.43 Lampu Neon atau *Gas-Discharge Lamp*
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Lampu LED adalah lampu listrik yang menggunakan komponen elektronik LED sebagai sumber cahayanya. Jenis lampu listrik LED ini memiliki banyak keunggulan, misalnya lebih hemat energi, lebih awet, dan tidak mengandung zat berbahaya. Cahaya yang dipancarkan oleh arus listrik dalam LED tidak menghasilkan panas sebanyak lampu pijar. Oleh karena itu, lampu LED terasa lebih sejuk karena tidak membuat ruangan panas.

Lampu LED memiliki masa pakai hingga 25.000 jam, yang membuktikan bahwa LED bertahan 2,5 kali lebih lama daripada lampu neon. Hal ini membuat harga lampu LED lebih mahal dibandingkan jenis lampu lainnya.



Gambar 5.44 Lampu LED
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Lampu dapat menyala apabila tersambung dengan listrik. Namun, lampu tidak dapat sembarangan disambungkan karena posisi lampu harus stabil. Apabila tidak stabil, dapat menyebabkan korsleting. Karena itu lampu harus dipasangkan pada fiting atau dudukan lampu.

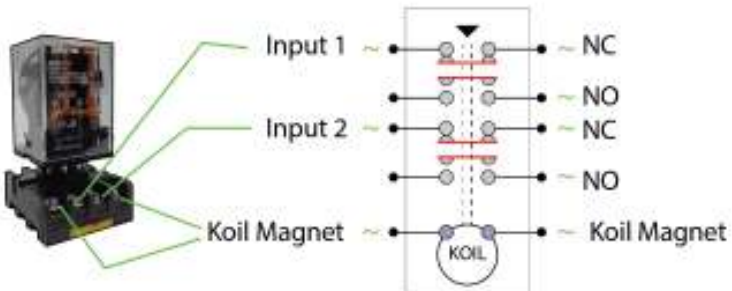
Fiting berfungsi sebagai penyambung bola lampu dengan jaringan listrik. Ada dua jenis fiting, yaitu fiting berulir dan tongkat. Untuk menyalakan lampu, kita memasukkan bagian kaki lampu yang berulir ke fiting, lalu memutar lampu hingga terasa kencang dan lampu terpasang dengan stabil.



Gambar 5.45 Fiting Lampu
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

6. Relai dan Kontaktor

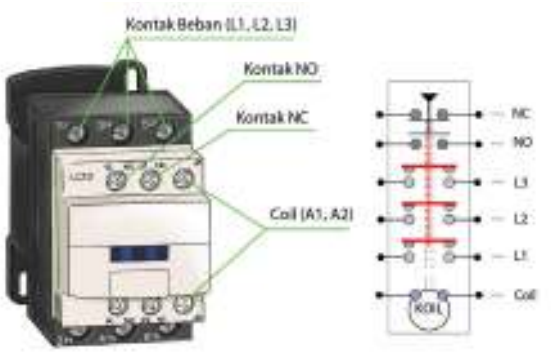
Prinsip kerja relai adalah menggunakan rangkaian sensor magnetik untuk menggerakkan tutup dan membuka sakelar internal di dalamnya. Ketika kita menerapkan arus listrik ke koil relai atau kontaktor, sakelar internal juga terhubung. Selain itu, ada juga sakelar internal yang tidak terhubung.



Gambar 5.46 Relai

Sementara itu, kontaktor adalah perangkat sakelar listrik yang bekerja berdasarkan elektromagnet. Terdapat dua jenis koil kontaktor magnet, yaitu kontaktor DC dan kontaktor AC. Koil kontaktor DC tidak menggunakan koil pengaman hubung singkat, sedangkan kontaktor AC inti magnet menggunakan koil pengaman hubung singkat.

Kontak utama umumnya dihubungkan ke nomor kode terminal 1, 3, 5 atau L1, L2, L3 dan keluaran nomor kode terminal 2, 4, 6 atau T1, T2, T3.



Gambar 5.47 Kontaktor Magnetik

7. Sumber Tegangan

Sumber tegangan merupakan perangkat atau alat yang dapat menghasilkan atau menyimpan arus listrik yang berfungsi untuk memberikan beda potensial pada komponen-komponen elektronika yang terhubung pada sumber listrik. Sumber tegangan listrik dibedakan menjadi dua macam, yaitu sumber tegangan AC dan sumber tegangan DC.

Sumber tegangan AC (*alternating current*), biasanya diperoleh dari sumber sumber yang tersedia pada rumah tinggal, kantor, atau perusahaan yang dipasok dari perusahaan listrik negara atau bersumber dari generator AC. Sementara itu, sumber tegangan listrik DC (*direct current*) merupakan sumber listrik yang menghasilkan arus satu arah, atau arus yang mengalir dari kutub negatif ke kutub positif secara terus-menerus. Sumber tegangan DC memiliki ciri-ciri berikut.

a. Arus yang mengalir adalah arus searah.
b. Memiliki dua kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif.
c. Mengandung zat kimia pada komponen penyusunnya, baik berupa pasta atau larutan.
d. Energi listrik yang dihasilkan merupakan hasil proses elektrokimia.

Contoh sumber listrik DC misalnya elemen volta, elemen kering (baterai), dan akumulator.

a. Elemen Volta

Elemen volta pertama kali dikembangkan oleh fisikiawan Italia bernama Alessandro Volta (1979-1800). Elemen volta terbentuk

dari lempengan-lempengan seng dan tembaga, yang direndam pada larutan asam sulfat (H_2SO_4).

Lempeng tembaga memiliki potensial yang tinggi, sementara lempeng seng memiliki poensial yang rendah. Apabila kedua lempeng tersebut dihubungkan melalui sebuah lampu, lampu akan menyala. Hal ini karena adanya arus listrik yang mengalir pada lampu. Pada proses ini, larutan elektrolit bereaksi dengan logam tembaga dan logam seng yang menghasilkan sejumlah elektron bebas yang mengalir dari seng menuju tembaga.

Kekurangan elemen volta adalah kemampuan mengalirkan arus listriknya hanya sebentar, tegangan yang dihasilkan cukup kecil yaitu 1,1 volt, dan cairan elektrolitnya dapat membasahi bagan peralatan lainnya.

b. Elemen Kering (Baterai)

Elemen kering atau kita sebut saja baterai, tentu kalian sudah sangat mengenalnya. Baterai memiliki kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif terbuat dari batang karbon (C), sementara kutub negatif terbuat dari logam seng (Zn). Pada baterai terdapat larutan elektrolit yang terbuat dari amonium klorida (NH_4Cl) dan mangan dioksida (MnO_2) yang berfungsi sebagai dispolarisator.



Gambar 5.48 Bagian-Bagian Baterai
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Jika kutub positif baterai dihubungkan dengan kutub negatif melalui sebuah lampu, lampu akan menyala. Pada penggunaannnya, pemasangan baterai pada rangkaian harus diperhatikan. Kutub positif baterai harus dihubungkan pada

potensial tinggi (+) rangkaian elektronika dan kutub negatif dihubungkan pada potensial rendah (-) rangkaian elekronika.

Tegangan yang dihasilkan baterai biasanya sebasar 1,5 volt, 4,5 volt, atau 9 volt. Baterai ini biasanya digunakan pada peralatan elektronika yang bertegangan rendah, seperti radio, senter, jam, *remote* televisi, dan lain-lain.



Gambar 5.49 Baterai
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

c. Akumulator (Aki)

Akumulator merupakan alat yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Bagian utama akumulator terdiri dari:

1) kutub positif (anode), yang terbuat dari timbal dioksida (PbO_2);
2) kutub negatif (katode), yang terbuat dari timbal murni (Pb); dan
3) larutan elektrolit yaitu asam sulfat (H_2SO_4).

Masing-masing lempeng timbal dioksida dan timbal murni disusun saling bersisipan yang membentuk satu pasang sel akumulator yang berdekatan terpisah oleh isolator. Beda potensial yang dihasilkan oleh setiap satu sel akumulator yaitu 2 volt. Pada kehidupan kita sehari-hari banyak dijumpai akumulator dalam berbagai kapasitas tegangan, misalnya 6 volt, 12 volt, dan 24 volt.



Gambar 5.50 Akumulator
Sumber: Kemendikbudristek/Farid Mulyana (2022)

Kemampuan akumulator dalam menghasilkan energi listrik dinyatakan dengan satuan Ampere Hour (AH). Jika dijumpai kapasitas akumulator 60 AH, berarti akumulator dapat mengalirkan arus listrik 1 Ampere yang dapat bertahan selama 60 jam tanpa pengisian kembali.

Ada dua jenis akumulator, yaitu akumulator basah dan akumulator kering. Akumulator basah banyak digunakan pada mobil dan sepeda motor. Jenis akumulator ini biasanya diisi oleh cairan asam sulfat dan harus diisi ulang setelah cairan habis. Sedangkan, akumulator kering prinsip kerjanya sama dengan baterai dan tidak memerlukan pengisian cairan. Sebelum digunakan, akumulator kering harus diisi atau di-charge selama beberapa jam sesuai dengan kapasitasnya. Akumulator kering biasanya dapat digunakan selama kurang lebih enam jam sebelum diisi atau di-*charge* ulang.



AKTIVITAS 6

Buat kelompok beranggotakan empat orang. Lakukan uji coba elemen volta dengan bahan-bahan sebagai berikut.

1. Lempengan seng dan tembaga masing-masing 1 buah dengan ukuran 3 cm x 10 cm.
2. Larutan asam sulfat (H_2SO_4).
3. Lampu DC 3 volt (sesuaikan dengan ketersediaan di sekolah).
4. Wadah plastik.
5. Kabel serabut/tunggal.
6. Tiga buah baterai 1,5 volt.
7. Satu buah lampu bohlam senter.

Lakukanlah percobaan berikut!

1. Hubungkan 1 baterai dengan lampu. Amati apa yang terjadi.
2. Hubungkan 2 buah baterai secara seri, kemudian hubungankan dengan lampu. Apa yang terjadi?

3. Hubungkan 3 buah baterai secara seri, kemudian hubungkan dengan lampu. Apa yang terjadi?
4. Jelaskan hasil pengamatan untuk ketiga keadaan tersebut.



RANGKUMAN

1. Mesin listrik terbagi menjadi mesin listrik statis dan dinamis.
2. Transformator adalah alat untuk mengubah energi listrik dari bagian primer ke bagian sekunder dengan perubahan tegangan pada frekuensi yang sama.
3. Motor listrik dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik putaran.
4. Generator dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.
5. Frekuensi merupakan jumlah gelombang yang muncul di setiap satu detik, dengan satuan frekuensi yaitu Hertz.
6. Komponen instrumentasi dapat dikelompokkan menjadi sensor dan transduser, transmiter, konverter, instrumen sinyal transmisi, indikator, pengontrol, perekam, dan katup kontrol.
7. Sensor merupakan perangkat yang mendeteksi perubahan fisik, lisrik, atau kimia dalam suatu sistem.
8. Pengontrol adalah sebuah perangkat yang dapat bekerja secara otomatis.
9. Aktuator adalah perangkat keras yang mengubah sinyal perintah pengontrol menjadi parameter fisik.
10. Komponen-komponen listrik terdiri dari bahan penghantar, sekering, *circuit breaker*, terminal, stop kontak, sakelar, fiting, lampu, relai, kontaktor, dan sumber tegangan (elemen volta, baterai, dan akumulator).

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan perbedaan motor listrik sinkron dan asinkron!
2. Salah satu jenis motor DC adalah motor DC tanpa sikat-sikat. Jelaskan prinsip kerja motor DC tersebut sehingga dapat berputar!
3. Jelaskan prinsip kerja generator listrik secara umum!
4. Jelakan perbedaan TV LED, TV Plasma, dan TV LCD dilihat dari proses keluarnya gambar pada layar masing-masing.
5. Jelaskan fungsi dan prinsip kerja *sensor proximity*, lalu sebutkan jenis-jenisnya!
6. Salah satu kekurangan elemen volta yaitu tidak dapat mengalirkan arus listrik yang lama. Jelaskan mengapa hal tersebut terjadi!

PENGAYAAN

Untuk menambah wawasan kalian tentang mesin-mesin listrik, elektronika, dan instrumentasi, silakan pindai kode-kode QR berikut.



Mesin listrik, elektronika, dan instrumentasi merupakan peralatan pendukung dalam industri. Berbagai perkembangan teknologi maju dan pesat saat ini salah satunya adalah peralatan dalam industri. Peralatan pendukung yang terbaru atau modern akan menunjang hasil produksi dalam industri, sehingga akan menghasilkan produk yang berkualitas sesuai yang diinginkan konsumen.

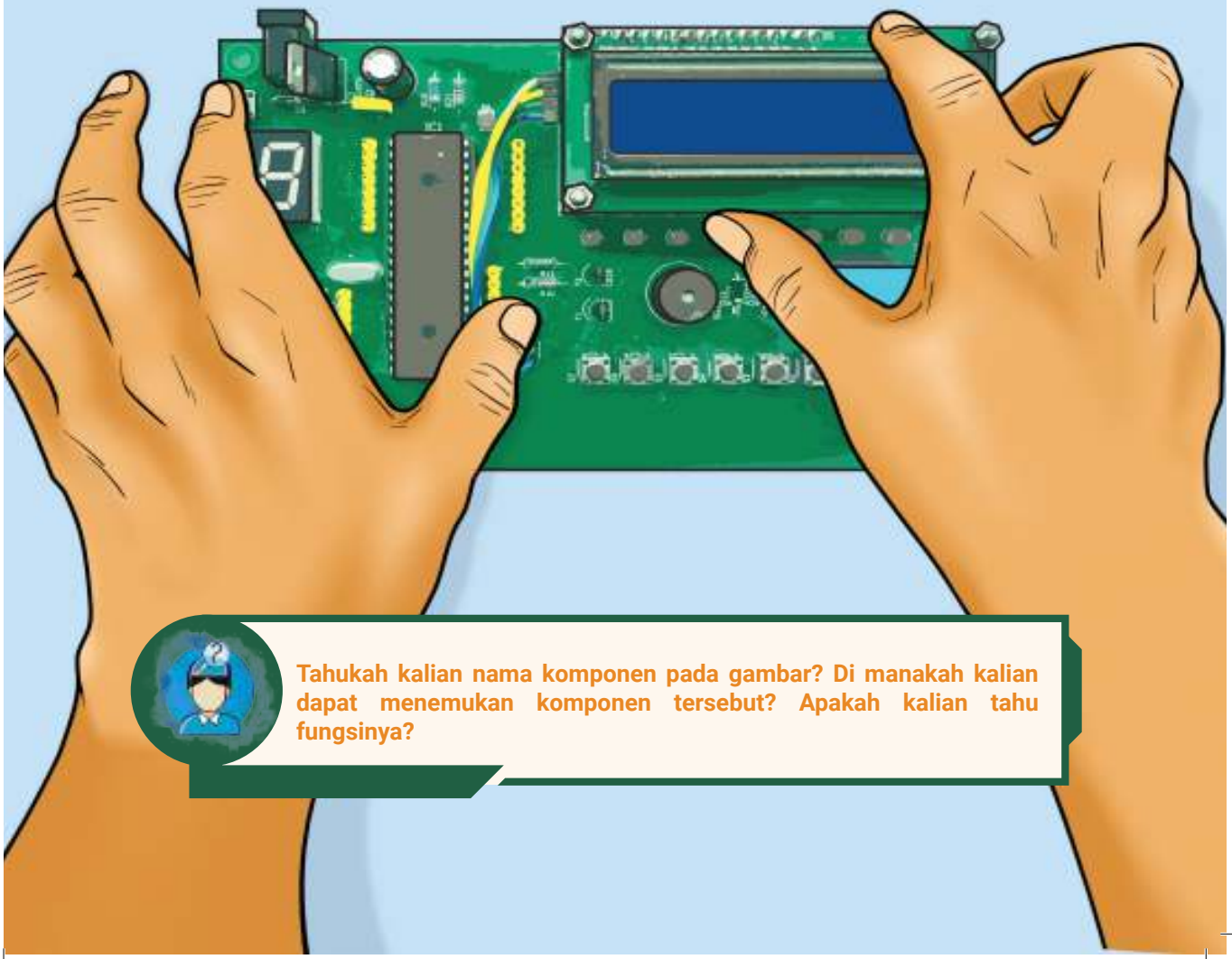
KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Dasar-Dasar Teknik Elektronika
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis: Farid Mulyana, Ismanto

ISBN: 978-602-244-981-2 (no.jil.lengkap)
978-602-244-982-9 (jil.2)
978-623-388-069-5 (PDF)

Bab VI Dasar Teknik Digital



Tahukah kalian nama komponen pada gambar? Di manakah kalian dapat menemukan komponen tersebut? Apakah kalian tahu fungsinya?

