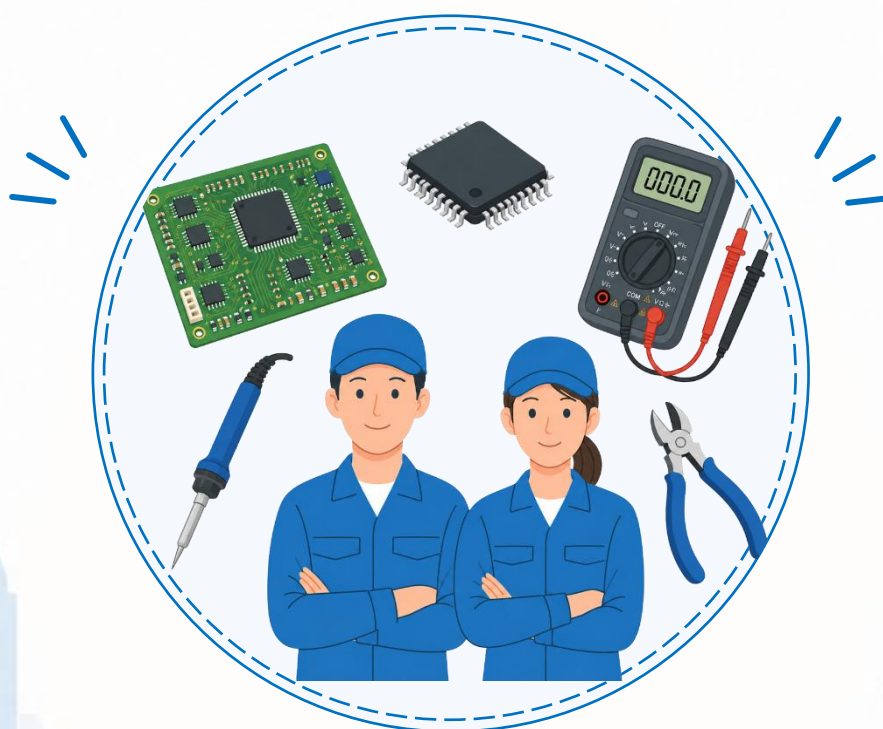


Ujian Evaluasi Pekerja Berketerampilan Spesifik Bidang Manufaktur Tingkat 1

Kategori Perakitan Peralatan Listrik dan Elektronik

Buku Referensi Pembelajaran



Bab 1 Garis besar Ujian dan Cara Belajar



Bab 2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja



Bab 3 Pengendalian Mutu



Bab 4 Pengetahuan Umum



Bab 5 Aturan Perundang-undangan dan Standar Kelistrikan



Bab 6 Gambar Teknik



Bab 7 Alat dan Perkakas



Bab 8 Pemesinan dan Penyelesaian Permukaan



Bab 9 Teori Dasar Listrik dan Elektronik



Bab 10 Pekerjaan Listrik dan Elektronik



Bab 11 Aplikasi Listrik dan Elektronik



Bab 12 Inspeksi, Pemeliharaan, Pengemasan, dan Pembentukan

Daftar Isi

Bab 1

Garis besar Ujian dan Cara Belajar

1

- 1. Garis Besar Ujian 1
 - 1.1 Materi Ujian1
 - 1.2 Kesesuaian Kategori Perakitan Peralatan Listrik dan Elektronik dengan Jenis Pekerjaan2
 - 1.3 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Mengikuti Ujian2
- 2. Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Belajar 3

Bab 2

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

4

- 1. Pekerjaan Dasar 4
 - 1.1 Prinsip-prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja4
 - 1.2 Undang-Undang Keselamatan dan Kesehatan Kerja5
 - 1.3 Mengucapkan Salam7
 - 1.4 Ho-Ren-So7
 - 1.5 Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke (5S).....8
 - 1.6 San-Tei10
- 2. Edukasi Keselamatan Kerja 11
 - 2.1 Pendidikan saat baru bekerja dan saat isi pekerjaan berubah 11
 - 2.2 Pendidikan khusus..... 11
 - 2.3 On the Job Training (OJT)12
 - 2.4 Pelatihan Identifikasi Bahaya (Kiken Yochi Training / KYT)12

3.	APD	15
4.	Pengetahuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja	16
4.1	Hukum Heinrich	16
4.2	Penilaian risiko	16
4.3	Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (OSHMS)	17
4.4	Keselamatan Mutlak	17
5.	Tanda Peringatan Keselamatan	18
5.1	Tanda Larangan	18
5.2	Tanda perhatian	19
5.3	Tanda Zat Kimia Berbahaya / Berdampak Bahaya	20
5.4	Tanda Lainnya	21
6.	Poin-Poin Keselamatan untuk Setiap Jenis Pekerjaan	22

Bab 3

Pengendalian Mutu

24

1.	Dasar-dasar Pengendalian Mutu	24
1.1	Pengertian Mutu	24
1.2	Pola Pikir Pengendalian Mutu	25
2.	Standardisasi	30
2.1	Standar Kerja	30
2.2	Bagan Proses QC	31
3.	Tujuh Alat QC	32
4.	Standar	35
4.1	ISO (Organisasi Standardisasi Internasional)	35
4.2	Standar Industri Jepang (Japanese Industrial Standards / JIS)	36
4.3	Sistem Satuan Internasional (SI)	37

Bab 4

Pengetahuan Umum

38

1. Ilmu Kimia 38
 - 1.1 pH.....38
 - 1.2 Oksidasi dan Reduksi38
 - 1.3 Berat Jenis39
2. Pemanfaatan Sumber Daya..... 39
 - 2.1 Reduce, Reuse, Recycle39
 - 2.2 Ekonomi Sirkular.....40
3. Listrik 41

Bab 5

Aturan Perundang-undangan dan Standar Kelistrikan

42

1. Aturan Perundang-undangan..... 42
 - 1.1 Undang-Undang Keselamatan Peralatan dan Material Listrik42
 - 1.2 Peraturan Kementerian tentang Standar Teknik Sarana Kelistrikan44
 - 1.3 Interpretasi Standar Teknik Sarana Kelistrikan44
2. Standar Listrik dan Elektronik 48
 - 2.1 Standar Terkait Kelistrikan di Jepang48
 - 2.2 Standar Jepang Lainnya Terkait Kelistrikan49
 - 2.3 Standar Terkait Kelistrikan di Luar Negeri50
 - 2.4 Hubungan antara Standar Domestik dan Standar Internasional51

Bab 6

Pembuatan Gambar Teknik

52

1. Aturan Umum Gambar Teknik 52
 - 1.1 Jenis Gambar Teknik52

1.2	Ukuran dan Format Gambar Teknik	53
1.3	Garis yang Digunakan dalam Gambar Teknik.....	55
1.4	Skala yang Digunakan dalam Gambar Teknik	56
1.5	Cara Penyajian Bentuk	57
2.	Gambar Listrik	61
2.1	Jenis Gambar Listrik	61
2.2	Simbol-simbol Listrik.....	62
2.3	Diagram Skematis untuk Kontrol Sekuensial	63
2.4	Diagram Urutan Tangga dan Simbol-simbolnya	65
3.	Jenis-jenis Material Listrik	67
3.1	Bahan Konduktif.....	67
3.2	Bahan Magnetik	68
3.3	Bahan Isolasi	69

Bab 7

Alat dan Perkakas

73

1.	Perkakas dan Komponen untuk Keperluan Perakitan	73
1.1	Alat Pengencangan Sekrup	73
1.2	Jenis-jenis Sekrup, Baut dan Ring	74
2.	Perkakas dan Komponen untuk Pengerjaan dan Penyambungan Kabel Listrik	77
3.	Perkakas untuk Pemrosesan Sasis.....	78
4.	Jenis Kabel dan Alat Koneksinya	79
4.1	Jenis Kabel.....	79
4.2	Pengupas Kabel dan Tang Kriming	80
4.3	Solder	80
5.	Komponen Listrik dan Komponen Elektronik.....	83
6.	Alat Ukur yang Digunakan	84

6.1	Jangka Sorong.....	84
6.2	Mikrometer	86
6.3	Alat Ukur Lainnya.....	89
6.4	Tester / Circuit Tester, Multimeter	90
6.5	Osiloskop / Digital Storage Oscilloscope.....	92
6.6	Alat Ukur Listrik Lainnya	95

Bab 8

Pemesinan dan Penyelesaian Permukaan 98

1.	Pemesinan (Pengerjaan Panel Kontrol)	98
1.1	Pengukuran dan Penandaan Dimensi.....	98
1.2	Pengeboran	98
1.3	Metode Pengeboran Lubang untuk Pemasangan Instrumen dan Alat	99
1.4	Penetapan (Tapping)	99
2.	Penyelesaian	102
2.1	Penyelesaian Permukaan dengan Kikir Logam	102
2.2	Penyelesaian dengan Kikir Set.....	103
3.	Mesin Pemroses Utama dan Penggunaannya	104
3.1	Mesin Bubut	106
3.2	Mesin Frais.....	107

Bab 9

Teori Dasar Listrik dan Elektronik 110

1.	Teori Listrik	110
1.1	Dasar-dasar	110
1.2	Ilmu Elektromagnetik	111
2.	Rangkaian Listrik	116

2.1	Dasar-dasar	116
2.2	Komponen Listrik	118
2.3	Perhitungan Rangkaian	120
3.	Rangkaian Elektronik	127
3.1	Teori Elektron	127
3.2	Komponen Elektronik.....	130
3.3	Rangkaian	133
4.	Komputer	135
4.1	Komposisi Struktur.....	135
4.2	Bilangan Biner.....	136

Bab 10

Pekerjaan Listrik dan Elektronik

137

1.	Pengukuran Listrik	137
1.1	Alat Ukur	137
1.2	Pengukuran Resistansi.....	142
1.3	Pengukuran Tegangan.....	142
1.4	Pengukuran Arus	143
1.5	Kebocoran Listrik dan Pembumian.....	143
2.	Perakitan Komponen	144
2.1	Persiapan Sebelum Pekerjaan	144
2.2	Penataan Setelah Pekerjaan	147
2.3	Papan Sirkuit Cetak (PCB)	149
3.	Gemuk	150

1.	Kontrol Sekuensial	151
1.1	Operasi Logika	151
1.2	Simbol Diagram Sekuensial	153
1.3	Komponen	154
1.4	Rangkaian Dasar	158
1.5	Rangkaian Aplikasi	160
2.	Peralatan Listrik	162
2.1	Motor Listrik	162
2.2	Trafo	164
2.3	Pemutus Sirkuit	165
3.	Baterai	167
3.1	Sel Surya	167
4.	Kontrol Mesin	169
4.1	Sirkuit Hidrolik	169

1.	Inspeksi	170
1.1	Inspeksi Perakitan	170
2.	Pemeliharaan	173
2.1	Pengertian Pemeliharaan	173
2.2	Jenis Pemeliharaan	173
2.3	Lingkup Pekerjaan Pemeliharaan Peralatan	174
2.4	Dampak Pemeliharaan Peralatan	175

3.	Kemasan Industri	176
3.1	Pengertian Kemasan Industri	176
3.2	Peran dan Fungsi Kemasan	176
3.3	Bahan Kemasan	176
3.4	Kualitas Logistik	177
3.5	Label Kehati-hatian Penanganan (JIS Z0150)	178
4.	Pembentukan Plastik	179
4.1	Pengertian Pembentukan Plastik	179
4.2	Pembentukan Injeksi.....	180
4.3	Pembentukan Plastik FRP.....	183
5.	Pembuatan Papan Sirkuit Cetak (PCB).....	184
5.1	Pengertian Papan Sirkuit Cetak (PCB).....	184
5.2	Metode Produksi PCB	185
5.3	Proses Etsa.....	186



Bab 1

Garis besar Ujian dan Cara Belajar

1. Garis Besar Ujian(per Juli 2026)

Untuk memperoleh status SSW Tingkat 1, seseorang harus memiliki "keterampilan dengan tingkat pengetahuan atau pengalaman yang memadai". Ujian Evaluasi SSW Tingkat 1 Bidang Manufaktur adalah ujian untuk memastikan tingkat keterampilan tersebut.