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, kalian akan memahami tentang rangkaian dan sistem digital dan dapat menjelaskan tentang sistem bilangan dan sistem kode. Kalian juga akan memahami tentang gerbang logika dasar dan aljabar Boole, rangkaian kombinasi, rangkaian sekuensial, dan rangkaian elektronika.

KATA KUNCI

rangkaian, sistem digital, sistem bilangan, gerbang logika dasar, aljabar Boole

PETA MATERI



Kalian tentu sudah familier dengan suasana di jalan raya, rambu-rambu lalu lintasnya, termasuk lampu pengatur lalu lintas di setiap persimpangan jalan. Apakah kalian tahu bagaimana cara kerja lampu lalu lintas?

Lampu lalu lintas bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi elektronika digital. Tentu kalian dapat membayangkan apabila tidak otomatis, akan sangat merepotkan merepotkan mengendalikan lampu di setiap perempatan jalan secara manual. Tenaga kerja yang dibutuhkan akan sangat banyak juga tidak efisien.

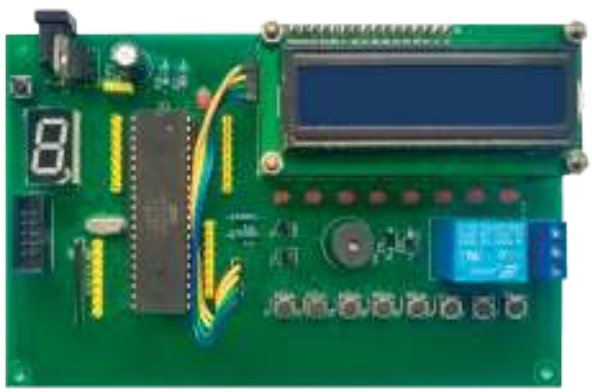
Dengan elektronika digital, kita dapat memudahkan suatu pekerjaan. Pekerjaan dapat diprogram dengan bahasa pemrograman. Lampu lalu lintas di suatu wilayah diatur dengan program tertentu sehingga bekerja secara sinkron. Petugas cukup mengawasi dan mengambil tindakan ketika program mengalami gangguan.

Apakah kalian dapat menyebutkan pekerjaan apa lagi di sekitar kita yang diatur dengan memanfaatkan elektronika digital?

A. Rangkaian dan Sistem Digital

1. Rangkaian Digital

Rangkaian digital, sering pula disebut sebagai rangkaian logika, adalah kesatuan dari elemen-elemen logika yang membentuk suatu fungsi pemrosesan sinyal digital. Pada rangkaian digital, *input* maupun *output*-nya merupakan sinyal digital. *Output*-nya memberikan fungsi pemrosesan sinyal digital.



Gambar 6.1 Modul Rangkaian Digital

2. Sistem Digital

Sistem digital adalah sistem elektronika yang berfungsi mengukur nilai yang bersifat tetap atau tidak teratur dalam bentuk angka-angka. Sistem digital terdiri dari beberapa rangkaian digital atau logika, komponen elektronika, dan elemen-elemen gerbang logika untuk tujuan pengalihan energi atau tenaga.

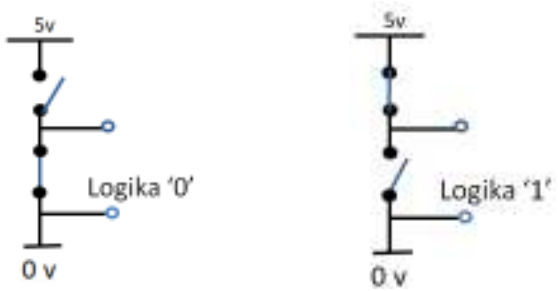
Perbedaan rangkaian digital dan sistem digital dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.1 Perbedaan Rangkaian Digital dan Sistem Digital

No.	Rangkaian Digital	Sistem Digital
1	Merupakan bagian dari sistem digital. Bagian-bagiannya terdiri atas beberapa elemen/gerbang logika.	Bagian-bagiannya terdiri atas beberapa rangkaian digital, gerbang logika, dan komponen elektronika lainnya.
2	*Output*-nya membentuk fungsi pemrosesan sinyal digital.	*Output*-nya merupakan fungsi pengalihan tenaga.
3	*Input* dan *output*-nya berupa sinyal digital.	*Input* dan *output*-nya berupa tenaga atau energi.

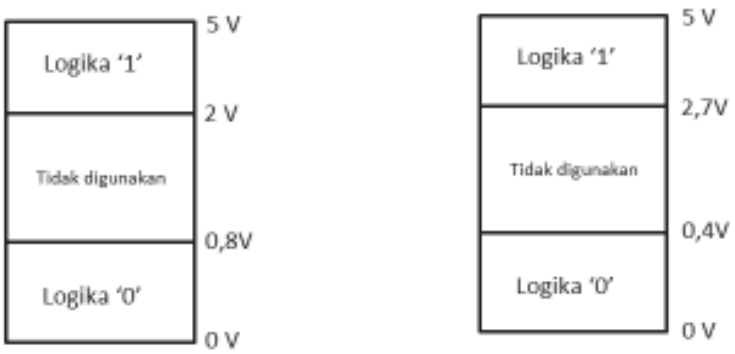
3. Representasi Besaran Digital

Besaran digital merupakan besaran yang sifatnya diskrit, yakni hanya memiliki dua keadaan saja. Dalam analisis dan perancangan sistem atau rangkaian digital, kedua keadaan tersebut dinamakan keadaan biner, yaitu keadaan rendah atau level logika 0 dan keadaan tinggi atau level logika 1.



Gambar 6.2 Representasi Logika '0' dan '1' dalam Rangkaian
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Karena adanya derau dan ketidakidealan dalam rangkaian digital, terdapat toleransi dalam representasi logika '0' dan '1'. Pada standar *transistor-transistor logic* (TTL), logika '0' berada pada rentang 0–0,8 volt untuk sisi masukan dan rentang 0–0,4 volt untuk sisi keluaran. Sedangkan logika '1' berada pada rentang 2–5 volt untuk sisi masukan dan rentang 2,7–5 volt untuk sisi keluaran.

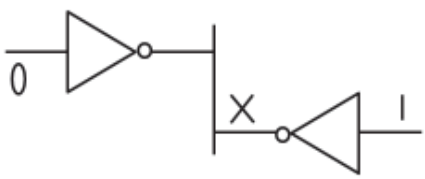


Gambar 6.3 Representasi Logika Digital TTL pada Sisi Masukan (a) dan Sisi Keluaran (b)
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Selain logika '0' dan logika '1', masih ada kemungkinan logika lainnya yang dikenal dalam sistem digital. Berikut adalah kemungkinan logika tersebut.

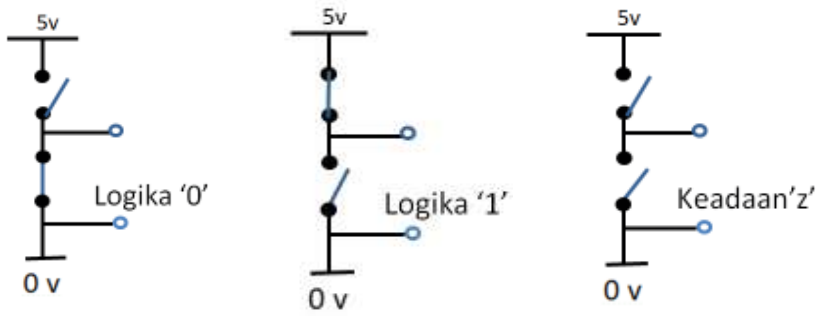
a. Logika 'U' atau *uninitialized*. Kondisi *unitialized* merupakan keadaan yang muncul pada saat logika belum dipastikan bernilai '0' atau '1'. Jadi nilai 'U' hanya muncul di awal sebelum logika lainnya. Tidak ada nilai 'U' yang tiba-tiba muncul setelah nilai logika lain.

b. Logika 'X' atau *unknown*. Nilai *unknown* merupakan kondisi digital yang muncul ketika logika '1' bercampur dengan '0' pada satu titik. Contohnya pada gambar berikut, yang menunjukkan dua gerbang inverter yang masing-masing *output*-nya bertemu pada satu titik. Gerbang inverter pertama memiliki *input* logika '0' sehingga logika *output*-nya adalah '1', sedangkan gerbang inverter kedua memiliki *input* logika '1' sehingga *output*-nya berlogika '0'. Namun, karena *output* kedua gerbang inverter bertemu pada suatu titik, maka logika yang muncul bukan logika '0' atau '1' namun kondisi unknown atau 'X'.



Gambar 6.4 Kondisi yang Menyebabkan Munculnya Logika 'X'
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

c. Logika ‘Z’ atau *high impedance*. Kondisi ini merupakan kondisi dalam rangkaian digital yang tidak tersambung ke logika ‘1’ atau ke logika ‘0’. Gambar berikut menunjukkan ilustrasi munculnya ‘Z’ pada *output* karena terputus dari tegangan VCC (sebagai logika ‘1’) dan terputus dari tegangan 0 (sebagai logika ‘0’). Tidak seperti ‘U’, nilai ‘Z’ dapat muncul di mana pun asalkan titik tersebut memang tidak tersambung ke ‘1’ maupun ‘0’.



Gambar 6.5 Macam-Macam Kondisi yang Menyebabkan Logika ‘Z’
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

d. Logika ‘W’ atau *weak signal*. Keadaan ini terjadi ketika tegangan pada satu titik bernilai di tengah-tengah antara logika ‘1’ dan logika ‘0’.

e. Logika ‘L’ atau *probably ‘0’*. Keadaan ini terjadi di bawah ‘W’ sampai sebelum masuk ke logika ‘0’.

f. Logika ‘H’ atau *probably ‘1’*. Keadaan ini terjadi di atas ‘W’ sampai sebelum masuk ke logika ‘1’.

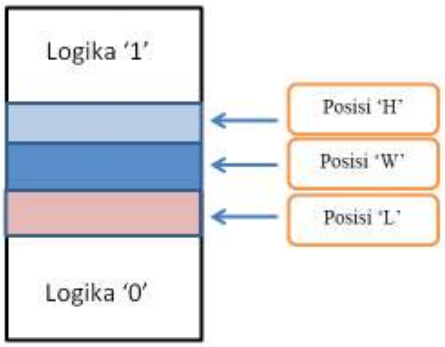
g. Logika ‘-’ atau *don’t care*

Nilai ‘H’, ‘W’, dan ‘L’ dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti penjelasan berikut.

a. Karena jalur perambatan data antara satu gerbang ke gerbang lainnya berjauhan sehingga terjadi *drop* tegangan yang cukup besar.

b. Terjadi kesalahan rangkaian yang menyebabkan tegangan yang dihasilkan tidak bisa mendekati nilai logika ‘1’ maupun ‘0’.

c. Beban *fan out* yang terlalu besar sehingga arus yang disuplai oleh suatu gerbang tidak mencukupi dan berakibat tegangan yang dihasilkan menjadi lebih kecil.



Gambar 6.6 Ilustrasi Posisi 'H', 'W', dan 'L' di Antara Logika '0' dan '1'
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)



AKTIVITAS 1

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Praktikkan langkah-langkah berikut.

1. Buat rangkaian sederhana dengan *output* LED.
2. Peragakan posisi 'H', 'W', dan 'L' di antara logika '0' dan '1'.

Diskusikan hasil percobaan kalian kemudian buat laporan tertulis.

B. Sistem Bilangan dan Sistem Kode

1. Bilangan

a. Bilangan Desimal

Desimal merupakan sistem bilangan dengan basis 10, artinya digit atau angka yang digunakan untuk menyajikannya berjumlah 10 buah, yakni: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. Setiap digit penyusunnya memiliki bobot kepangkatan 10_n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif. Perhatikan contoh berikut.

Bilangan $(5346)_{10}$ atau 5346_{10} memiliki arti:

$$5346_{10} = 5 \times 10^4 + 3 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 6 \times 10^1$$

Angka-angka penyusun bilangan desimal disebut digit. Digit yang menempati posisi paling kiri, yakni 5, memiliki bobot terbesar sehingga dinamakan *Most Significant Digit* (MSD) sedangkan digit paling kanan dinamakan *Least Significant Digit* (LSD) yang berarti digit dengan bobot terkecil. Untuk bilangan desimal bulat 5346, hubungan antara digit-digit penyusun dengan bobotnya dapat disajikan seperti berikut ini:

	10^3	10^2	10^1	10^0	= Bobot bilangan desimal bulat
Bilangan desimal =	5	3	4	6	
	MSD			LSD	

Contoh lain, bilangan desimal 0,25 memiliki arti:

$$0{,}25 = 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

b. Bilangan Biner

Biner merupakan sistem bilangan dengan basis 2, artinya dalam sistem ini digit yang digunakan berjumlah 2 buah yakni 0 dan 1. Setiap digit penyusunnya (dinamakan bit) memiliki bobot kepangkatan 2^n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif. Perhatikan contoh berikut.

Bilangan biner $(10110)_2$ atau 10110_2, dalam konteks bilangan desimal memiliki arti:

$$10110_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 22_{10}$$

$$16_{10} \quad 0 \quad 4_{10} \quad 2_{10} \quad 0$$

Bit dengan bobot terbesar dinamakan *Most Significant Bit* (MSB) dan bit paling kanan dengan bobot terkecil dinamakan *Least Significant Bit* (LSB). Bobot bilangan biner ditunjukkan sebagai berikut

	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	= Bobot bilangan biner bulat
Bilangan Biner =	1	0	1	1	0	
	MSD				LSD	

Untuk bilangan biner pecahan, bobot bit MSB dimulai dari 2^{-1}. Contoh bilangan biner $0{,}101_2$ memiliki arti sebagai berikut.

$$0{,}101_2 = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 0{,}5 + 0 + 0{,}125$$
$$= 0{,}525_{10}$$

Hubungan antara bit-bit penyusun dengan bobotnya adalah sebagai berikut:

		2^{-1}	2^{-2}	2^{3}	= Bobot bilangan biner bulat
Bilangan Biner	0,	1	0	1	
	MSD			LSD	

c. Bilangan Oktal

Oktal merupakan sistem bilangan dengan basis 8. Dalam sistem ini digit yang digunakan berjumlah 8 buah yakni: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Bobot yang dimiliki oleh setiap digit penyusunnya adalah kepangkatan 8^n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif. Perhatikan contoh berikut.

Bilangan octal $(0215)_8$ atau 215_8 dalam konteks bilangan desimal memiliki arti:

$$215_8 = 2 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 5 \times 8^0 = 141_{10}$$
$$128_{10} \quad 8_{10} \quad 5_{10}$$

Setiap bilangan penyusun pada sistem oktal disebut digit dan bobotnya ditunjukkan sebagai berikut.

	8^2	8^1	8^0	= Bobot bilangan Oktal bulat
Bilangan Oktal =	2	1	5	
	MSD		LSD	

Untuk bilangan oktal pecahan bobotnya merupakan kepangkatan negatif dari 8. Perhatikan contoh berikut.

Bilangan oktal $0{,}148_8$ memiliki arti:

$$0{,}148_8 = 1 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = \frac{1}{8} + \frac{4}{64} = \frac{2}{16} + \frac{1}{16} = \frac{3}{16}$$

Hubungan antara digit-digit penyusun dengan bobotnya adalah:

		8^2	8^1	= Bobot bilangan Oktal Pecahan
Bilangan Oktal =	0,	1	4	
		MSD	LSD	

d. Bilangan Heksadesimal

Heksadesimal merupakan sistem bilangan dengan basis 16, artinya simbol digit yang digunakan berjumlah 16 yakni 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, dan F. Bobot setiap digit penyusunnya adalah kepangkatan 16^n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif. Perhatikan contoh berikut.

Bilangan $(BE5)_{16}$ atau $BE5_{16}$ dalam konteks sistem desimal memiliki arti berikut.

$$BE \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 5 \times 16^0 = 3045_{10}$$

$$2816_{10} \qquad 224_{10} \qquad 5_{10}$$

Bobot digit-digit heksadesimal pada contoh ditunjukkan sebagai berikut.

	16^2	16^1	16^0	= Bobot bilangan Oktal bulat
Bilangan Heksadesimal =	B	E	5	
	MSD		LSD	

Untuk bilangan heksadesimal pecahan, bobot terbesar dimulai dari 16^{-1}. Perhatikan contoh berikut.

Bilangan heksadesimal pecahan adalah $0{,}C8_{16}$. Bilangan heksadesimal tersebut memiliki nilai desimal berikut.

$$0, C8_{16} = 12 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} = \frac{12}{16} + \frac{8}{256} = \frac{24}{32} + \frac{1}{32} = \frac{25}{16}$$

Hubungan antara digit-digit penyusun dengan bobotnya dapat dituliskan sebagai berikut.