1.1 Materi Ujian

Tabel 1-1: Materi Ujian

Standar Ujian	Standar ujian dibuat setara dengan Ujian Sertifikasi Keterampilan Tingkat 3, guna memastikan peserta memiliki keterampilan melakukan pekerjaan hingga tingkat tertentu tanpa perlu pembinaan atau pelatihan khusus.
Metode Pelaksanaan	Metode CBT (tes berbasis komputer)
Jumlah Soal	Ujian tertulis: 30 soal (benar/salah) Ujian praktik: 10 soal (terdiri dari soal pilihan ganda dan soal penyusunan rencana kerja)
Waktu Ujian	Ujian tertulis: 40 menit Ujian praktik: 40 menit
Kriteria Kelulusan	Ujian tertulis: Persentase jawaban benar minimal 65% Ujian praktik: Persentase jawaban benar minimal 60%
Bahasa	Bahasa Jepang *Disertai cara baca hiragana untuk huruf kanji
Kualifikasi Ujian	Secara prinsip, warga negara asing dengan usia minimal genap 17 tahun (minimal 18 tahun untuk warga negara Indonesia) pada hari ujian dan memiliki keinginan bekerja di Jepang jika lulus ujian



1.2 Kesesuaian Kategori Perakitan Peralatan Listrik dan Elektronik dengan Jenis Pekerjaan



Tabel 1-2: Hubungan Kategori Ujian dengan Jenis Pekerjaan

Kategori Perakitan Peralatan Listrik dan Elektronik	Bubut konvensional, mesin frais, bubut CNC, pusat pemesian, Penyelesaian jig dan alat, penyelesaian cetakan, penyelesaian perakitan mesin, inspeksi mesin, pemeliharaan mesin, perakitan mesin listrik rotari, perakitan trafo, perakitan panel distribusi/kontrol, perakitan peralatan sakelar/kontrol, pembuatan lilitan mesin listrik rotari, perancangan PCB, pembuatan PCB, pencetakan kompresi, pencetakan injeksi, pencetakan film tiup, pencetakan tiup, pengemasan industri, pencetakan laminasi metode hand lay-up, pencetakan polistirena berbusa metode bead, pembuatan bahan baku pencetakan plastik, pengolahan film (laminasi kering, laminasi ekstrusi, slitting, pembuatan kantong, benang pipih)
--	--

1.3 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Mengikuti Ujian

(1) Dilarang membawa keluar atau membagikan soal dan jawaban



Dilarang keras membawa keluar soal ujian atau jawabannya (termasuk hanya sebagian) dengan cara apa pun, serta membagikan melalui media sosial (SNS) atau cara lain, baik secara terbuka maupun tertutup. Membawa keluar atau membagikan soal merupakan perbuatan curang serius yang menghilangkan keadilan bagi peserta ujian.

(2) Skema Pengamanan



Terdapat kamera pengawas dan pengawas di lokasi ujian. Selama mengikuti ujian, perilaku peserta ujian akan selalu diawasi dan akan segera ditemukan jika melakukan perilaku yang mencurigakan.

(3) Penanganan terhadap perbuatan curang



Peserta ujian yang melakukan perbuatan curang akan dibatalkan hasil ujiannya dan akan diberikan tindakan tegas jika diperlukan.





Contoh Tindakan

- Pencabutan kualifikasi untuk mengikuti ujian ke depan
- Dilaporkan ke Badan Kontrol Imigrasi, yang bertanggung jawab atas status ijin tinggal

2. Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Belajar

(1) Pelajari bahasa Jepang agar Anda dapat memahami isi buku ini.

Ujian dibuat dalam bahasa Jepang seperti yang tertulis pada buku ini. Oleh karena itu, jika tidak mengerti bahasa Jepang, Anda tidak akan dapat memahami arti pertanyaannya.

Jika bahasa Jepang pada buku ini sulit, disarankan untuk belajar bahasa Jepang juga.

(2) Tanyakan ke atasan atau rekan kerja Anda di tempat kerja.

Buku ini berisi banyak terminologi teknis mengenai keterampilan. Jika Anda menelitinya sendiri, mungkin ada istilah-istilah yang tidak Anda pahami. Dalam hal demikian, tanyakan ke atasan atau rekan kerja, agar istilah teknis dapat dipahami.

(3) Bacalah berulang-ulang sampai dapat memahaminya tanpa mencari tahu maknanya.

Waktu ujiannya 80 menit. Waktunya akan habis jika terlalu memikirkan makna bahasa Jepang-nya. Baca buku ini berulang-ulang agar bahasa Jepang menjadi terbiasa serta diperoleh pengetahuan keterampilan.

(4) Bacalah dengan saksama sampai akhir kalimat untuk mengetahui apakah kalimatnya benar atau salah.

Makna bahasa Jepang tidak akan dapat dipahami jika tidak dibaca dengan baik hingga akhir. Jika membacanya dengan terburu-buru, terdapat kemungkinan untuk memahaminya sebagai makna yang sebaliknya. Baca dengan baik hingga akhir agar tidak salah.





Bab 2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Pekerjaan Dasar

1.1 Prinsip-prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Di lingkungan manufaktur ada berbagai bahaya, seperti suhu tinggi, benda berat, mesin dan peralatan, serta bahan kimia. Kegiatan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan upaya untuk melindungi keselamatan jiwa dan kesehatan pekerja dari berbagai bahaya tersebut.

Cedera/penyakit yang dialami pekerja akibat pekerjaan atau dalam perjalanan berangkat/pulang kerja disebut kecelakaan kerja. Setiap pekerja harus berupaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

Prinsip Penting Keselamatan Kerja

- 1) Patuhi peraturan di tempat kerja. Peraturan dibuat untuk melindungi para pekerja.
Jika peraturan tak dipatuhi, juga dapat berdampak pada keselamatan orang lain disekitarnya
- 2) Jangan menyentuh atau mengoperasikan mesin/peralatan yang belum dikenal tanpa ijin.
Pastikan menanyakan terlebih dahulu ke atasan.
- 3) Gunakan peralatan dengan hati-hati. Setelah digunakan, simpanlah di tempat yang semestinya. Jangan melemparkan atau meletakkan sembarangan.
- 4) Patuhi hukum dan peraturan, meskipun tidak terlihat ada bahaya.
Hukum di Jepang dibuat untuk melindungi setiap pekerja.
- 5) Jika menemukan sesuatu yang tidak biasa (misalnya suara aneh, bau, atau getaran), segera hentikan mesin, laporkan ke atasan, dan ikuti petunjuk yang diberikan.



1.2 Undang-Undang Keselamatan dan Kesehatan Kerja



UU K3 merupakan undang-undang di Jepang yang ditetapkan untuk melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja. UU ini memiliki 3 pokok ketentuan sebagai berikut:

(1) Penetapan Standar Pencegahan Bahaya untuk Keselamatan Kerja

UU ini menetapkan standar sebagai aturan untuk mencegah kecelakaan kerja. Baik perusahaan maupun pekerja wajib mematuhi aturan tersebut.

(2) Penegasan sistem tanggung jawab

UU ini mengatur sistem tanggung jawab dalam K3 yang wajib dibentuk oleh perusahaan.

"Komite K3" merupakan organisasi yang membahas berbagai permasalahan terkait keselamatan dan kesehatan di tempat kerja. Selain itu, perusahaan juga wajib menunjuk tenaga profesional K3, seperti "Manajer Keselamatan Kerja" dan "Dokter Perusahaan" (dokter yang bertugas menjaga kesehatan para pekerja), untuk memeriksa kondisi keselamatan di tempat kerja dan mendukung terciptanya lingkungan kerja yang aman.

(3) Mendorong kegiatan proaktif

UU ini mendorong agar setiap pekerja memikirkan dan menerapkan keselamatan kerja secara proaktif. Melalui diskusi di tempat kerja, identifikasi potensi bahaya dalam pekerjaan beserta upaya pencegahan, kesadaran pentingnya keselamatan kerja akan meningkat sehingga tercipta tempat kerja yang aman.





Soal Latihan 2-1

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Saat bekerja di pabrik, pakaian apa pun boleh digunakan asalkan nyaman untuk bergerak.
- 2) () Jika ada sesuatu yang "berbahaya" di tempat kerja, selesaikan sendiri tanpa memberitahu siapa pun.



Penjelasan

- 1) Pakaian kerja yang aman sangat penting untuk melindungi tubuh dari risiko tersangkut pada mesin atau terhadap kotoran. Meskipun nyaman dipakai bergerak, pakaian yang longgar dapat tersangkut pada mesin. Selain itu, sandal dapat menyebabkan kaki terluka akibat tertimpa benda jatuh.

Jawaban: B

- 2) Jika menemukan sesuatu yang berbahaya atau tidak biasa di tempat kerja, segera laporkan ke atasan atau pemimpin tim. Dengan demikian, tindakan dapat diambil sebelum menjadi kecelakaan yang lebih besar. Jika mengambil keputusan sendiri, kondisi justru dapat menjadi lebih buruk atau bahkan membahayakan diri sendiri.

Jawaban: B



1.3 Mengucapkan Salam



Diantara upaya untuk mencegah kecelakaan, hal yang paling mendasar dan penting adalah mengucapkan salam. Saat berpapasan dengan pekerja di jalur kerja pada pagi hari, ucapkan “**Ohayo gozaimasu (selamat pagi)**” atau “**Otsukaresama desu (selamat bekerja)**”. Selain itu, ada juga ucapan seperti “**Go-anzen ni (tetap aman ya)**” Saling memberi salam sesama pekerja, meskipun dari jenis pekerjaan yang berbeda, dapat menumbuhkan rasa kebersamaan sehingga suasana kerja menjadi lebih nyaman. Meskipun belum mengenal orangnya, berikan salam dengan semangat.

1.4 Ho-Ren-So

Komunikasi adalah hal yang penting untuk menjalankan pekerjaan dengan lancar. Ada istilah yang disebut “**Ho-Ren-So**” untuk menggambarkan poin-poin pentingnya. “**Ho-Ren-So**” adalah gabungan dari kata *Houkoku* (melapor), *Renraku* (menginformasikan), dan *Soudan* (berkonsultasi). Istilah ini disesuaikan dengan nama sayuran, yaitu *hourenso* atau bayam dalam bahasa Jepang agar mudah diingat.

Berbicaralah dengan ramah, sampaikan pokok pembicaraan secara singkat dan jelas, serta utamakan menyampaikan kesimpulan terlebih dahulu.

- (1) **Houkoku:** Menyampaikan kemajuan atau hasil pekerjaan ke senior atau atasan.
- (2) **Renraku:** Menyampaikan informasi mengenai pekerjaan atau jadwal kerja ke senior atau atasan.
- (3) **Soudan:** Menyampaikan ke senior atau atasan saat ada masalah atau hal yang tak dipahami.



1.5 Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke (5S)



Kelima kata ini disebut “5S” karena semuanya dimulai dengan huruf S. Ini adalah aturan dasar untuk melakukan pekerjaan dengan aman, pasti, dan efisien. Bekerja samalah di tempat kerja agar dapat melakukan 5S dengan biasa.

(1) Seiri

Menyingkirkan barang yang tak diperlukan. Memisahkan barang "yang diperlukan" dengan "yang tak diperlukan", dan menyingkirkan yang tak diperlukan.

(2) Seiton

Menempatkan barang yang diperlukan di tempat yang mudah dijangkau. Menetapkan tempatnya agar siapa pun dapat segera menemukan barang tersebut.

(3) Seiso

Membersihkan dengan baik. Menjaga tempat kerja dari kotoran dan sampah agar selalu bersih dan berkilau.

(4) Seiketsu

Menjaga kondisi yang bersih. Kelanjutan seiri, seiton dan seiso, menjaga tempat kerja tetap bersih.

(5) Shitsuke

Membiasakan diri untuk mematuhi aturan.





Soal Latihan 2-2

■ Tuliskan A jika berkaitan dengan 5S, dan B jika tidak berkaitan dengan 5S.

- 1) () Di tempat kerja ada banyak peralatan, tetapi hampir tak pernah digunakan.
- 2) () Sedang mencari peralatan, tetapi sulit sekali ditemukan.
- 3) () Lantai kotor dengan minyak mesin, sehingga licin.
- 4) () Ada yang tidak mematuhi aturan kerja.
- 5) () Sejak pagi demam dan kondisi tubuh kurang baik.



Penjelasan

- 1) Menunjukkan Seiri belum diterapkan dengan baik.

Jawaban: A

- 2) Menunjukkan Seiton belum diterapkan dengan baik.

Jawaban: A

- 3) Seiso belum diterapkan dengan baik. Belum mencapai kondisi Seiketsu.

Jawaban: A

- 4) Shitsuke belum diterapkan dengan baik.

Jawaban: A

- 5) Menjaga kesehatan memang penting, tetapi tidak berkaitan dengan 5S.

Jika kondisi fisik kurang fit, sampaikan ke atasan Anda.

Jawaban: B



1.6 San-Tei



Ini adalah aturan untuk membuat pekerjaan lebih lancar dengan menentukan dimana dan berapa banyak barang yang harus ditempatkan. Penentuan lokasi, jenis barang dan jumlah disebut "San-Tei". Dengan San-Tei, "siapa pun, kapan pun, dan tanpa ragu" dapat menemukan barang yang diperlukan. Hasilnya membuat efisiensi pekerjaan meningkat dan siapa pun dapat melakukan pekerjaan yang sama.