		16^{-1}	16^{-2}	= Bobot bilangan Oktal Pecahan
Bilangan Heksadesimal =	0,	C	8	
		MSD	LSD	

2. Konversi Sistem Bilangan

a. Desimal ke Biner

Cara mengonversi bilangan desimal ke biner adalah dengan membagi bilangan desimal dengan 2 (basis bilangan biner) dan menyimpan sisa hasil bagi dari setiap pembagian sebagai bit-bit bilangan biner. Nilai konversinya adalah urutan sisa hasil bagi dari yang paling akhir.

88(10)= ... (2)
88 : 2 = 44 sisa 0
44 : 2 = 22 sisa 0
22 : 2 = 11 sisa 0
11 : 2 = 5 sisa 1
5 : 2 = 2 sisa 1
2 : 2 = 1 sisa 0
1 : 2 = 0 sisa 1

Jadi hasil konversinya adalah 1011000 (ditulis dengan urutan dari bawah ke atas).

b. Desimal ke Oktal

Cara mengonversi bilangan desimal ke oktal adalah dengan cara membagi bilangan desimal dengan 8 (basis bilangan oktal) dan menyimpan sisa hasil bagi dari setiap pembagian sebagai bit-bit bilangan oktal. Nilai konversinya adalah urutan sisa hasil bagi dari yang paling akhir. Perhatikan contoh berikut.

1402(10) = ... (8)
1402/8 = 175 sisa 2
175/8 = 21 sisa 7
21/8 = 2 sisa 5
2/8 = 0 sisa 2

Maka hasil konversinya = 2572 (ditulis dari bawah).

c. Desimal ke Heksadesimal

Cara mengonversi bilangan desimal ke heksadesimal adalah dengan cara membagi bilangan desimal dengan 16 (basis bilangan heksadesimal) dan menyimpan sisa hasil bagi dari setiap pembagian sebagai bit-bit bilangan heksadesimal. Apabila sisa bagi > 9, angkanya diubah menjadi huruf. Untuk sisa bagi berjumlah 10 = A, 11 = B, 12 = C, 13 = D, 14 = E, 15 = F. Perhatikan contoh berikut.

19889(10) = ... (16)

19889/16 = 1243 sisa 1

1243/16 = 77 sisa 11 (B)

77/16 = 4 sisa 13 (D)

4/16 = 0 sisa 4

Maka hasil konversinya = 4DB1 (ditulis dari bawah).

d. Biner ke Desimal

Cara mengonversi bilangan biner ke desimal adalah dengan cara mengalikan satu persatu bilangan dengan 2 (basis bilangan biner) pangkat 0, pangkat 1, dan seterusnya sesuai dengan banyaknya bilangan biner yang akan dikonversi. Perhitungannya dimulai dari bilangan biner yang paling kanan. Perhatikan contoh berikut.

00011(2) = ... (10)

= (1x20) + (1x21) + (0x22) + (0x23) + (0x24)

= 1 + 2 + 0 + 0 + 0

= 3

Hasil konversinya adalah 3.



AKTIVITAS 2

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Kemudian lengkapilah tabel berikut dengan teori sistem konversi bilangan.

Bilangan				
No.	Desimal	Biner	Oktal	Heksadesimal
0	1			
1	2			
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			
6	7			
7	8			
8	9			
9	10			
10	11			
11	12			
12	13			
13	14			
14	15			
15	16			

3. Sistem Kode

Data yang diproses di dalam sistem digital disusun dengan menggunakan kode tertentu. Terdapat berbagai macam sistem kode seperti desimal berkode biner atau *binary-coded decimal* (BCD), *gray*, *excess*-3, kode peraga 7-segmen, dan ASCII. Kode-kode tersebut disusun dengan suatu cara menggunakan bilangan biner yang membentuk kelompok tertentu.

Kelompok bilangan biner yang membentuk suatu kode dibedakan penyebutannya. Kode biner 4-bit dinamakan *nibble*, contoh 1101, 1010, dan 1001. Kode biner 8-bit dinamakan *byte*, contoh 10011100 dan 10101010. Dalam hal ini 1 *byte* = 8-bit, 1 *kilobyte* = 1 kb = 1024 *byte* = 210 *byte*. Kode biner 16-bit dinamakan *word* dan kode biner 32-bit dinamakan *double word*.

a. Kode BCD (*Binary-Coded Decimal*)

Kode BCD atau Desimal Berkode Biner sering ditulis dalam bentuk BCD-8421 menggunakan kode biner 4-bit untuk

merepresentasikan masing-masing digit desimal dari suatu bilangan. Perhatikan contoh berikut.

Tulis dalam bentuk kode BCD-8421 bilangan desimal; 529!

2	5	9	←	Desimal
0101	0010	1001	←	BCD-8421

Dalam sistem kode BCD terdapat 6 buah kode yang tidak dapat digunakan (*invalid code*), yakni: 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, dan 1111. Dengan demikian hanya ada 10 buah kode BCD yang valid, yakni kode-kode untuk merepresentasikan bilangan desimal 0 sampai 9. Untuk lebih memahami kode BCD, coba perhatikan contoh konversi kode BCD ke sistem desimal berikut ini.

Ubah 0110 1000 0011 1001_{BCD} ke dalam sistem bilangan.

0110	1000	0011	1001_{BCD}	←	Sistem BCD
6	8	3	9	←	Sistem desimal



AKTIVITAS 3

Ubah bilangan berikut ini ke dalam sistem bilangan.

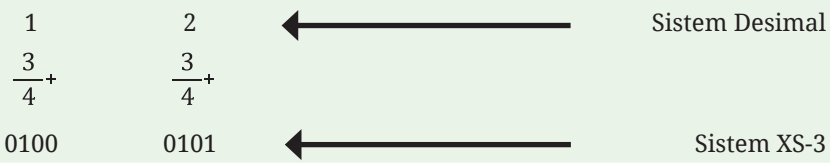
1. 1000 0010 0100 1001_{BCD}
2. 1100 1010 0111 0101_{BCD}

b. Kode Excess-3 (XS-3)

Sistem kode lain yang mirip dengan BCD adalah Excess-3. Untuk menyusun kode XS3 dari suatu bilangan desimal, masing-masing digit dari suatu bilangan desimal yang akan dikode dengan XS-3 ditambah dengan 3 desimal, kemudian hasilnya dikonversi seperti cara pada konversi BCD. Perhatikan contoh berikut.

Tulis dalam bentuk kode XS-3 bilangan desimal 12!

Jawab:



Pada XS-3, terdapat enam kode yang tidak dapat digunakan, yakni: 0000, 0001, 0010, 1101, 1110, dan 1111.

AKTIVITAS 4

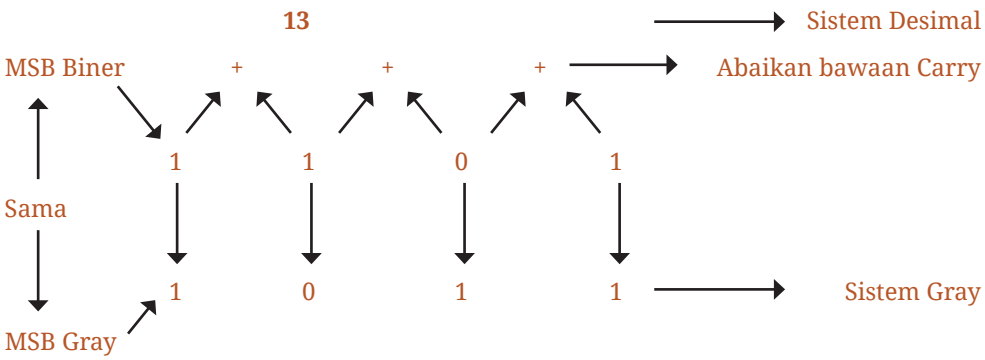
Ubah ke dalam sistem bilangan berikut.

1. Ubah kode XS-3: 1001 1100 0101XS-3 ke sistem desimal!
2. Ubah kode XS-3: 0111 0001 1010XS-3 ke sistem desimal!

c. Kode Gray

Kode Gray memiliki keunikan, yakni setiap kali kode itu berubah nilainya secara berurutan, misalnya dari 2 ke 3 atau dari 5 ke 6, hanya terdapat 1-bit saja yang berubah. Perhatikan contoh berikut.

Jika nilai kode gray berubah dari 2 ke 3, kode gray berubah dari 0011 ke 0010. Kode gray biasanya digunakan sebagai data yang menunjukkan posisi dari suatu poros mesin yang berputar. Perhatikan contoh mengubah bilangan decimal 1310 ke dalam bentuk kode gray.



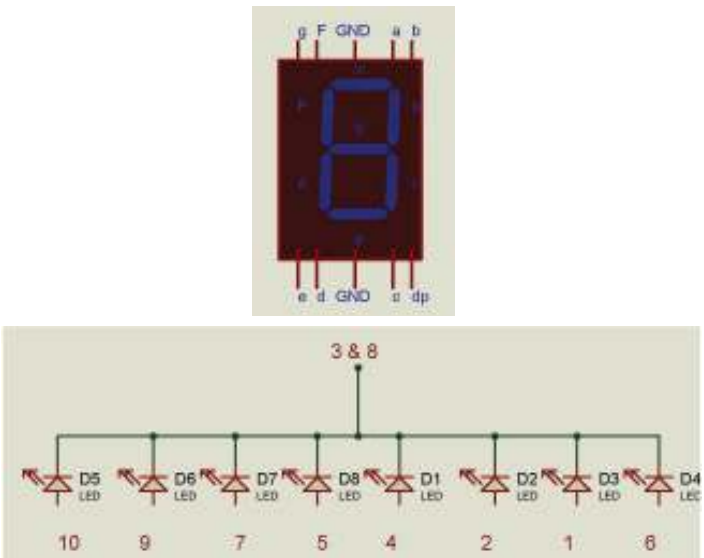
Jadi, 1310 dalam bentuk kode gray adalah 1011 GRAY

d. Kode Peraga 7-Segmen (*7-Segment Display*)

Hasil pemrosesan sinyal dari suatu rangkaian digital merupakan sinyal digital dalam bentuk kode-kode biner. Jika hasil tersebut tetap disajikan dalam bentuk aslinya yakni kode biner, kita akan mengalami kesulitan di dalam membacanya karena kita tidak terbiasa menggunakan kode biner dalam kehidupan sehari-hari.

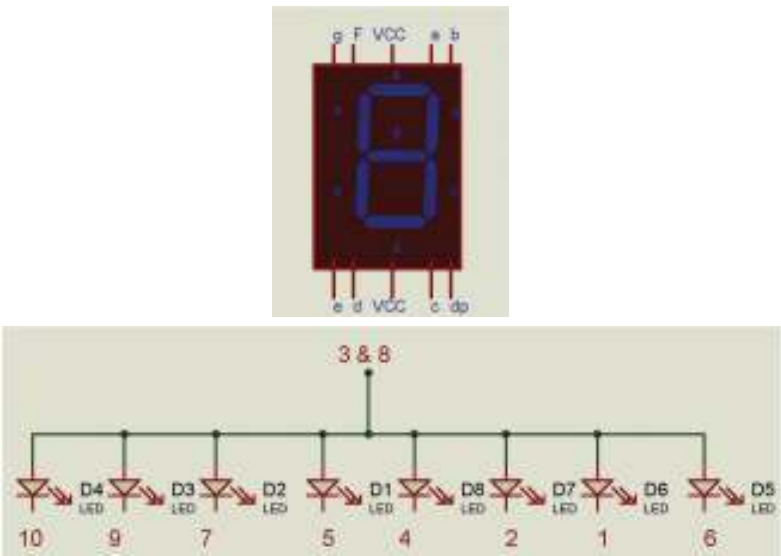
Dalam kehidupan sehari-hari kita biasa menggunakan sajian bilangan dalam bentuk desimal. Agar menjadi mudah dibaca, kode-kode biner tersebut perlu diubah tampilannya menggunakan tampilan desimal. Piranti yang digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk desimal adalah LED *7-Segment Display* atau peraga 7-segmen. Untuk menampilkan bilangan desimal, peraga ini memerlukan penggerak berbentuk kode-kode biner. Bentuk peraga 7-segmen adalah sebagai berikut.

1) LED 7 Segmen Tipe *Common Cathode*



Gambar 6.7 LED 7-Segmen Tipe *Common Cathode*
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

2) LED 7 Segmen Tipe *Common Anode* (Anode)



Gambar 6.8 LED 7-Segmen Tipe Common Anode
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

e. Kode ASCII

ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) merupakan kode biner untuk merepresentasikan bilangan, huruf, dan simbol, sehingga disebut juga kode alfanumerik. Terdapat dua jenis kode ASCII, yakni berparitas genap dan ganjil.

Sebagai contoh, kode ASCII untuk karakter C adalah 1000011 dan memiliki jumlah bit 1 ganjil yakni 3 buah. Karakter A adalah 1000001, memiliki jumlah bit 1 genap yakni 2 buah.

Untuk memperoleh nilai biner dari kode ASCII, ubah nilai heksadesimal dari suatu kode ASCII ke dalam nilai biner. Misalnya nilai heksadesimal dari karakter C adalah 43, maka nilai binernya adalah 100 0011. Untuk karakter A yang memiliki nilai heksadesimal 41, nilai binernya adalah 100 0001.

Tabel 6.2 Nilai Heksadesimal untuk Beberapa Kode ASCII 7-bit

Simbol	Kode SCII	Simbol	Kode ASCII	Simbol	Kode ASCII	Simbol	Kode SCII
!	21	9	39	Q	51	i	69
”	22	:	3A	R	52	j	6A
#	23	;	3B	S	53	k	6B

$	24	<	3C	T	54	l	6C
%	25	=	3D	U	55	m	6D
&	26	>	3E	V	56	n	6E
’	27	?	3F	W	57	o	6F
(	28	@	40	X	58	p	70
)	29	A	41	Y	59	q	71
*	2A	B	42	Z	5A	r	72
+	2B	C	43	[	5B	s	73
,	2C	D	44	\	5C	t	74
-	2D	E	45	]	5D	u	75
.	2E	F	46	^	5E	v	76
/	2F	G	47	_	5F	w	77
0	30	H	48		60	x	78
1	31	I	49	a	61	y	79
2	32	J	4A	b	62	z	7A
3	33	K	4B	c	63	{	7B
4	34	L	4C	d	64	|	7C
5	35	M	4D	e	65	}	7D
6	36	N	4E	f	66	~	7E
7	37	O	4F	g	67	DEL	7F
8	38	P	50	h	68		

Tabel 6.3 Peraga 7-segmen untuk Bilangan Desimal 0 Sampai F

Peraga 7-segmen	
abcdefg	**Display**
1111110	0
0110000	1
1101101	2
1111001	3
0110011	4
1011011	5
1011111	6
1110000	7

1111111	8
1110011	9
1111101	A
0011111	B
0001101	C
0111101	D
1101111	E
1000111	F



AKTIVITAS 5

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari tiga orang. Kemudian kerjakan latihan berikut.

1. Lengkapilah tabel kode peraga 7-segmen berikut.

Kode Peraga 7-segmen		Tampilan
Common Anode	*Common Cathode*	
A C D E F G	A C D E F G	
		0
		1
		2
		3
		4
		5
		6
		7
		8
		9
		A
		B
		C
		D

		E
		F

2. Diskusikan hasil pekerjaan kalian kemudian buat laporan tertulis.

C. Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole

1. Tabel Kebenaran (*Truth Table*)

Tabel kebenaran atau *truth table* merupakan tabel yang menunjukkan pengaruh pemberian level logika pada *input* suatu rangkaian logika terhadap keadaan level logika *output*-nya. Contoh tabel kebenaran untuk rangkaian logika dengan 1 *input*, 2 *input*, dan 3 *input* ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 6.4 Kebenaran Rangkaian Logika Berbagai Jumlah Variabel *Input*

INPUT	OUTPUT
A	Y
0	
1	

(a)

MSN LSB

INPUT		OUTPUT
A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

(b)

MSB LSB

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

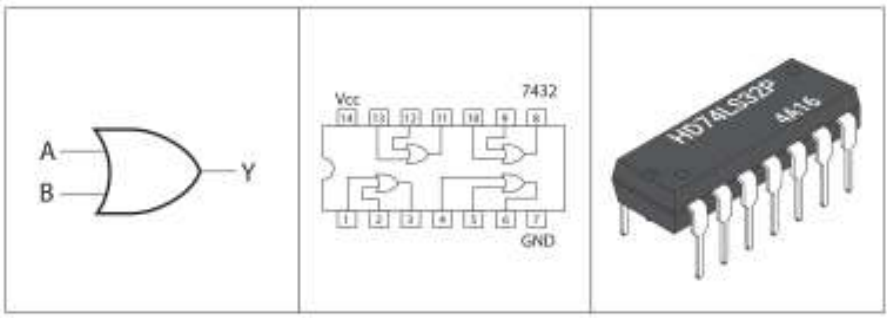
(c)

Kolom Y diisi sesuai dengan karakteristik rangkaian logikanya. Tabel (c) menunjukkan contoh tabel kebenaran rangkaian detektor bilangan prima 3-bit.

2. Gerbang Logika Dasar

a. Gerbang OR

Gerbang OR didefinisikan sebagai gerbang logika yang memberikan keadaan logika 1 (tinggi) pada *output*-nya, jika keadaan salah satu atau lebih *input*-nya berlogika 1 (tinggi).



Gambar 6.9 Gerbang OR

Tabel 6.5 Tabel Kebenaran Gerbang OR 2 *Input*

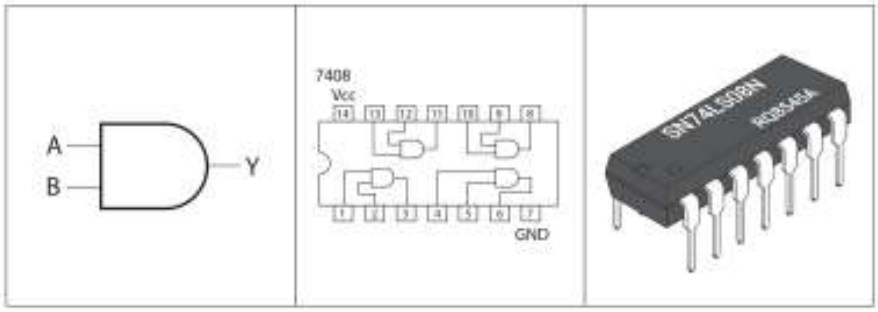
INPUT		OUTPUT
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Persamaan logika atau ekspresi Boole *output* gerbang OR dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$Y=A + B \text{ atau } Y=A \text{ or } B$$

b. Gerbang AND

Gerbang AND didefinisikan sebagai gerbang logika yang memberikan keadaan level logika 1 (tinggi) pada *output*-nya, jika dan hanya jika semua keadaan *input*-nya berlevel logika 1 (tinggi).



Gambar 6.10 Gerbang AND

c. Gerbang NOT

NOT merupakan gerbang logika yang memberikan keadaan level logika 1 (tinggi) pada *output*-nya, jika keadaan *input*-nya berlevel logika 0 (rendah) atau sebaliknya gerbang ini akan memberikan keadaan level logika 0 (rendah) pada *output*-nya jika keadaan *input*-nya berlevel 1 (tinggi). Berikut adalah persamaan logika gerbang NOT.

Y= not A atau Y = A

Tabel 6.6 Gerbang NOT

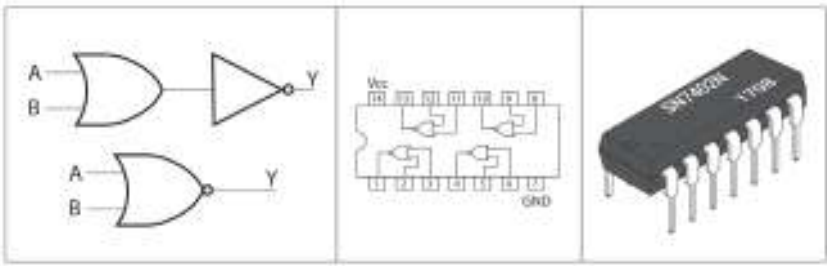
INPUT	OUTPUT
A	Y
0	1
1	0

d. Gerbang NOR dan Gerbang NAND

Selain gerbang logika dasar AND, OR, dan NOT, ada dua gerbang lain yakni NAND dan NOR yang sangat penting peranannya dalam perancangan dan analisis rangkaian logika. Kedua gerbang tersebut sangat penting karena memiliki sifat universal, yakni dapat menggantikan gerbang logika dasar dalam membangun semua rangkaian logika.

1) Gerbang NOR

NOR merupakan gerbang logika gabungan dari gerbang OR dan gerbang NOT. *Output*-nya merupakan kebalikan dari *output* gerbang OR. Persamaan logikanya adalah: $Y = \overline{A + B}$



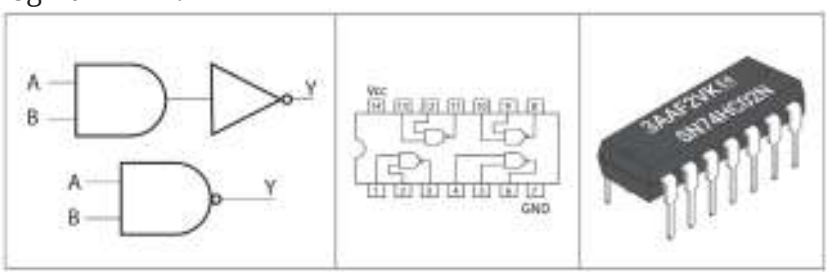
Gambar 6.11 Gerbang NOR

Tabel 6.7 Tabel Kebenaran Gerbang NOR

INPUT		OUTPUT OR	OUTPUT NOR
A	B	Y=A+B	$Y = \overline{A + B}$
0	0	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

2) Gerbang NAND

NAND adalah gerbang logika yang di dalamnya terdapat gabungan gerbang AND dan gerbang NOT. *Output*-nya merupakan kebalikan dari gerbang AND dengan persamaan logika $Y=\overline{A.B}$.



Gambar 6.12 Gerbang NAND

Tabel 6.8 Tabel Kebenaran Gerbang NAND

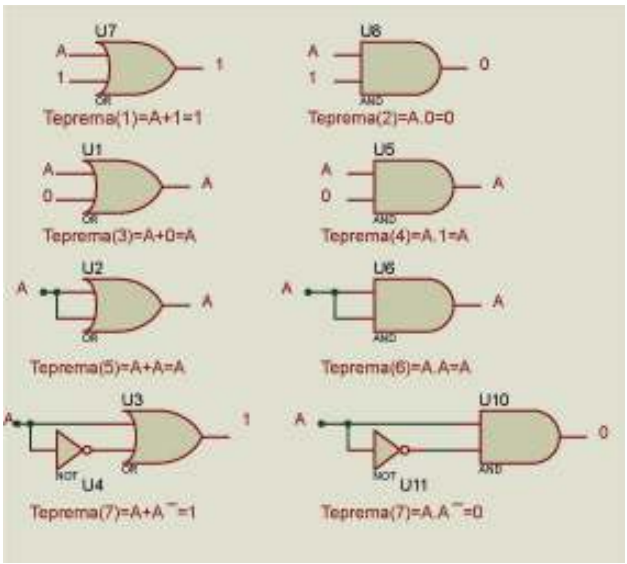
INPUT		OUTPUT OR	OUTPUT NOR
A	B	Y=A . B	$Y = \overline{A.B}$
0	0	0	1
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	1	0

e. Teorema Aljabar Boole

Aljabar Boole sangat penting peranannya dalam proses perancangan maupun analisis rangkaian logika. Terdapat dua jenis teorema dalam aljabar Boole, yakni teorema variabel tunggal dan teorema variabel jamak. Setiap teorema, baik yang bersifat tunggal maupun jamak, selalu memiliki teorema rangkapnya.

1) Teorema Variabel Tunggal

Teorema variabel tunggal aljabar Boole diturunkan dari operasi logika dasar OR, AND, dan NOT. Penurunan teorema variabel tunggal ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 6.13 Penurunan Teorema Variabel Tunggal
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Teorema pada operasi AND dapat diperoleh melalui teorema pada operasi OR atau sebaliknya. Untuk memperoleh suatu teorema dari teorema yang diketahui, lakukan dengan cara:

a) mengubah tanda + menjadi dot (.) atau sebaliknya, atau
b) mengubah 1 menjadi 0 atau sebaliknya.

Tabel 6.9 Teorema Aljabar Boole untuk Variabel Tunggal

Teorema	Ekpresi	Sifat Rangkap
Satu dan Nol	Teorema(1)= A+1=1	Teorema(2)= A.0=0
Identitas	Teorema(3)= A+0=A	Teorema(4)= A.1=A
Indempoten	Teorema(5)= A+A=A	Teorema(6)= A.A=A
Komplemen	Teorema(7)= $A+\overline{A}=1$	Teorema(8)= $A.\overline{A}=0$
Involusi	Teorema(9)= $\overline{\overline{A}}=A$	-

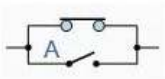
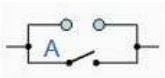
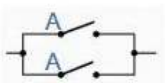
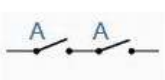
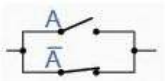
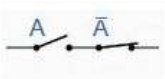
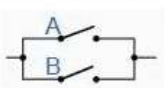
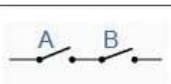
2) Teorema Variabel Jamak

Teorema variabel jamak aljabar Boole umumnya sama dengan teorema-teorema pada aljabar biasa seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 6.10 Teorema Aljabar Boole untuk Variabel Jamak

Teorema	Ekpresi	Sifat Rangkap
Komutatif	Teorema(10)= A+B=B+A	Teorema(11)= A.B=B.A
Asosiatif	Teorema(12)= A+(B+C)=(A+B)+C	Teorema(13)= A(AB)=(AB)C
Distributif	Teorema(14)=A+BC=(A+B)(A+C)	Teorema(15)= A(A+B)=AB+AC
Absorpsi	Teorema(16)= A+AB=A Teorema(18)= $A+\overline{A}B=A+B$	Teorema(17)= $A(\overline{A}+B)=AB$
De Morgan	Teorema(20)= $\overline{A+B}\ldots=\overline{A}.\overline{B}\ldots$	Teorema(21)= $\overline{A.B}\ldots=\overline{A}+\overline{B}\ldots$

Tabel 6.11 Kebenaran Hukum Aljabar Boole

Boolean Expression	Description	Equivalent Switching Circuit	Boolean Algebra Law or Rule
A + 1 = 1	A in parallel with closed = "CLOSED"		Annulment
A + 0 = A	A in parallel with open = "A"		Identity
A . 1 = A	A in series with closed = "A"		Identity
A . 0 = 0	A in series with open = "OPEN"		Annulment
A + A = A	A in parallel with A = "A"		Idempotent
A . A = A	A in series with A = "A"		Idempotent
NOT $\overline{A}$ = A	NOT NOT A (double negative) = "A"		Double Negation
A + $\overline{A}$ = 1	A in parallel with NOT A = "CLOSED"		Complement
A . $\overline{A}$ = 0	A in series with NOT A = "OPEN"		Complement
A+B = B+A	A in parallel with B = B in parallel with A		Commutative
A.B = B.A	A in series with B = B in series with A		Commutative
$\overline{A+B}$ = $\overline{A}$.$\overline{B}$	invert and replace OR with AND		de Morgan's Theorem
$\overline{A.B}$ = $\overline{A}$+$\overline{B}$	invert and replace AND with OR		de Morgan's Theorem

Untuk lebih memahaminya, perhatikan contoh berikut.

Sederhanakan pernyataan logika berikut:

$Y = \bar{A}B\bar{C}$+AB$\bar{C}$, Y= $\overline{A}BCD + \overline{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}, dan\ Y = (\bar{A} + B)(A + B)$

Jawab

$Y = \bar{A}B\bar{C}$+AB$\bar{C}$ ➔(Sifat distributif)

$= (\bar{A}$+A)B$\bar{C}$

$= B\bar{C}$

$Y = \overline{A}BCD + \overline{A}BC\bar{D} + A\overline{BCD} + A\bar{B}C\bar{D}$

$= \overline{A}BC(D + \bar{D}) + \overline{A}B\overline{D}(\bar{C} + C)$

$= \overline{A}B\ C + A\overline{B}\overline{D}$

$Y = (\bar{A} + B)(A + B)$

$= \bar{A}A + \bar{A}B + BA + BB$

$= 0 + \bar{A}B + AB + B$

$= \bar{A}B + AB + B$

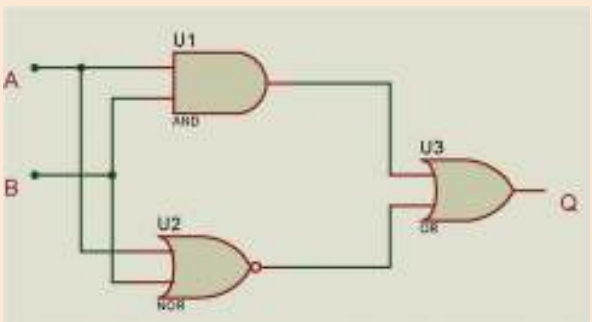
$= B(\bar{A} + A + 1)$

$= B$

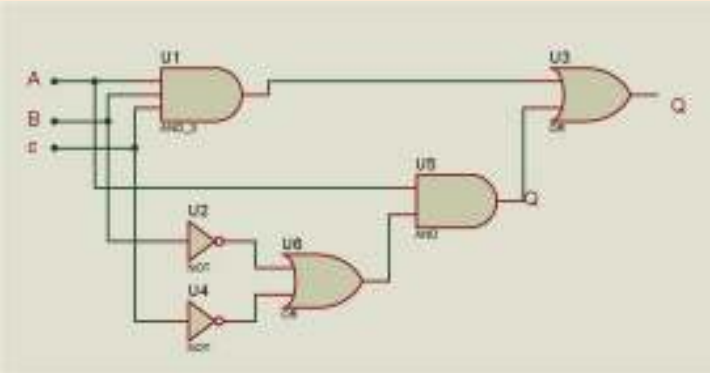
AKTIVITAS 6

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Kemudian kerjakan aktivitas berikut.

1. Temukan ekspresi aljabar Boole untuk sistem berikut.



2. Temukan ekspresi Aljabar Boole untuk sistem berikut:



D. Rangkaian Logika Kombinasi

Logika kombinasi merupakan rangkaian logika yang *output*-nya hanya bergantung pada kombinasi *input*-nya saja dan tidak bergantung pada keadaan *output* sebelumnya atau rangkaian logika yang *output*-nya tidak bergantung pada waktu.

1. Bentuk-bentuk Persamaan Logika

a. Bentuk *Sum of Product* (SOP)

SOP merupakan persamaan logika yang berbentuk operasi OR dari suku-suku berbentuk operasi AND. Contohnya adalah sebagai berikut.

$Y = \overline{AB}C + A\,\overline{BC} + AB\bar{C} + ABC$ (a)

$Y = A\bar{B} + \bar{A}B$ (b)

$P = A\bar{B}C + \bar{A}B + B\bar{C} + \bar{A}$ (c)

$Q = \bar{A}B + \bar{B}C + \overline{AC}$ (d)

Persamaan (a) dan persamaan (b) merupakan contoh SOP bentuk standar karena setiap sukunya mengandung semua variabel input yang ada. Persamaan (c) dan persamaan (d) merupakan contoh SOP bentuk tak standar karena tidak setiap sukunya mengandung semua variabel input. Pada bentuk SOP standar, setiap sukunya dinamakan minterm, disingkat dengan m (huruf kecil). Perhatikan fungsi X berikut ini.

$$X = \underbrace{\overline{A}\overline{B}C}_{\text{I}} + \underbrace{A\overline{B}\overline{C}}_{\text{II}} + \underbrace{AB\overline{C}}_{\text{III}} + \underbrace{ABC}_{\text{IV}}$$

Minterm

Minterm bersifat unik, yakni untuk semua kombinasi input yang ada hanya terdapat satu kombinasi saja yang menyebabkan suatu minterm bernilai 1. Misalnya jika terdapat input A = 0, B = 0, dan C = 1 hanya terdapat sebuah minterm yang bernilai 1, yakni:

$$\overline{A}\overline{B}\text{C} = \overline{00}1 = 1.1.1 = 1$$

Dengan demikian, untuk suatu input yang memberikan nilai 1 pada salah satu minterm yang ada, fungsi SOP standar selalu bernilai 1. Karena pasangan input yang menyebabkan output bernilai 1 adalah 001, minterm tersebut yakni suku I dinamakan minterm 1 (m1). Jadi, fungsi X dapat ditulis sebagai berikut.

$$X = (\underbrace{\overline{A}\overline{B}C}_{M_1}) + (\underbrace{A\overline{B}\overline{C}}_{M_4}) + (\underbrace{AB\overline{C}}_{M_6}) + \underbrace{ABC}_{M_7}$$

$$X = M_1 + M_4 + M_6 + M_7$$

$$X = (A, B, C,) = \sum M(1,4,6,7)$$

Perhatikan bahwa fungsi X akan bernilai 1 untuk input-input yang bernilai desimal 1, 4, 6, dan 7, sesuai dengan nama-nama minterm penyusunnya. Dengan demikian tabel kebenaran untuk fungsi X adalah sebagai berikut.