(1) Tei-i: Menentukan tempat



Menentukan dengan jelas penempatan semua barang. "Alamat barang" ditentukan dengan membuat garis pada lantai atau menempelkan namanya pada rak. Dengan ini, "waktu untuk mencari" dapat dihilangkan.

(2) Tei-hin: Menentukan barang yang ditempatkan.



Hanya meletakkan barang yang ditentukan di tempat yang ditentukan. Contohnya, di "tempat alat A" hanya boleh diletakkan "alat A". Ini untuk mencegah tercampurnya barang dan terjadinya kesalahan.

(3) Tei-ryo: Menentukan jumlah yang ditempatkan



Menentukan barang yang diletakkan di tempat yang ditentukan dan menjaga jumlahnya. Jumlah yang tepat ditetapkan dan dikendalikan, misalnya "di rak ini disimpan sekrup sebanyak 10–20 buah".



2. Edukasi Keselamatan Kerja



Untuk mencegah kecelakaan kerja dan gangguan kesehatan, pekerja diberikan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan melalui edukasi. Hal tersebut diatur dalam UU K3.

2.1 Pendidikan saat baru bekerja dan saat isi pekerjaan berubah

Edukasi K3 dilakukan untuk melindungi pekerja dari bahaya. Jadi, saat memulai pekerjaan baru, pastikan memperoleh edukasi keselamatan kerja untuk pekerjaan tersebut.

Materi edukasi untuk pekerja baru dan saat materi pekerjaan berubah

- 1) Bahaya / dampak berbahaya dari mesin, bahan baku, dsb, serta cara penanganannya
- 2) Fungsi perangkat keselamatan dan APD, serta cara penanganannya
- 3) Prosedur kerja
- 4) Inspeksi saat memulai pekerjaan
- 5) Menjaga terlaksananya Seiri, Seiton, Seiso dan Seiketsu
- 6) Tanggap darurat dan evakuasi saat terjadi kecelakaan, dan sebagainya

2.2 Pendidikan khusus

UU K3 mengatur bahwa untuk pekerjaan yang khususnya berbahaya atau berdampak bahaya bagi kesehatan, pekerja wajib mengikuti edukasi khusus terlebih dahulu. (Contoh: pengoperasian forklift, pemeliharaan dan penyetelan robot industri, pengikatan beban*)

*Pengikatan beban (*tamagake*): pekerjaan mengikat beban pada kait crane, dsb untuk diangkat atau dipindahkan



2.3 On the Job Training (OJT)



Metode pendidikan yang untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan dalam pekerjaan melalui pekerjaan yang sesungguhnya.

Pertama, atasan akan menjelaskan dan mendemonstrasikan pekerjaan tersebut. Setelah itu karyawan baru akan mencoba melakukan. Kemudian, atasan akan memberi saran kepada karyawan baru untuk mengoreksi kesalahannya.

2.4 Pelatihan Identifikasi Bahaya (Kiken Yochi Training / KYT)

Pelatihan identifikasi potensi bahaya dalam pekerjaan melalui diskusi berdasarkan ilustrasi/foto di tempat kerja.

Dengan saling berdiskusi, kepekaan setiap orang terhadap bahaya akan meningkat. Metode KYT 4 putaran digunakan secara luas.

Metode KYT 4 Putaran

Putaran 1: “Bahaya apa yang mengintai?”

Mencari perilaku dan kondisi yang tidak aman dari gambar atau kondisi di lapangan.

Putaran 2: “Menentukan titik bahayanya”

Melalui diskusi, dipilih bahaya yang paling signifikan dari berbagai perilaku dan kondisi tidak aman tersebut.

Putaran 3: “Apa yang akan Anda lakukan?”

Mengidentifikasi langkah penanggulangan yang spesifik terhadap bahaya tersebut.

Putaran 4: “Menentukan yang akan kita lakukan”

Melalui diskusi, dipilih langkah yang akan diterapkan di tempat kerja dari berbagai langkah tersebut. Kemudian, menentukan “target perilaku tim” untuk mempraktikkannya dan menyebutkannya bersama-sama.





Soal Latihan 2-3

- Lihat ilustrasi pekerjaan dibawah ini dan pikirkan mengenai KYT putaran 1: “Bahaya apa yang mengintai?”

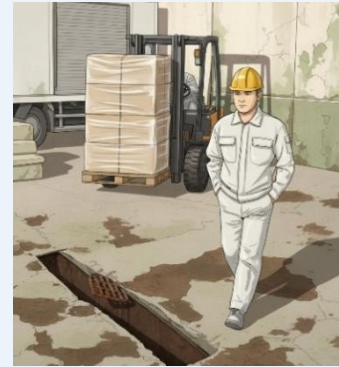
- A.** Melakukan pekerjaan pengepresan logam. (pengoperasian dengan menekan kedua tombol di kiri dan kanan)



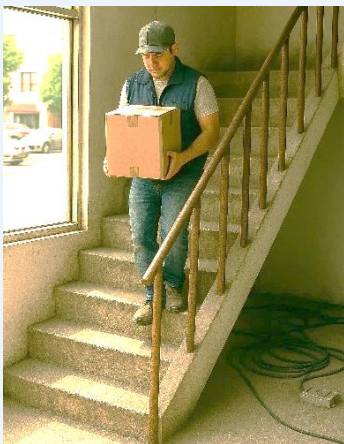
- B.** Memproses logam dengan bor duduk.



- C.** Berjalan di jalan dalam pabrik.



- D.** Menurunkan barang dari lantai 2.



- E.** Membersihkan tangki yang digunakan untuk pekerjaan menghilangkan minyak pada logam. Cairan pembersihnya mengandung pelarut organik.