Tabel 6.12 kebenaran fungsi $X = \bar{A}\bar{B}\mathrm{C} + \mathrm{A}\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} + ABC$

INPUT			OUTPUT	
A	B	C	X	
0	0	0	0	
0	0	1	1	$\mathrm{M}_1 = \mathrm{A}\bar{\mathrm{B}}\bar{\mathrm{C}}$
0	1	0	0	
0	1	1	0	
1	0	0	1	$\mathrm{M}_4 = \mathrm{A}\bar{\mathrm{B}}\bar{\mathrm{C}}$
1	0	1	0	
1	1	0	1	$\mathrm{M}_6 = \mathrm{AB}\bar{\mathrm{C}}$
1	1	1	1	$\mathrm{M}_7 = \mathrm{ABC}$

b. Bentuk *Product of Sum* (POS)

POS merupakan persamaan logika berbentuk operasi AND dari suku-suku berbentuk operasi OR. POS standar setiap sukunya mengandung sebuah variabel input, sebagai berikut.

$R = (A + B + \mathrm{C})(\mathrm{A} + \mathrm{B} + C)(A + B + C)(A + B + C)$

$S = (\bar{A} + \bar{B})(\mathrm{A} + \mathrm{B})$

POS menjadi tak standar karena setiap sukunya mengandung semua variabel input, sebagai berikut.

$T = (\bar{A} + \bar{B} + \mathrm{C})(\mathrm{A} + \mathrm{B} + \mathrm{C})(A + \bar{C})$

$U = (A + B)(B + \bar{C})(\bar{A} + \bar{C})$

Pada bentuk POS standar, setiap sukunya dinamakan maxterm, disingkat dengan M (huruf besar). Perhatikan fungsi R berikut ini

$$R = \underbrace{(\bar{A} + \bar{B}C)}_{\text{I}} + \underbrace{(A + B + \bar{C})}_{\text{II}} + \underbrace{(A + \bar{B} + C)}_{\text{III}} + \underbrace{\bar{A} + B + C}_{\text{IV}}$$

I, II, III, IV → Maxtrem

Seperti halnya minterm, maxterm juga bersifat unik. Dalam hal ini, untuk semua kombinasi input hanya terdapat satu kombinasi saja yang menyebabkan suatu maxterm bernilai 0. Misalnya terdapat input A = 1, B = 1, dan C = 0, maka hanya terdapat sebuah maxterm yang bernilai 0 yakni:

$$\bar{A} + \bar{B} + C = \bar{1} + \bar{1} + 0 = 0 + 0 + 0 = 0$$

Jadi, untuk suatu input yang memberikan nilai 0 pada salah satu maxterm yang ada, fungsi POS standar selalu bernilai 0. Karena pasangan input yang menyebabkan output bernilai 0 salah satunya adalah 110 maka maxterm tersebut yakni suku I dinamakan maxterm 6 (M6). Jadi R dapat ditulis:

$$R = (\bar{A} + \bar{B} + C)(A + B + \bar{C})(A + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + C)$$

Tabel 6.13 Tabel Kebenaran Fungsi R

INPUT			OUTPUT	
0	0	0	1	
0	0	1	0	$M_1 = A + B + \bar{C}$
0	1	0	0	$M_2 = A + \bar{B} + \bar{C}$
0	1	1	1	
1	0	0	0	$M_4 = \bar{A} + B + C$
1	0	1	1	
1	1	0	0	$M_6 = \bar{A} + \bar{B} + C$
1	1	1	1	

2. Penyederhanaan Persamaan Logika Secara Aljabar

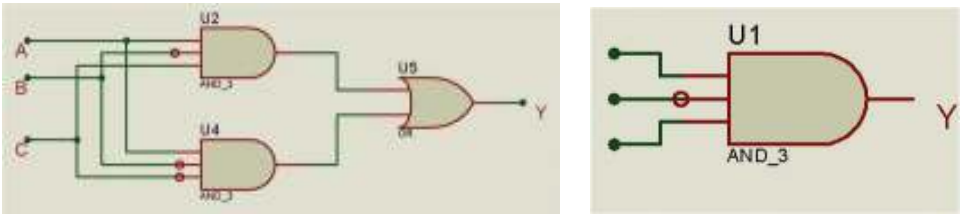
Untuk mempermudah proses implementasi rangkaian logika, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengasumsikan bahwa setiap rangkaian logika memiliki bentuk yang tidak efisien. Selanjutnya dilakukan pengujian bentuk minimumnya. Jika belum minimum diteruskan dengan penyederhaan dan akhirnya diimplementasikan. Perhatikan contoh berikut.

Sederhanakan persamaan: $Y = A\bar{B}D + A\bar{B}\bar{D}$

Jawab:

$Y = AB\bar{D} + A\bar{B}\bar{D} = A\bar{B}(D + \bar{D}) = A\bar{B}$

Ingat $= D + \bar{D} = 1$



(a) (b)

Gambar 6.14 Rangkaian yang Belum Disederhanakan (a) dan (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan

Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Persamaan Y dimanipulasi sedemikian rupa sehingga sukunya mengandung faktor $(D + \overline{D})$ bernilai 1. Hal ini merupakan salah satu cara minimalisasi rangkaian dengan aljabar Boole yakni dengan mengarahkan persamaan agar mengandung faktor seperti pada $(D + \overline{D})$. Untuk membuktikan watak kedua rangkaian itu sama, disusun tabel kebenaran keduanya sebagai berikut.

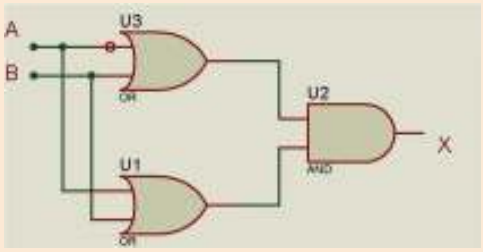
Tabel 6.14 Table Kebenaran Y= A BD+A BD dan Y = A B

INPUT			OUTPUT TIAP GERBANG				OUTPUT	
A	B	C	$\overline{B}$	$\overline{D}$	$A\overline{B}C$	$A\overline{BD}$	$Y=A\overline{B}D + A\overline{BD}$	$Y=A\overline{B}$
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0

AKTIVITAS 7

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Kemudian kerjakan soal-soal berikut.

1. Sederhanakan persamaan X = (A + B)(A + B)
2. Sederhanakan skema berikut



3. Metode Peta Karnaugh

Karnaugh Map Method (metode peta Karnaugh) adalah metode untuk menyederhanakan persamaan aljabar Boole. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Maurice Karnaugh pada tahun 1953 yang merupakan penyederhanaan dari metode Veitch Chart (kartu Veitch).

Contoh langkah-langkah penggunaan metode peta Karnaugh adalah sebagai berikut.

$Q = \overline{A}.B.C + ABC + \overline{A}\overline{B}$ distandarkan menjadi:

$Q = \overline{A}.B.C + ABC + \overline{A}.\overline{B}(C + \overline{C})$

$Q = \overline{A}.B.C + ABC + \overline{A}.\overline{B}.C + \overline{A}.\overline{B}.\overline{C}$

Tabel 6.15 Tabel Kebenaran untuk Persamaan $Q = \overline{A}.B.C + ABC + \overline{A}\overline{B}$

INPUT		OUTPUT		miterm (m)
A	B	C	Q	
0	0	0	1	m_0
0	0	1	1	m_1
0	1	0	0	-
0	1	1	1	m_3

1	0	0	0	-
1	0	1	0	-
1	1	0	0	-
1	1	1	1	m_7

Langkah berikutnya adalah membuat peta Karnaugh dengan jumlah kotak 2n dengan n = banyaknya variabel. Dari contoh di atas, terdapat 3 variabel sehingga kotak peta Karnaugh adalah 23 = 8 kotak. Masukkan minterm (m) dari tabel kebenaran ke dalam kotak yang sesuai.

	$\overline{A}\,\overline{B}$	$A\overline{B}$	AB	$A\overline{B}$
$\overline{C}$	m_0	0	0	0
C	m_1	m_3	m_7	0

Langkah berikutnya adalah membuat *loop* atau kelompok pada minterm-minterm yang berdekatan dengan banyaknya anggota kelompok 1, 2, 4, 8 atau 16 supaya dapat dihilangkan minterm yang berlawanan.

	$A\,\overline{B}$	$\overline{A}\,B$	AB	$A\overline{B}$
$\overline{C}$	m_0	0	0	0
C	m_1	m_3	m_7	0

Pada tabel Karnaugh di atas terdapat kelompok dengan 2 anggota minterm yaitu kelompok biru dan kelompok merah. Masing-masing kelompok beranggotakan 2 minterm. Maka persamaan minimum dapat diperoleh dari gabungan minterm yang ada pada tiap-tiap kelompok, yaitu:

Kelompok merah: $\overline{A}.B.C$ dengan $A.B.C = B.C$

Kelompok biru: $Y = \overline{A}.\overline{B}.\overline{C}$ dengan $\overline{A}.\overline{B}.C = \overline{A}.\overline{B}$

Jadi, jika ditulis ulang, bentuk minimum dari persamaan aljabar Boole yaitu: $Q = B.C + \overline{A}.\overline{B}$

AKTIVITAS 8

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Kemudian kerjakan soal berikut.

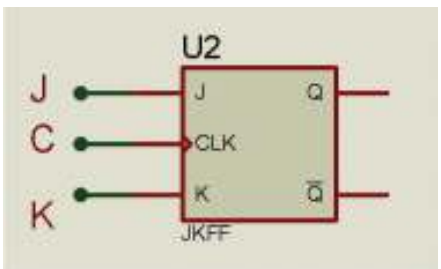
Diketahui fungsi $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC + B\overline{C}$. Sederhanakan dengan aljabar Boole dan peta Karnaugh. Kemudian diskusikan dan buat laporan tertulis.

E. Rangkaian Sekuensial

Flip-flop adalah suatu rangkaian elektronika yang memiliki dua kondisi stabil dan dapat digunakan untuk menyimpan informasi. Flip-Flop merupakan pengaplikasian gerbang logika yang bersifat multivibrator bistabil karena kedua tingkat tegangan keluaran pada multivibrator tersebut termasuk stabil dan hanya akan mengubah situasi tingkat tegangan keluarannya saat dipicu (*trigger*). Flip-flop mempunyai dua *output* (keluaran) yang salah satu *output*-nya merupakan komplemen *output* yang lain.

Flip-flop elektronik pertama kali ditemukan oleh dua orang ahli Fisika Inggris William Eccles and F.W. Jordan pada tahun 1918. Ini merupakan dasar penyimpanan data memori pada komputer maupun ponsel pintar. Flip-flop juga dapat digunakan sebagai penghitung detak dan sebagai penyinkronisasian input sinyal waktu variabel untuk beberapa sinyal waktu referensi.

1. Flip-Flop Set-Reset



Gambar 6.15 Flip-Flop Set-Reset
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

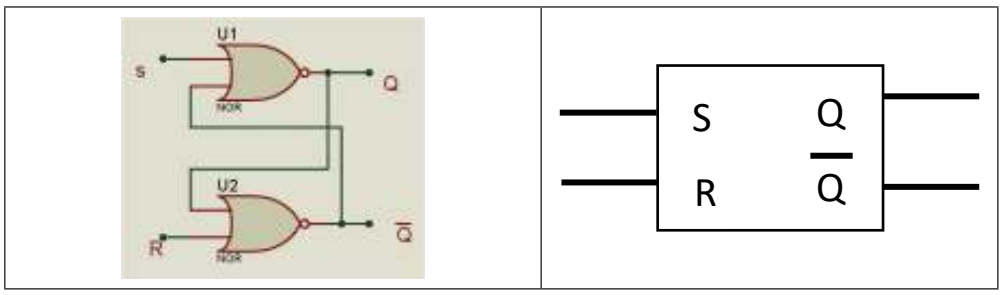
Tabel 6.16 Tabel Kebenaran Flip-Flop Set-Reset

Mode operasi	Masukan			Keluaran	
	CK	J	K	Q	Q
NC		0	0	Tidak berubah	
Reset		0	1	0	1
Set		1	0	1	0
Togel		1	1	Keadaan berlawanan	

2. Flip-flop S-R Canggih

Flip-flop ini adalah dasar dari semua flip-flop yang memiliki dua gerbang *input* atau masukin, yaitu R dan S. R artinya RESET dan S artinya SET. Flip-flop yang satu ini mempunyai 2 keluaran atau *output*, yaitu Q dan Q.`

Bila S diberi logika 1 dan R diberi logika 0, *output* Q akan berada pada logika 0 dan Q not pada logika 1. Bila R diberi logika 1 dan S diberi logika 0, keadaan *output* akan berubah menjadi Q berada pada logika 1 dan Q not pada logika 0. Sifat paling penting dari flip-flop adalah bahwa sistem ini dapat menempati salah satu dari dua keadaan stabil yaitu stabil I diperoleh saat Q =1 dan Q not = 0. Stabil II diperoleh saat Q = 0 dan Q not.



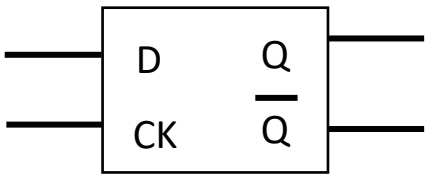
Gambar 6.16 RS Flip-Flop
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Tabel 6.17 RS Flip-flop

S	R	Q	Q
0	0	No	change
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	undefined	

3. Flip-Flop D

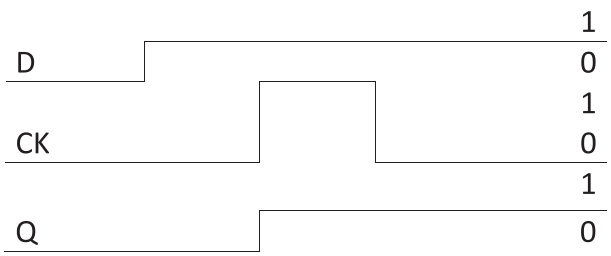
Flip-flop D merupakan salah satu jenis flip-flop yang dibangun dengan menggunakan flip-flop RS. Pada flip-flop D, *input* R terlebih dahulu diberi gerbang NOT. Jadi setiap masukan ke flip-flop D akan memberi keadaan yang berbeda pada *input* RS. Dengan demikian hanya terdapat 2 keadaan "SET" dan "RESET" S=0 dan R=1 atau S=1 dan R=0, jadi dapat diisi.



Gambar 6.17 Flip-Flop D
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Tabel 6.18 Tabel Kebenaran Flip-Flop D

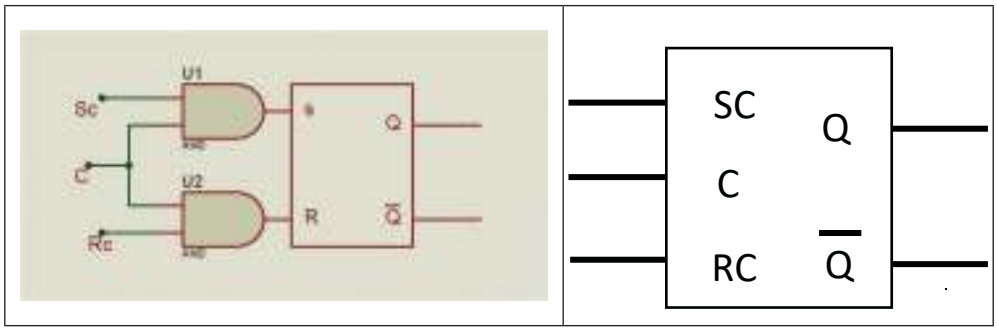
CK	D	Q	Q'
0	X	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0



Gambar 6.18 *Timing diagram* Flip-Flop D
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

4. Flip-Flop J-K

Flip-flop J-K adalah *clocked RS* yang dilengkapi dengan terminal pulsa *clock*. Pulsa *clock* ini berfungsi mengatur keadaan Set dan Reset. Bila pulsa *clock* berlogika 0, perubahan logika pada *input* R dan S tidak akan mengakibatkan perubahan pada *output* Q dan Qnot. Akan tetapi apabila pulsa clock berlogika 1, perubahan pada *input* R dan S dapat mengakibatkan perubahan pada *output* Q dan Q not.



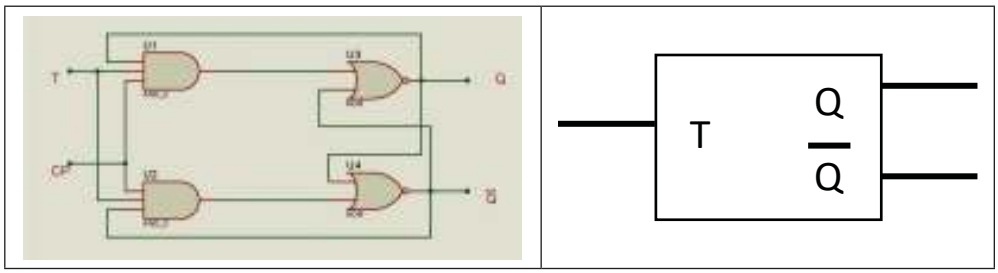
Gambar 6.19 Flip-Flop J-K
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Tabel 6.19 Tabel Kebenaran Flip-Flop J-K

Sc	Rc	C	Q	Q
x	x	0	no	change
0	0	1	no	change
0	1	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	1	undefined	
0	0	P	no	change
0	1	P	0	1
1	0	P	1	0
1	1	p	undefined	

5. Flip-Flop T

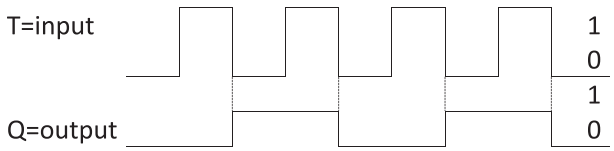
Flip-flop T merupakan rangkaian flip-flop yang telah dibuat dengan menggunakan flip-flop J-K yang kedua inputnya dihubungkan menjadi satu. Ini menghasilkan flip-flop yang memiliki watak membalik *output* sebelumnya jika *input*-nya tinggi dan *output*-nya akan tetap jika *input*-nya rendah.