A	1) Karena sakelar kanan selalu diposisikan ON dengan menggunakan selotip, tangan dapat terjepit jika tangan kanan masih berada di dalam mesin dan sakelar kiri tak sengaja ditekan. 2) Karena tidak dilengkapi sensor pencegah masuk, tangan bisa terjepit secara tidak sengaja. 3) Karena bagian belakang terbuka, pihak ketiga dapat terjepit jika mendekat.
B	1) Karena bor berputar, serpihan akan beterbangan akibat komponen saling bersentuhan. 2) Karena tidak memakai kaca mata pengaman, serpihan dan debu dapat masuk ke mata. 3) Karena menggunakan sarung tangan katun, mata bor dapat tersangkut pada sarung tangan dan melukai tangan.
C	1) Karena pengemudi forklift tak dapat melihat depan akibat ada barang, dapat menabrak truk atau orang. 2) Karena penutup parit terbuka, orang atau roda kendaraan dapat terperosok kedalam parit. 3) Karena berjalan dengan tangan masuk kedalam saku, dapat cedera serius saat terjatuh karena tangan tak dapat menopang tubuh.
D	1) Karena kaki tidak terlihat akibat ada barang bawaan, maka dapat terpeleset dari tangga dan terjatuh. 2) Karena tak dapat memegang pegangan tangga, terjatuh saat salah menginjak. 3) Tersandung kabel atau benda yang menonjol dan terjatuh. 4) Dapat berakibat sakit punggung jika barangnya berat.
E	1) Karena tak mengenakan APD untuk pelarut organik, dapat menghirup pelarut yang menguap. 2) Karena kipas ventilasi tidak berputar, pelarut organik yang menguap menumpuk di dalam ruangan. 3) Karena penutup ember terbuka, pelarut organik menyebar ke dalam ruangan. 4) Karena lantai basah, pekerja terpeleset dan terjatuh.



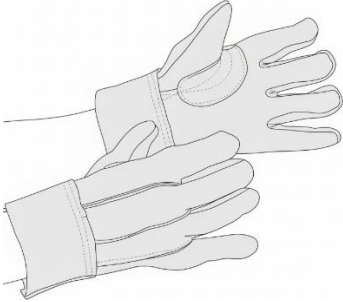
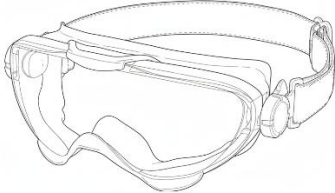
3. APD



Perlengkapan yang dikenakan untuk melindungi tubuh dari kecelakaan dan bahaya selama bekerja. Pekerja wajib menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) yang telah ditentukan.

Karena setiap pekerjaan memiliki tingkat dan jenis bahaya yang berbeda, APD untuk suatu pekerjaan justru dapat menjadi sumber bahaya pada pekerjaan lainnya. (Contoh: saat mengoperasikan mesin bor duduk, sarung tangan dapat menyebabkan tangan tersangkut pada mesin). Oleh karena itu, gunakan APD yang sesuai dengan jenis pekerjaan.

Tabel 2-1: APD Umum

sepatu keselamatan	sarung tangan keselamatan	kacamata pelindung
		
Melindungi kaki dari benda jatuh dan rintangan pada kaki.	Melindungi tangan dari bahaya. Gunakan jenis yang sesuai dengan pekerjaan.	Melindungi mata dari bahaya. Gunakan jenis yang sesuai dengan pekerjaan.



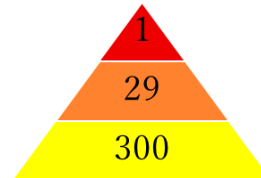
4. Pengetahuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja



4.1 Hukum Heinrich

Pola pikir bahwa setelah terjadi banyak kecelakaan kecil akan terjadi kecelakaan besar.

Satu kecelakaan besar
Dibaliknya terdapat 29 kecelakaan kecil
Di baliknya terdapat 300 kejadian nyaris celaka



"Kejadian nyaris celaka" adalah kejadian "berbahaya!" namun tak sampai menimbulkan celaka, tetapi membuat seseorang merasa bahaya dan waswas. Kecelakaan besar dapat dicegah jika melakukan penanggulangan dengan tidak mengabaikan "kejadian nyaris celaka".

4.2 Penilaian risiko

Asesmen risiko adalah kegiatan mengidentifikasi bahaya dan potensi gangguan kesehatan dalam pekerjaan, dan memikirkan cara menghilangkannya.

Prosedur Asesmen Risiko

1) Mengidentifikasi bahaya

Mengamati tempat kerja untuk mengidentifikasi "dimana ada bahayadan bahaya apa yang ada"

2) Menilai tingkat risiko

Menilai tingkat risiko dari setiap bahaya (misalnya tingkat keparahan bahaya dan frekuensi pekerjaan).

3) Menentukan langkah pengendalian

Menentukan langkah pengendalian konkret untuk menurunkan tingkat risiko, mulai dari risiko yang tingkatnya paling tinggi

4) Melaksanakan dan memastikan pengendalian

Melaksanakan langkah pengendalian yang telah ditetapkan.



4.3 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (OSHMS)



OSHMS (Occupational Safety and Health Management System) adalah aturan dan mekanisme di perusahaan untuk menciptakan “tempat kerja yang aman dan sehat”. Keempat langkah berikut ini dilakukan secara berulang-ulang.

Prosedur OSHMS

- 1) **Rencana:** Memeriksa kondisi bahaya, serta menetapkan sasaran keselamatan kerja, dan menyusun rencana.
- 2) **Implementasi:** Melaksanakan aturan keselamatan kerja yang telah direncanakan. Selain itu juga melakukan pendidikan keselamatan.
- 3) **Evaluasi:** Memeriksa kondisi dan hasil implementasi rencana.
- 4) **Perbaikan:** Jika masih ada masalah, penyebabnya dianalisis dan rencana diperbaiki.

4.4 Keselamatan Mutlak

Istilah keselamatan mutlak artinya "benar-benar tidak berbahaya", namun kondisi seperti itu dianggap tidak mungkin dicapai. Betapapun ketat pengendalian yang diterapkan, kemungkinan terjadi kecelakaan/bencana tak dapat dibuat nol.

Mesin dapat mengalami kerusakan secara tiba-tiba.

Manusia dapat melakukan kesalahan karena lalai.

Alam dapat memunculkan bencana tak terduga.

Oleh karena itu, tujuan kita bukan untuk mencapai "keselamatan mutlak", tetapi "mengurangi risiko semaksimal mungkin". "Keselamatan" sejati tiada lain dicapai melalui upaya pengurangan risiko sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan menjadi sekecil mungkin.



5. Tanda Peringatan Keselamatan



Di pabrik dan lingkungan masyarakat Jepang, ada berbagai macam tanda peringatan keselamatan. Pahami dengan benar dan patuhi petunjuknya.

5.1 Tanda Larangan

Tanda untuk melarang tindakan atau perilaku tertentu di tempat atau dalam situasi tertentu.

Tabel 2-2: Tanda Larangan

Larangan umum Prohibition	Dilarang merokok No Smoking	Dilarang menggunakan api No Fires	Dilarang masuk No Entry	Dilarang berlari/terburu-buru No Running
Jangan disentuh Don't Touch	Tidak dapat diminum Not for drinking	Dilarang memakai ponsel No Cell Phones	Dilarang menggunakan perangkat elektronik No Electronics	Dilarang masuk No Entry



5.2 Tanda perhatian

Tanda untuk memberi tahu adanya bahaya atau kondisi yang dapat membahayakan kesehatan.

Tabel 2-3: Tanda Perhatian

Waspada umum Caution	Waspada halangan Caution: Obstacles	Waspada undakan naik Caution: Step Up	Waspada undakan turun Caution: Step Down	Waspada licin Caution: Slippery Surface
				
Waspada terjatuh Caution: Falling Hazard	Waspada di atas kepala Caution: Watch Your Head	Waspada sengatan listrik Caution: Electric Shock Hazard	Zona bahaya tsunami Tsunami Hazard Zone	Waspada tebing / tanah longsor Caution: Landslide Rockfall
				

5.3 Tanda Zat Kimia Berbahaya / Berdampak Bahaya



Tanda yang menunjukkan zat kimia berbahaya / berdampak bahaya. Tercantum pada kemasan zat kimia atau lembar data keamanannya.

Tabel 2-4: Tanda Zat Kimia Berbahaya / Berdampak Bahaya

Bahan mudah terbakar Gas mudah terbakar Flammable Materials	Korosif logam, korosif kulit Corrosive	Berbahaya bagi kesehatan Health Hazard	Berbahaya bagi lingkungan akuatik Aquatic Hazard	Toksisitas akut, iritasi kulit, iritasi mata, dsb Toxic/Irritant
				



5.4 Tanda Lainnya



Tabel 2-5: Tanda Lainnya

Alat pemadam api Fire Extinguisher	Defibrilator eksternal otomatis AED	Lokasi evakuasi area luas Wide Area Evacuation Site	Lokasi evakuasi (gedung) Evacuation Building	Lokasi evakuasi tsunami Tsunami Evacuation Site
				

Defibrilator eksternal otomatis: Perangkat medis yang menggunakan stimulus listrik untuk memulihkan ritme normal saat jantung mengalami kejang dan tak mampu memompa darah ke seluruh tubuh. Disebut juga AED (Automated External Defibrillator). Tersedia di lokasi yang diberi tanda ini.

Lokasi evakuasi area luas: Ruang terbuka luas tempat evakuasi sementara untuk melindungi diri dari kebakaran besar seiring gempa bumi. Digunakan ketika api menyebar di daerah perkotaan dan tidak dapat menjamin keselamatan di tempat evakuasi biasa.



6. Poin-Poin Keselamatan untuk Setiap Jenis Pekerjaan



(1) Pengoperasian mesin

- 1) Menginspeksi mesin sebelum mulai bekerja. Jika ditemukan kerusakan, segera lapor ke atasan.
- 2) Jangan pernah melepas perangkat keselamatan, seperti pelindung atau penutup, yang dipasang untuk mencegah kecelakaan.
- 3) Jangan pernah memasukkan tangan / bagian tubuh saat mesin sedang beroperasi.
- 4) Tombol berhenti darurat adalah perangkat keselamatan untuk segera menghentikan mesin saat terjadi kondisi bahaya.

Pastikan lokasi tombol tersebut.



sakelar berhenti darurat

(2) Pencegahan sengatan listrik

Jika arus listrik kuat mengalir ke tubuh, otot dapat berkontraksi sehingga tangan tak dapat dilepaskan, fungsi jantung terganggu, atau dapat menyebabkan luka bakar. Bahkan dapat berakibat kematian. Untuk mencegah sengatan listrik, dilakukan berbagai pengamanan, seperti pembumian pada mesin guna mencegah kebocoran listrik (arus bocor ke luar).

(3) Pekerjaan pengangkatan

- 1) Saat mengangkat beban berat, tekuk lutut dan pegang beban dengan erat, kemudian angkat dengan meluruskan kaki.
- 2) Selama pekerjaan pengikatan beban, jauhi area di bawah dan disekitar beban yang digantung.

(4) Proses pengecoran

- 1) Karena suhu disekitar tungku sangat tinggi, waspadai serangan panas (heatstroke).
- 2) Karena timbul debu saat pembuatan cetakan pasir dan pekerjaan gerinda, gunakan masker debu.





(5) Penanganan bahan kimia

- 1) Bacalah Lembar Data Keselamatan (SDS) sebelum menangani bahan kimia, karena memuat informasi mengenai bahaya, potensi bahaya terhadap kesehatan, cara penanganan, serta tindakan darurat untuk bahan kimia tersebut.
- 2) Perhatikan pictogram bahaya pada wadah, pahami bahaya / dampak berbahayanya, dan tangani dengan hati-hati.
- 3) Operasikan peralatan pengendali paparan (seperti fume hood atau sistem ventilasi) selama bekerja.
- 4) Jalani pemeriksaan kesehatan khusus untuk memantau kondisi kesehatan.





Bab 3 Pengendalian Mutu

1. Dasar-dasar Pengendalian Mutu

Perusahaan-perusahaan Jepang telah mengembangkan manajemen mutu sehingga memperoleh pengakuan yang tinggi di dunia. Berikut dijelaskan dasar-dasar manajemen mutu.

1.1 Pengertian Mutu

Mutu adalah sesuatu yang menunjukkan seberapa besar produk atau layanan memenuhi harapan atau persyaratan dari pelanggan atau pengguna. Mutu bukan untuk memenuhi persyaratan dari pihak yang memproduksi. Konsepnya luas dan bukan sekadar masalah “baik atau buruk”, melainkan mencakup keandalan, keamanan, dan nilai keseluruhan yang dirasakan oleh pelanggan.

- **Mutu Rancangan (Mutu Target)**

Mutu yang memenuhi maksud pelanggan seperti yang ditentukan pada tahap perencanaan dan perancangan produk. Mutu ditentukan dengan menganalisis kebutuhan pelanggan dan tren pasar.

- **Mutu Produksi (Mutu Hasil)**

Mutu yang diwujudkan sebagai produk melalui produksi. Merujuk pada kemampuan untuk mewujudkan secara stabil kinerja dan karakteristik sesuai rancangan.

- **Kualitas Logistik**

Tingkat pemenuhan persyaratan dan harapan pelanggan dalam proses logistik sampai produk diterima oleh pelanggan. Merujuk pada penyerahan produk dengan kuantitas, tenggat dan mutu sesuai pesanan.