Gambar 6.20 Flip-Flop T
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

Tabel 6.20 Tabel Kebenaran Flip-Flop T

CLOCK	T	Q	Q
↓	0	1	0
↓	1	0	0
↓	0	1	0
↓	1	0	1

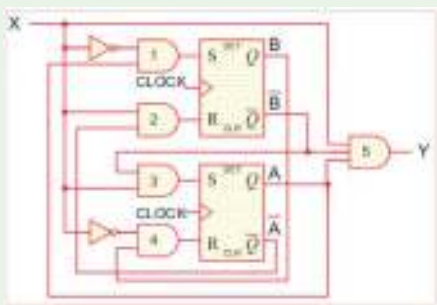


Gambar 6.24 *Timming Diagram* T Flip-Flop
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

6. Analisa Rangkaian Flip Flop

Analisis rangkaian logika sekuensi merupakan kegiatan mengidentifikasi watak rangkaian logika sekuensi. Dengan melakukan analisis, suatu rangkaian logika sekuensi dapat segera diketahui wataknya sehingga mudah dalam mempelajarinya. Prosedur analisis rangkaian logika sekuensi mencakup penyusunan tabel keadaan (*state table*) dari suatu rangkaian sekuensi yang diketahui, penggambaran diagram transisi keadaan (*state transition diagram*) dari tabel keadaan yang diperoleh, dan penurunan persamaan keadaan serta persamaan *output* yang mencerminkan karakteristik dari rangkaian sekuensi yang dianalisis. Perhatikan contoh analisis berikut.

Lakukan analisis terhadap rangkaian sekuensi pada gambar berikut.



Langkah pertama kegiatan analisis rangkaian logika sekuensi adalah menentukan terlebih dahulu tabel keadaan. Selain menyusun *input* dan *ouput*, dalam tabel keadaan terkandung informasi tentang keadaan sebelumnya dan keadaan sekarang dari variabel-variabel keadaan yakni *output* dari elemen penyimpannya. Untuk menyusun tabel keadaan, perlu dimisalkan keadaan awal atau keadaan sebelumnya dari *output* flip-flop penyusunnya.

Dalam berbagai aplikasi, keadaan awal umumnya bernilai 0. Untuk memperoleh keadaan tersebut flip-flop dilengkapi dengan fasilitas *clear* dan *preset*. Namun demikian beberapa rangkaian logika sekuensi memiliki keadaan awal yang berbeda dan bahkan keadaan awalnya ada yang tidak didefinisikan. Walaupun terdapat keadaan awal yang beragam, tetap dapat digunakan untuk keperluan analisis rangkaian sekuensi. Dalam contoh ini keadaan awal ditentukan bernilai 0, artinya *output* kedua flip-flop S-R pada rangkaian bernilai 0 sehingga An-1=0 dan Bn-1=0.

Agar lebih mudah di dalam menentukan keadaan sekarang dari *output* rangkaian Y maupun *output* flip-flop An dan Bn, perlu dirumuskan terlebih dahulu persamaan *output* AND 1, AND 2, AND 3, AND 4, dan AND 5. Dapat diselesaikan dengan rumus berikut.

$S_B = \overline{X}\, A_{n-1}$

$R_B = X\, A_{n-1}$

$S_A = X\, \overline{B_{n-1}}$

$R_A = \overline{X}\, B_{n-1}$

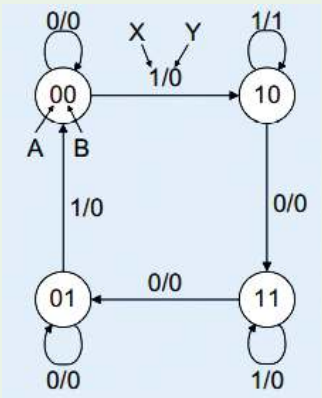
$Y = \overline{\overline{X}\, B_{n-1}}$

Tabel keadaan untuk rangkaian di atas adalah sebagai berikut.

KEADAAN SEBELUMNYA	KEADAAN SEKARANG					OUTPUT	
	X=0		X=1		X=0	X=1	
An-1	Bn-1	An	Bn	An	Bn	Y	Y
0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0

1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	0	0

Diagram transisi keadaannya adalah sebagai berikut.



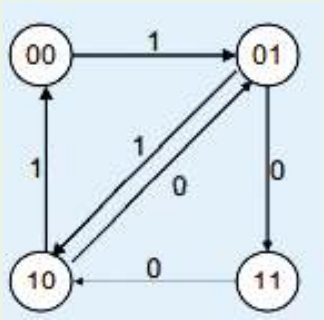
7. Perancangan Rangkaian Sekuensi

Perancangan rangkaian sekuensi dimaksudkan untuk memperoleh rangkaian logika sekuensi dari suatu watak rangkaian yang telah ditetapkan. Prosedur kegiatan perancangan ini umumnya diawali dengan pendefinisian atau penetapan watak rangkaian logika sekuensi yang akan dirancang. Langkah ini dapat berbentuk penyusunan tabel kebenaran, tabel keadaan, atau diagram transisi keadaan. Langkah berikutnya adalah penentuan spesifikasi elemen penyimpan mencakup banyak dan jenis flip-flop yang digunakan, juga penyusunan tabel eksitasi flip-flop untuk menentukan fungsi *input* flip-flop penyusun rangkaian dan fungsi *output* rangkaian. Langkah terakhir adalah penggambaran rangkaian sekuensi atas dasar persamaan *output* dan fungsi-fungsi *input* flip-flop yang diperoleh. Perhatikan contoh berikut.

Rancanglah rangkaian logika sekuensi dengan dua buah flip-flop dan sebuah *input* R. Untuk setiap adanya pulsa *clock*, jika R=1 *output* kedua flip-flop akan memberikan nilai desimal dengan urutan 0, 1, 2, dan kembali ke urutan semula. Apabila R=0, *output* kedua flip-flop akan bernilai desimal 3, 2, 1, dan kembali ke urutan semula.

Jawab:

Berdasarkan definisi watak tersebut, diagram transisi keadaannya adalah sebagai berikut.



Rangkaian ini tidak memiliki *output* pada bagian logika kombinasinya dan hanya memiliki *output* pada masing-masing flip-flopnya saja sehingga pada setiap garis yang menunjukkan transisi keadaan hanya dicantumkan keadaan *input*-nya saja yakni 1 atau 0.

Karena untuk keadaan sebelumnya yakni Q1(n-1)=0 dan Q0(n-1)=0, serta R=0, tidak terdapat peristiwa transisi keadaan, pada keadaan sekarang *output* flip-flop Q1(n) dan Q0(n)diberi tanda X, sedangkan untuk R=1 akan menyebabkan *output* sekarang dari kedua flipflop bernilai 01. Untuk keadaan sebelumnya Q1(n-1)=0, Q0(n-1)=1, dan R=0 memberikan keadaan sekarang 11, dan untuk R=1 memberikan keadan sekarang 10.

Tabel keadaannya adalah sebagai berikut.

KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG			
		R=0		R=1	
Q1(n-1)	Q0(n-1)	Q1(n)	Q0(n)	Q1(n)	Q0(n)
0	0	x	x	0	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	x	x

F. Aplikasi Rangkaian Elektronika Optik (*Remote*+Flip-Flop, *Register*)

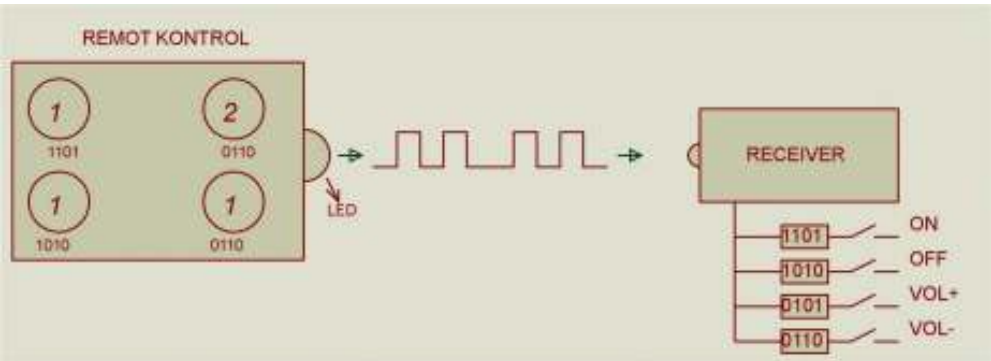
1. Remot

Peralatan elektronik masa kini seperti pesawat televisi dan penyejuk ruangan (AC) sudah dilengkapi dengan *remote control*. Dengan alat tersebut, kita dapat mengatur pesawat TV seperti memindahkan saluran TV atau mengubah volume suara dari posisi tempat duduk kita tanpa perlu mendatangi pesawat TV.

Remote control pada peralatan elektronika rumah tangga menggunakan gelombang inframerah sebagai pembawa sinyal. Sebuah sistem *remote control* terdiri dari beberapa bagian berikut.

a. Transmiter (pengirim sinyal), yang berfungsi untuk mengirimkan instruksi ke peralatan elektronika. Alat ini adalah sebuah LED (*light emitting diode*) sinar inframerah yang berada pada pesawat *remote control*.

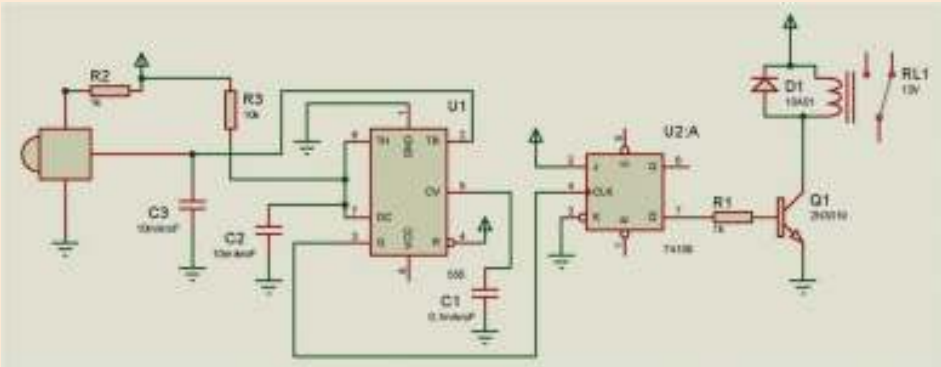
b. Receiver (penerima sinyal), yang berada di dalam alat elektronika untuk menerima instruksi. Untuk jenis sinar inframerah, *receiver* yang digunakan adalah fototransistor inframerah. Alat ini berperan dalam mendeteksi pola sinyal inframerah yang dikirimkan *remote control*.



Gambar 6.22 Dasar *Remote Control*
Sumber: Kemendikbudristek/Ismanto (2022)

AKTIVITAS 9

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Perhatikan skema penerima *remote* berikut.



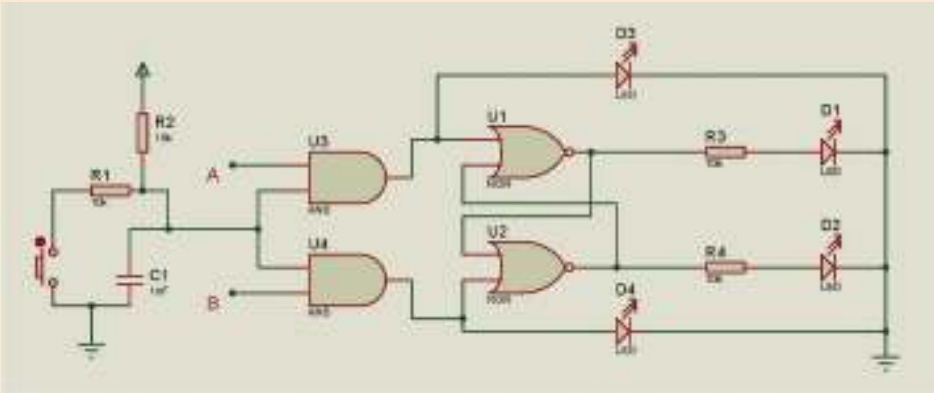
Simulasikan skema tersebut dan buatlah PCB menggunakan teknik *soldering*. Lakukan uji coba kemudian buat laporan tertulis mengenai hasil kegiatan kalian.

2. Flip-Flop

Flip-flop adalah suatu rangkaian elektronika yang memiliki dua kondisi stabil dan dapat digunakan untuk menyimpan informasi. Flip flop merupakan pengaplikasian gerbang logika yang bersifat multivibrator bistabil.

AKTIVITAS 10

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Perhatikan skema flip-flop sederhana berikut.



Simulasikan skema tersebut dan buatlah PCB menggunakan teknik *soldering*. Lakukan uji coba kemudian buat laporan tertulis mengenai hasil kegiatan kalian.

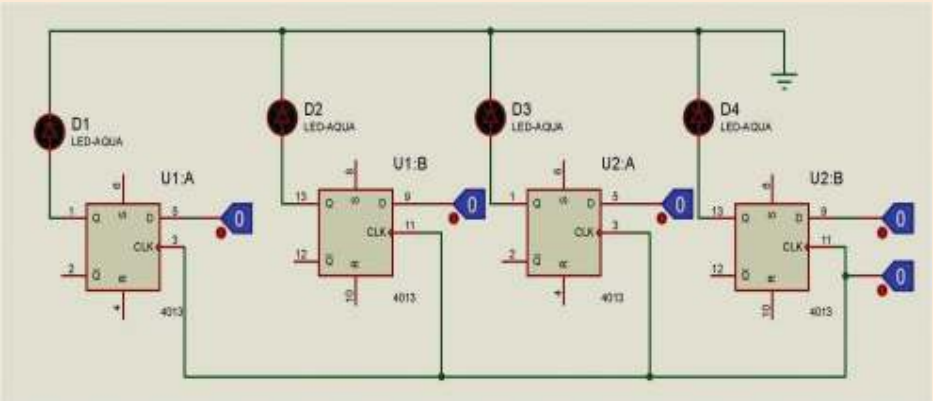
3. Register

Register adalah kumpulan flip-flop yang dapat secara bersama-sama menyimpan data biner dalam jumlah yang sangat banyak. Sekumpulan sel biner yang dipakai untuk menyimpan informasi yang disajikan dalam bentuk kode biner dilakukan melalui penyetelan keadaan kumpulan flip-flop dalam register secara serentak sebagai satu kesatuan.

Data yang diberikan pada masukan disimpan dan dipalang di dalam register. Setelah pemalangan terjadi, keadaan keluaran register tidak akan berubah walaupun masukannya berubah, berfungsi sebagai penyangga (*buffer*). Terdapat 2 jenis register, yaitu transparan (*transparent*) dan terpicu (*triggered*). Biasanya register yang dipakai adalah flip-flop D yang dapat menyimpan data lebih banyak dari 1 bit.

AKTIVITAS 11

Bentuklah kelompok kecil yang terdiri dari 3 orang. Perhatikan skema register berikut.



Simulasikan skema tersebut dan buatlah PCB menggunakan teknik *soldering*. Lakukan uji coba kemudian buat laporan tertulis mengenai hasil kegiatan kalian.

RANGKUMAN

Rangkaian digital atau sering pula disebut dengan rangkaian logika adalah kesatuan dari elemen-elemen logika yang membentuk suatu fungsi pemrosesan sinyal digital. Pada rangkaian digital, baik *input* maupun *output* rangkaiannya merupakan sinyal digital dan *output*-nya memberikan fungsi pemrosesan sinyal digital.

Gerbang logika atau *logic gates* adalah proses pengolahan input bilangan biner dengan teori matematika Boole. Seperti yang kita ketahui, bilangan biner sendiri terdiri dari angka 1 dan 0. *Logic gate* ini direpresentasikan menggunakan tabel kebenaran. Nilai benar (*true*) akan ditunjukan dengan angka "1".

Flip-flop adalah suatu rangkaian elektronika yang memiliki dua kondisi stabil dan dapat digunakan untuk menyimpan informasi. Flip Flop merupakan pengaplikasian gerbang logika yang bersifat multivibrator bistabil karena kedua tingkat tegangan keluaran pada multivibrator tersebut bersifat stabil dan hanya akan mengubah situasi tingkat tegangan keluarannya saat dipicu (*trigger*). Flip-flop mempunyai dua *output* (keluaran) yang salah satunya merupakan komplemen output yang lain.

UJI KOMPETENSI

Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan benar

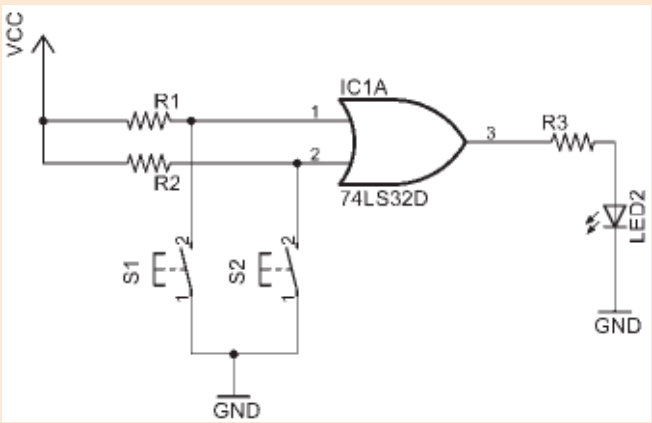
1. Jelaskan penerapan rangkaian dan sistem digital
2. Berapa rentang nilai tegangan untuk logika '0' pada standar *transistor-transistor logic* (TTL).....?
3. Berapa rentang nilai tegangan untuk logika '1' pada standar *transistor-transistor logic* (TTL).....?
4. Jelaskan sistem bilangan dan sistem kode
5. Lengkapilah tabel berikut dengan cara konversi bilangan dari bilangan desimal ke biner

No	Bilangan Desimal	Biner
1	6	.....
2	7	.....
3	8	.....
4	9	.....
5	10	.....

6. Lengkapilah tabel berikut dengan cara konversi bilangan dari bilangan biner ke Desimal

No	Biner	Desimal
1	0001	.....
2	0010	.....
3	0011	.....
4	0100	.....
5	0101	.....

7. Sebutkan macam-macam gerbang logika dasar
8. Buat tabel kebenaran sesuai skema di bawah ini!

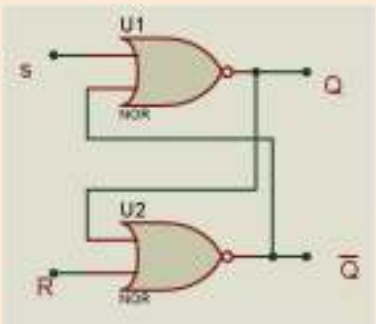


9. Sederhanakan pernyataan logika berikut!

$Y = \bar{A}B\bar{C}$+AB$\bar{C}$, Y= $\overline{AB}CD + \overline{AB}C\overline{D} + A\overline{B}C\overline{D}, dan\ Y = (\bar{A} + B)(A + B)$

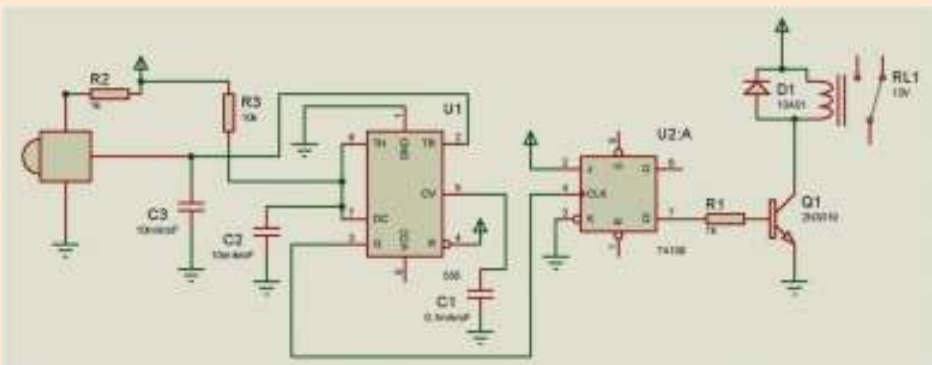
10. Sebutkan macam-macam aljabar Boole
11. Gambarkan rangkaian logika dari gerbnag AND-OR untuk aljabar Boole A. B + C + D. E = Y!

12. Jelaskan pengertian rangkaian sekuensial!
13. Lengkapilah tabel flip-flop RS sesuai gambar flip-flop berikut!



INPUT		OUTPUT	
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	

14. Perhatikan Skema rangkaian penerima remot dibawah ini:



Jelaskan alur kerja pada rangkaian penerima *remote* tersebut!

15. Buatlah *layout* untuk rangkaian penerima *remote* sesuai kondisi sekolah masin-masing (misal *layout* manual, aplikasi, dan lain-lain)!

PENGAYAAN

Untuk menambah wawasan kalian tentang aplikasi rangkaian elektronika, silakan pindai kode QR berikut atau klik di sini untuk kode pertama dan di sini untuk kode kedua.

REFLEKSI

Setelah mempelajari bab ini, tentu kalian akan semakin paham dan bertambah wawasan tentang dasar teknik digital. Jika kalian menemukan kesulitan pada bab ini, diskusikanlah dengan teman atau guru pendamping.


TUT WURI HANDAYANI

Glosarium

aktuator : peranti keras yang mengonversikan sinyal perintah pengendali ke dalam parameter fisik

amperemeter : alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik, baik untuk arus AC ataupun DC, yang ada pada rangkaian tertutup

atom : partikel kecil-kecil pada suatu zat yang tidak dapat diuraikan menjadi partikel yang lebih kecil dengan cara reaksi kimia

ANSI : American National Standard Institute, yaitu organisasi nirlaba swasta yang mengawasi pengembangan standar konsensus sukarela untuk produk, layanan, proses, sistem, dan personel di Amerika Serikat

arus listrik : aliran yang terjadi akibat jumlah muatan listrik yang mengalir dari satu titik ke titik lain dalam suatu rangkaian tiap satuan waktu

BCD : *binary code decimal*, yaitu sistem yang menyandikan bilangan desimal dalam bentuk biner

circuit breaker : pemutus rangkaian listrik pada sistem instalasi listrik, yang mampu dan menutup pada semua kondisi, termasuk hubungan singkat yang sesuai dengan kemampuan atau *rating*

daya : jumlah usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu

doping : proses yang bertujuan menambah ketidakmurnian kepada semikonduktor sangat murni dalam rangka mengubah sifat listriknya, yaitu dengan cara mengubah jumlah pembawa muatan

elektronika digital : cabang ilmu elektronika yang mempelajari tentang pemrosesan sinyal digital atau sinyal diskret

etiket gambar : kepala gambar yang wajib dibuat dalam suatu gambar teknik agar bersifat resmi dan dapat memuat informasi dengan lebih jelas

flip-flop : rangkaian elektronika yang memiliki dua kondisi stabil dan dapat digunakan untuk menyimpan informasi

fotodiode : mengubah cahaya datang ke arus *output*

fototransistor : salah satu detektor cahaya yang dapat mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik

gambar diagram : gambar-gambar berupa simbol yang menunjukkan letak peralatan listrik yang digunakan

gambar instalasi : gambar yang memiliki fungsi untuk menunjukkan tata letak peralatan listrik dan pengendali yang terpasang

generator : alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik

gerbang logika : cara untuk membentuk sebuah jalur digital agar semua komponen dapat saling terhubung dengan baik dan perangkat elektronik berfungsi dengan baik

IEC : International Electrotechnical Commission, yaitu organisasi standardisasi internasional yang menyiapkan dan menerbitkan standar-standar internasional untuk semua teknologi kelistrikan, elektronika, dan teknologi terkait lainnya, yang disingkat menjadi *electrotechnology* atau teknik elektro

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers, yaitu himpunan para profesional di bidang teknik elektronika dan teknik listrik (serta ilmu-ilmu terkait lainnya) yang berkantor pusat di New York City, dan memiliki pusat operasi di Piscataway, New Jersey, Amerika Serikat

ISO : singkatan dari International Organization for Standarization, yaitu lembaga non-

pemerintahan yang memiliki fungsi untuk menstandarkan apa pun sehingga bisa diterima di dunia internasional

isolator : bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik dengan baik

kapasitor : komponen listrik/elektronika yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik

komponen aktif : sumber tegangan atau arus yang mampu menyalurkan energi ke rangkaian listrik

komponen pasif : komponen yang tidak dapat menghasilkan energi

konduktor : bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik

konstruksi geometris : tata cara penggambaran suatu bentuk yang didasarkan pada konstruksi dasar seperti garis, sudut, garis lengkung, lingkaran, dan lain sebagainya

kontaktor : komponen listrik yang dapat digunakan untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik bolak-balik (AC)

konverter : suatu peralatan instrumen yang berfungsi mengubah besaran sinyal tertentu menjadi besaran sinyal lainnya

LDR : *light dependent resistor*, yaitu jenis sensor optik yang digunakan dalam rangkaian elektronika

listrik : rangkaian fenomena fisika yang berhubungan dengan kehadiran dan aliran muatan listrik

manometer : alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida, baik gas maupun zat cair

megger : kependekan dari megaohmmeter, yaitu alat ukur yang berfungsi untuk mengukur tahanan isolasi dari alat-alat listrik ataupun instalasi-instalasi

motor listrik : alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik putaran

multimeter : alat yang digunakan untuk mengukur lebih daripada satu besaran listrik

ohmmeter : alat yang dipakai untuk mengukur hambatan listrik pada rangkaian tertutup atau daya untuk menahan mengalirnya arus listrik pada sebuah konduktor

op-amp : *operational amplifier*, yaitu komponen elektronika semikonduktor yang dapat melakukan operasi matematika dan kalkulus terhadap *input* tegangan

proyeksi Amerika : proyeksi pada bidang yang sama dengan arah garis pandangnya

proyeksi Eropa : proyeksi yang letaknya terbalik dengan arah garis pandangannya

proyeksi piktorial : gambar proyeksi yang digunakan pada gambar teknik yang memiliki fungsi untuk menggambarkan benda bentuk tiga dimensi pada bidang dua dimensi

proyeksi ortogonal : gambar proyeksi yang bidang proyeksinya mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya

PUIL : Persyaratan Umum Instalasi Listrik

P&ID : *Piping and Instrumentation Diagram*, yaitu diagram yang rinci dalam industri pemrosesan yang menunjukkan pemipaan dan perlengkapan proses juga instrumentasi dan perangkat kendali

rangkaian digital : kesatuan dari elemen-elemen logika yang membentuk suatu fungsi pemrosesan sinyal digital

rangkaian sekuensial : bentuk gabungan dari rangkaian kombinasi dengan elemen memori dasar

relai : sakelar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama, yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanis (seperangkat kontak sakelar/*switch*)

resistor : bahan listrik yang mempunyai daya hantar listrik rendah atau mempunyai resistansi tinggi

sel fotovoltaik : sel yang mengubah cahaya menjadi tegangan *output*

semikonduktor : bahan yang dapat difungsikan sebagai konduktor maupun isolator, disebabkan oleh campuran bahannya

sensor : jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik

sistem bilangan : suatu cara untuk menuliskan (mengodekan, *coding*) suatu bilangan

superkonduktor : konduktor atau penghantar yang sangat baik

tegangan listrik : tegangan yang bekerja pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya yang dapat menggerakkan muatan listrik

termokopel : suatu sensor temperatur termoelektrik yang terdiri dari dua kawat logam yang berlainan dengan penggabungannya pada *probe tip* dan *reference junction* (temperatur yang diketahui)

transduser : suatu peranti yang dapat mengubah energi menjadi bentuk energi yang lain

transmiter : sebuah alat yang berfungsi untuk menyampaikan (mentransmisikan) kondisi besaran proses sehingga keadaan pada tempat tersebut dapat dilihat, dipantau atau dikendalikan dari suatu tempat yang jauh (*remote*)

voltmeter : alat yang dipakai untuk mengukur besar tegangan listrik pada sebuah rangkaian tertutup

wattmeter : alat yang digunakan untuk mengukur daya listrik

Daftar Pustaka

Daftar Buku

Ali, Muhamad. *Modul Kuliah Elektronika Daya: Pengantar Elektronika Daya*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, 2011.

Ariyus, Doni dan Rum Andri K.R. *Komunikasi Data*. Yogyakarta: Andi, 2008.

Blocher, Richard. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: Andi, 2004.

Harten, P. Van dan E. Setiawan. *Instalasi Listrik Arus Kuat*. Bandung: Binacipta, 1981.

Ibrahim. "Pengertian Gambar Teknik." *Cakbagus*. Diakses pada 7 November 2022. https://cakbagus.net/pengertian-gambar-teknik/.

Malvino, Albert Paul. *Elektronika Komputer Digital: Pengantar Mikrokomputer*. Jakarta: Erlangga, 1994.

Malvino, Albert Paul. *Prinsip-Prinsip Elektronik*. Jakarta: Erlangga, 1984.

Mismail, Budiono. *Dasar-Dasar Rangkaian Logika Digital*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1998.

Mogi, I Komang Ari. *Modul Praktikum Sistem Digital*. Program Studi Informatika Jurusan Ilmu Komputer Fakultas MIPA Universitas Udayana, 2016.

Petroski, Henry. *The Pencil: A History of Design and Circumstance*. New York: Alfred A. Knopf, 1990. Didigitalisasi oleh *The Internet Archive*. Diakses pada 7 November 2022. https://archive.org/details/pencilhistoryofd00petr_0/page/n3/mode/1up.

Petruzella, Frank D. *Elektronik Industri*. Diterjemahkan oleh Sumanto. Yogyakarta: Andi, 2001.

S., Wasito. *Pelajaran Elektronika Jilid 3: Teknik Denyut OP-Amp Thyristor*. Jakarta: Karya Utama, 1983.

Sato, G. Takeshi dan N. Sugiarto Hartanto. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1999.

Sayogo, Bartien, Fadjar Widjaja, Sahala T. Sinaga, Soemarjanto, Djoni S. Soetarman, dan Sahat Simangunsong. "Penjelasan PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011), Edisi 2014." Diunduh

pada 13 Oktober 2022. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/d8197-buku-puil-2011.pdf.

Storr, Wayne. *Basic Electronic Tutorials*. Diunduh pada 21 Juli 2022. https://www.freetechbooks.com/basic-electronic-tutorials-t1292.html.

Sugiono, Djoko. *Teknik Mikroprosesor untuk SMK/MA Kelas X Semester 1*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2013.

Susman, Benny. "Garis dan Penggunaannya pada Gambar Teknik." *DocPlayer*. Diakses pada 7 November 2022. https://docplayer.info/72950275-Garis-dan-kegunaannya-pada-gambar-teknik.html.

Yudha, Kharisma. "Dasar Instrumentasi dan Proses Kontrol 1/158 Bimbingan Profesi Sarjana Teknik (BPST) Direktorat Pengolahan Angkatan XVII-Balongan 2007." *Academia*. Diunduh pada 13 Oktober 2022. https://www.academia.edu/7234475/Dasar_Instrumentasi_dan_Proses_Kontrol_1_158_Bimbingan_Profesi_Sarjana_Teknik_BPST_Direktorat_Pengolahan_Angkatan_XVII_Balongan_2007.

Daftar Kredit Gambar

Gambar 1.6: diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Krzywiki.jpg pada 7 November 2022.

Gambar 1.9: diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Architectural_scale.jpg pada 7 November 2022.

Gambar 1.10: diunduh dari https://www.flickr.com/photos/chrisinplymouth/3240722779 pada 7 November 2022.

Gambar 5.14: diunduh dari https://www.researchgate.net/figure/Direct-drive-a-torque-motor-1-b-direct-drive-rotary-Table_fig1_260383841 pada 19 September 2022.

Daftar Sumber Tabel

Tabel 1.2: disadur dari https://en.wikipedia.org/wiki/Pencil pada 2 November 2022.

Indeks

A

AC 30, 31, 54, 55, 86, 87, 94, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 158, 162, 175, 176, 177, 180, 186, 188, 195, 196, 197, 198, 201, 203, 204, 205, 207, 223, 224, 256, 274

Aktuator 217, 218, 228

akurasi 160, 167, 177, 178, 185, 186, 187, 291

Alat Ukur Listrik 159, 161, 162, 175, 181, 182

aljabar Boole 232, 255, 256, 258, 263, 264, 265, 266, 279, 291

Ampere 53, 54, 56, 59, 66, 73, 76, 147, 151, 166, 176, 188, 227

angka 8, 11, 16, 52, 69, 82, 90, 102, 105, 106, 107, 113, 114, 127, 129, 131, 140, 156, 162, 182, 183, 188, 234, 238, 239, 278, 291

Aplikasi Elektronika 45, 76

arus 25, 26, 44, 46, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 88, 89, 94, 95, 96, 99, 100, 108, 109, 110, 116, 133, 134, 136, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 157, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 176, 177, 182, 183, 186, 188, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 203, 204, 207, 210, 217, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 229, 237, 283, 284, 285, 286, 287, 291

B

bahan 4, 5, 7, 12, 39, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 82, 84, 91, 93, 94, 96, 99, 101, 103, 153, 155, 180, 206, 210, 227, 228, 285, 287, 291

Bahan 45, 48, 49, 50, 51, 91, 155, 180, 219

besaran 44, 53, 82, 84, 121, 162, 165, 168, 169, 186, 188, 194, 215, 217, 235, 285, 286, 287, 291

D

daya 30, 34, 44, 48, 51, 55, 56, 57, 64, 65, 66, 71, 72, 84, 102, 113, 133, 164, 176, 177, 184, 186, 188, 194, 197, 198, 199, 200, 201, 204, 207, 209, 216, 220, 221, 283, 286, 287, 288, 291

DC 34, 54, 55, 86, 87, 94, 116, 133, 136, 137, 139, 140, 148, 152, 154, 158, 162, 175, 176, 177, 186, 188, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 207, 223, 224, 227, 229, 283, 291

doping 51, 283, 291

E

elektronika analog 44, 291

elektronika digital 44, 233, 234, 283, 291

etiket gambar 24, 29, 39, 284, 291

F

frekuensi 102, 139, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 166, 179, 188, 196, 197, 204, 211, 228, 291

Frekuensi 53, 152, 180, 211, 228, 298

G

gambar proyeksi 20, 21, 24, 40, 286, 291

gambar teknik 2, 4, 5, 6, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 37, 39, 40, 41, 42, 284, 286, 291

garis 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 21, 22, 23, 28, 37, 39, 40, 137, 153, 168, 203, 215, 220, 273, 285, 286, 291

geometri 18, 291

gerbang logika 101, 102, 136, 232, 234, 235, 252, 253, 254, 266, 275, 278, 279, 284, 291

H

Hukum Kirchhoff 44, 46, 57, 58, 59, 60, 61, 84

Hukum Ohm 44, 46, 56, 57, 58, 64, 68, 69, 70, 84, 146, 150

huruf 7, 8, 11, 16, 17, 64, 72, 94, 99, 176, 243, 248, 259, 261, 291

I

induktansi 94, 120, 121, 122, 123, 149, 150, 153, 155, 167, 201, 291

Induktansi 53

instalasi listrik 27, 168, 220, 283, 291

instrumentasi 2, 35, 37, 38, 39, 160, 162, 168, 173, 174, 192, 215, 216, 218, 228, 229, 230, 286, 291, 292

integrated circuit 96, 102, 155, 291

Integrated Circuit 33, 88, 101

K

kalibrasi 35, 107, 160, 163, 165, 185, 187, 291

komponen aktif 46, 82, 104, 138, 156, 157, 285, 291

komponen elektronika 32, 33, 34, 47, 60, 85, 86, 87, 88, 89, 94, 96, 99, 101, 155, 156, 157, 158, 179, 224, 234, 235, 286, 291

komponen listrik 25, 91, 155, 192, 228, 285, 291

Komponen pasif 158

konfigurasi 86, 108, 139, 291

konstanta pi 145, 149, 291

L

lampu 27, 28, 41, 52, 77, 79, 87, 109, 192, 208, 221, 222, 225, 227, 228, 233, 292

M

Mesin listrik 194, 228, 230

model atom 47, 292

motor 29, 30, 31, 79, 172, 186, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 217, 227, 229, 286, 292

O

ohmmeter 48, 55, 126, 130

Ohmmeter 164, 177, 183

P

PCB 32, 141, 154, 275, 276, 277

Pemeliharaan 295

pengukuran 85, 125, 126, 153, 157, 160, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Penyearah 33, 97, 133, 134, 135, 136

peralatan 2, 6, 11, 12, 13, 18, 27, 28, 32, 36, 37, 38, 39, 102, 109, 168, 185, 191, 192, 194, 204, 208, 215, 217, 218, 221, 225, 226, 230, 274

Peralatan 66

perawatan 199, 202, 204

presisi 13, 160, 165, 196, 204

R

radio 85, 87, 102, 153, 192, 208, 211, 213, 226

rangkaian campuran 44, 74, 75, 76, 84, 111, 119

rangkaian elektronika 2, 32, 34, 53, 74, 82, 83, 84, 86, 89, 92, 94, 101, 112, 116, 117, 120, 125, 138, 147, 151, 155, 156, 158, 226, 232, 266, 275, 278, 281

rangkaian paralel 44, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 75, 79, 84, 108, 110, 111, 118, 122, 124

rangkaian seri 44, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 72, 73, 74, 78, 83, 84, 108, 109, 111, 112, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 143

resistansi 44, 51, 55, 57, 64, 68, 69, 70, 71, 80, 84, 89, 90, 109, 121, 141, 167, 177, 178, 184, 219

resistor 55, 56, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 83, 88, 89, 90, 91, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 121, 122, 141, 142, 152, 155, 156, 157, 158, 164, 184, 192

Resistor 33

S

sakelar 28, 30, 41, 79, 121, 136, 138, 175, 176, 183, 184, 186, 192, 221, 223, 228

satuan listrik 44, 82, 84

sensor 36, 160, 167, 170, 174, 202, 215, 216, 219, 223, 228, 229

simbol elektronika 2, 32, 40

simbol instrumentasi 2, 35, 37, 39

simbol listrik 25, 40

sistem bilangan 232, 238, 239, 240, 241, 245, 246, 278

Sistem digital 234

T

tegangan 28, 34, 44, 46, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 89, 94, 98, 100, 102, 109, 110, 116, 125, 126, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 157, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 183, 185, 186, 188, 194, 198, 207, 210, 220, 224, 225, 226, 228, 237, 266, 278

teknik listrik 25, 35, 94

teknologi 1, 43, 85, 159, 191, 231

televisi 32, 85, 153, 191, 192, 208, 209, 210, 211, 212, 226, 274

Televisi 45

transistor 51, 78, 79, 80, 81, 88, 96, 99, 100, 101, 127, 128, 129, 130, 138, 139, 155, 156, 157, 235, 274, 278

Transistor 33

V

volt 34, 142, 225, 226, 227, 235

Volt 53, 54, 55, 56, 58, 60, 67, 72, 74, 77, 78, 81, 83, 165, 175, 178, 180, 186, 188

PENULIS



Farid Mulyana

Email : areadmoel14@gmail.com
Instansi : SMK Negeri 1 Cimahi
Alamat Instansi : Jl. Mahar Martanegara No. 48 Kota Cimahi Jawa Barat
Bidang Keahlian : Teknik Manufaktur dan Rekayasa Riwayat

- **Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

Guru SMKN 1 Cimahi (Tahun 2006 s.d sekarang)

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

S1 Pend. Teknik Mesin IKIP Bandung (Tahun Lulus 1998)

- **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Elektronika Instrumentasi Kelas X (2014)
2. Pengukuran Besaran Proses Kelas XI (2014)
3. Modul PKB–Utilitas Kontrol Proses (2015)
4. Pemeliharaan Sistem Instrumentasi Otomatisasi Proses (2019)

PENULIS



Ismanto

Email : t.ismant577@gmail.com
Instansi : SMK Ma'arif 1 Kebumen
Alamat Instansi : Jl. Kusuma No. 75 Bumirejo, Kebumen
Bidang Keahlian : Teknik Manufaktur dan Rekayasa

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

Guru SMK Ma'arif 1 Kebumen (Tahun 2017 s.d sekarang)

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

S1 Universitas Teknologi Yogyakarta 2012 (Tahun Lulus 2016)

- **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Penerapan Rangkaian Elektronika XII (2019)

PENELAAH



Akhmad Musafa

Email : akhmad.musafa@budiluhur.ac.id
Instansi : Universitas Budi Luhur
Alamat Instansi : Jl. Raya Ciledug, Perukangan Utara, Jakarta Selatan, 12260
Bidang Keahlian : Teknik Elektro

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur (2004 – Sekarang)
2. Ketua Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur (2013 – 2021)
3. Trainer & Programmer PT. Info Pro Mandiri Solusi (2009 – 2013)
4. Engineer & Programmer pada Proyek Re-Engineering Sistem Kontrol Turbin Gas (PT. Atandi Mitra Karya (2012-2013))

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

1. S2 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia (2005 – 2007)
2. S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur (1999 – 2004)

- **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Fasilitas Klasifikasi Indeks Massa Tubuh Menggunakan Algoritma Logika Fuzzy
2. Perancangan Pembangkit Listrik Termoelektrik Pada Proses Refrigerasi Air Conditioner dengan Metode Fuzzy Logic (2020)
3. Perancangan Sistem Manajemen Baterai Pada Mobil Listrik Studi Kasus: Baterai Kapasitas 46ah 12v Pada Neo Blits 2 (2020)
4. Pengembangan Metode Koordinasi Pada Kontrol Daya Sistem Hibrida Sel Surya-Turbin Angin-Biogas Terhubung On Grid dengan Jaring PLN Satu Fasa (2018-2019)
5. Konsep dan Perancangan Sistem Kontrol Keseimbangan Gerak pada Robot (2017)

PENELAAH



Lili Herliawan

Email : herliaone1@gmail.com
Instansi : PT. Rajakon Teknik
Alamat Instansi : Jl. Setra Dago Tim. IV No.20, Antapani Wetan, Kec.Antapani, Kota Bandung, Jawa Barat 40291
Bidang Keahlian : Kelistrikan

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Galih Electroplatting, Bandung 1987-1990
2. Omedata Electronic's/National Semiconductor, Bandung 1990-1991
3. KLE Electronic's, Bandung 1991-1992
4. PT. PLN (Persero) 1992-2021

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

1. SDN 13 Bandung 1978 - 1984
2. SMPN 27 Bandung 1984 - 1987
3. STMN 2 1987 - 1990
4. S1 Sistem Informatika Bandung 2005 - 2010
5. Singkawa Robotik, Japan-Omedata 1990
6. Citect Monitoring System, Jakarta-Auatralia 2002
7. Microcontroller (PLC), ITB-Bandung 2002
8. PHP & MySqL / Web, Webcentre Jakarta 2005
9. Thermovisi, Univ Thermographi Canada 2006
10. Sistim Monitoring, HongKong, Macau 2010
11. HotSpot Technology, Bandung 2012
12. Mikrotik, informit Bandung 2012
13. Cisco, DataNetsis, Bali 2012
14. Teknologi SmartBuilding, DPM,Jakarta 2015

- **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Penerapan Teknologi Radio Frekuensi Sebagai Jaringan Wireless Backbone Gardu Induk 2010
2. Pemanfaatan Teknologi RoIP Sebafai Soliusi Komunikasi Radio Pintar Antar Gardu Induk Berbasis Jaringan Internet 2010
3. Sistem informasiPengaduan Masyarakat 2012
4. Sistem Informasi & Monitoring Kelistrikan Gedung Untuk menurunkan Resiko Kebakaran Gedung Akibat Listrik Berbasis Web 2012
5. Working Permit 2015
6. Sistem Monitoring Cell Batere 100 VCD di Gardu Induk 2015
7. SITTO 2016

PENELAAH



Reni Nuraeni

Email : r3ni.nuraeni@gmail.com
Instansi : BBPPMPV BMTI
Alamat Instansi : Jl. Pasantren Km 2 Cibabat CIMAHI 40513

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. PT. IPTN Bandung, Karyawan (1997 - 1999)
2. SMKN 1 Cimahi, Guru (1996 – 2007)
3. Politeknik TEDC Cimahi, Dosen (2006 s.d Sekarang)

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

1. S1 Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani 2000
2. S2 Pendidikan Teknologi Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia 2009

- **Pelatihan/Workshop/FGD yang pernah diikuti:**

1. In House Training Pengembangan Kurikulum Vokasi kelompok Teknologi dan Rekayasa 2021 4 Hari BBPPMPV BMTI Bersertifikat
2. Penyusunan Materi Uji Kompetensi LSP P2 PPPPTK BMTI 2020 3 Hari BBPPMPV BMTI Bersertifikat
3. Automation Technology 2019 2 Bulan Hessiche Landesstelle fur Technologiesfortbildung Jerman Bersertifikat
4. Sertifikat Kompetensi Pengoperasian PLTS On Grid 2018 3 Hari BNSP Bersertifikat
5. Sertifikat Kompetensi Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Tipe Penerangan Jalan Umum (PJU) 2017 3 Hari BNSP Bersertifikat
6. Sertifikasi Uji Kompetensi Assesor BNSP 2017 2 Hari PPPPTK BMTI (MCA Project) Bersertifikat
7. Diklat Calon Asesor Kompetensi Energi Terbarukan Gelombang II 2017 40 jp PPPPTK BMTI (MCA Project) Bersertifikat
8. Pelatihan Tata Cara Penyusunan Rancangan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (RSKKNI) 2016 30 jp PPPPTK BMTI (MCA Project) Bersertifikat
9. Seminar Pengembangan Standar dan Sertifikasi Teknologi Photovoltaic 2016 1 Hari PPPPTK BMTI Bersertifikat
10. Tata Cara Penyusunan Rancangan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (RSKKNI) 2016 30 jp PPPPTK BMTI Bersertifikat

ILUSTRATOR

Priyo Trilaksono

Email : priot_laksono@yahoo.com
Alamat : Bekasi
Bidang Keahlian : Ilustrasi, Desain Grafis

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Graphic Designer – Hakuhodo Digital (2022–saat ini)
2. Graphic Designer – Mata Angin (2022)
3. Graphic Designer – BMW AML (2022)
4. Graphic Designer – &Friends (2019–2021)
5. Graphic Designer – TBWA Indonesia (2018–2019)
6. Graphic Designer – Right Hand (2015—2018)
7. Illustrator – Karya Sahabat Global (2013-2015)

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

S1 Desain Komunikasi Visual, Sekolah Tinggi Media Komunikasi Trisakti (2009-2013)

- **Judul Buku di Desain dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Dasar-Dasar Teknik Elektronika untuk SMK/MAK Kelas X Semester 1 (2022)
2. Buku Panduan Guru Pendidikan Khusus bagi Peserta Didik Disabilitas Fisik Disertai Hambatan Intelektual untuk SDLB, SMPLB, dan SMALB (2022)
3. Ilustrasi Beberapa Buku Kurikulum Kemdikbud (2013)

- **Informasi Lain dari Penulis/Penelaah/Ilustrator/Editor:**

https://www.instagram.com/nyossnyossnyoss/

EDITOR



Anggia Eka Purwanti

Email : anggiaeka304@gmail.com
Instansi : -
Alamat Instansi : -
Bidang Keahlian : Editor & Penerjemah Bahasa Inggris

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Editor Mapel Bahasa Inggris di Penerbit Regina Bogor (2007—2012)
2. Editor Mapel Bahasa Inggris di Penerbit Bintang Anaway Bogor (2012—2014)
3. Editor lepas untuk penerbit-penerbit di Indonesia (2014—sekarang)
4. Penerjemah lepas (2014—sekarang)

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

Jurusan Sastra Inggris, Fakultas Sastra, Universitas Padjadjaran (1999-2005)

- **Judul Buku yang Pernah Disunting dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Upgrade TOEFL Score: Rahasia Melejitkan Skor TOEFL. Cmedia. 2013.
2. Tip & Trik Melejitkan Skor TOEFL. Cmedia. 2014.
3. 99% Sukses Menghadapi TOEFL. Cmedia. 2015.
4. Tematik Kelas 1 SD. Eka Prima Mandiri. 2017.
5. Tematik Kelas 4 SD. Eka Prima Mandiri. 2017.
6. Let's Enjoy English. Bukit Mas Mulia. 2019.

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

-

DESAINER

Handini Noorkasih

Email : handini.nk@gmail.com
Alamat : Bekasi
Bidang Keahlian : Desain Grafis, Branding

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Freelancer Desain Grafis (2019-sekarang)
2. Desainer Grafis, Kwik Kian Gie School of Business (2016-2019)
3. Desainer Grafis, Kotak Imaji Creative Studio (2015-2016)
4. Desainer Grafis, Cosmogirl Magazine (2014)

- **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

S1 Desain Komunikasi Visual, Sekolah Tinggi Media Komunikasi Trisakti (2009-2013)

- **Judul Buku di Desain dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Desain Buku Agama Kurikulum Kemdikbud (2013)
2. Buku Panduan Guru Pendidikan Khusus bagi Peserta Didik Disabilitas Fisik Disertai Hambatan Intelektual untuk SDLB, SMPLB, dan SMALB (2022)
3. Dasar-Dasar Teknik Elektronika untuk SMK/MAK Kelas X Semester 1 (2022)

- **Informasi Lain dari Penulis/Penelaah/Ilustrator/Editor:**

https://www.kreavi.com/dindinspica
https://www.behance.net/handinink/


TUT WURI HANDAYANI