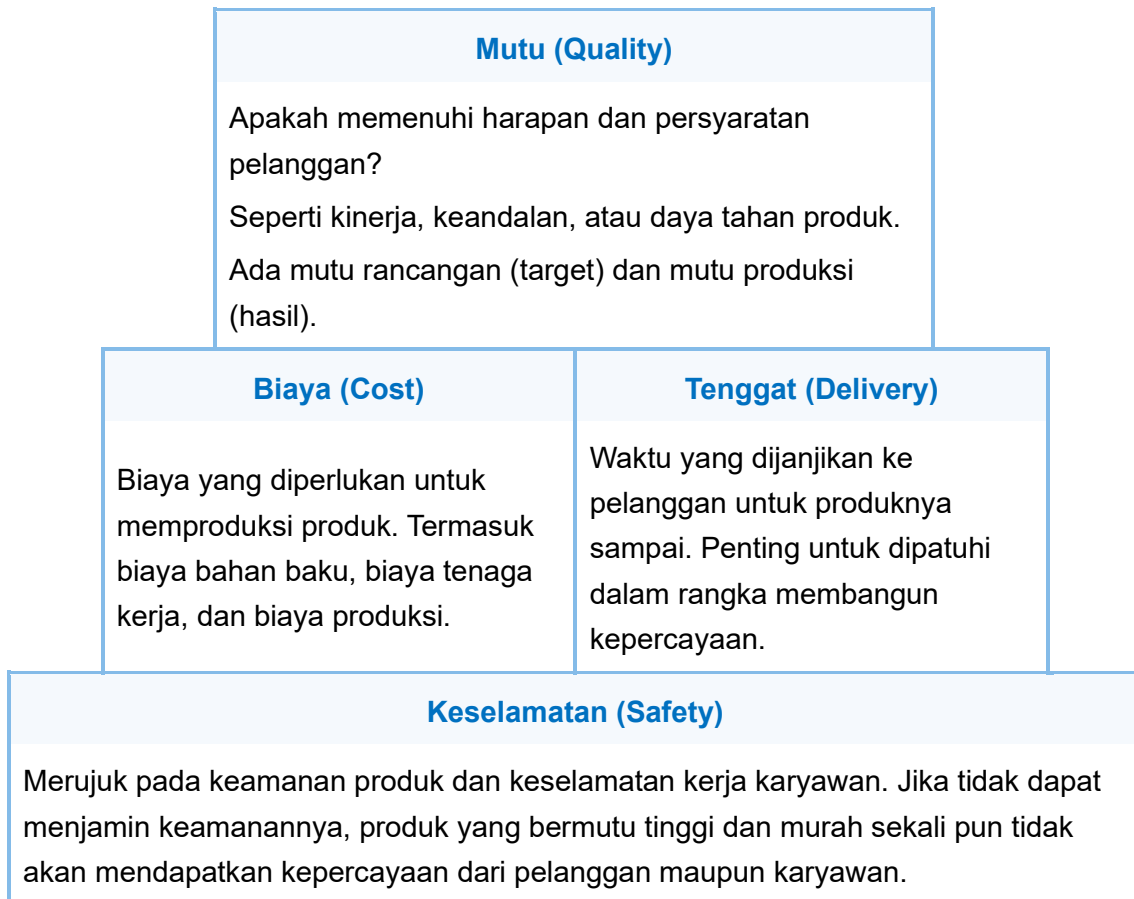


1.2 Pola Pikir Pengendalian Mutu



(1) Tiga unsur pengendalian mutu: QCD

Mutu, biaya dan tenggat disebut **QCD** dengan mengambil huruf pertama dalam bahasa Inggris. Ada yang menyebut **QCDS** dengan menambahkan keselamatan, sebagai dasar dari manufaktur.



Gambar 3-1: Struktur QCDS



(2) 4M dalam Produksi



Istilah ini merujuk pada unsur dasar kegiatan produksi dalam industri manufaktur. Keempat unsur tersebut sangat penting untuk mengendalikan dan memperbaiki mutu, biaya, dan tenggat produk. Disebut sebagai 4M karena semuanya diawali dengan huruf M.

Tabel 3-1: 4M dalam Produksi

Man Pekerja		Pekerja yang membuat produk. Unsur-unsur berupa keterampilan, pengetahuan, pengalaman, dan pendidikan serta pelatihan pekerja akan berpengaruh terhadap mutu.
Machine Mesin/peralatan		Mesin dan peralatan yang digunakan untuk memproduksi produk. Kinerja dan kondisi mesin akan berpengaruh terhadap efisiensi produksi dan mutu produk.
Material Material/komponen		Bahan baku atau komponen untuk memproduksi produk. Kestabilan mutu dan pasokan material akan berpengaruh langsung pada mutu produk akhir.
Method Metode		Metode atau prosedur kerja untuk memproduksi produk. Walaupun menggunakan material dan mesin yang sama, akan muncul perbedaan pada mutu atau efisiensi produksinya jika prosedur kerjanya berbeda.





(3) Prinsip San-gen

Fakta yang benar harus diketahui untuk dapat mengontrol atau menyelesaikan masalah. Sikap untuk berupaya memahami fakta dengan benar disebut prinsip san-gen.

Tabel 3-2: Prinsip San-gen

Genba (tempat sebenarnya)	Mendatangi tempat terjadinya masalah. Tidak hanya dengan laporan atau diskusi, tetapi mengamati dan memeriksa dengan pergi ke lapangan.
Genbutsu (barang sebenarnya)	Mengamati barang atau produk yang menyebabkan masalah. Melihat langsung barang cacat untuk mencari tahu kondisi dan penyebabnya.
Genjitsu (fakta sebenarnya)	Mengambil keputusan berdasarkan fakta yang diperoleh dari lapangan dan barang sebenarnya. Menemukan penyebab sesungguhnya berdasarkan fakta yang diperiksa sendiri.



(4) Siklus kontrol: PDCA

Kadang-kadang pengendalian dan penyelesaian masalah tidak dapat diselesaikan dalam satu kali upaya. Hal yang penting adalah memahami hasilnya dan melakukan perbaikan berulang kali. Pengulangan ini disebut “**siklus kontrol**” atau disebut juga **PDCA** dengan mengambil huruf depan setiap langkahnya.

- **Plan (Rencana)**

Tahap menentukan tujuan dan membuat rencana spesifik untuk mencapainya.

- **Do (Eksekusi)**

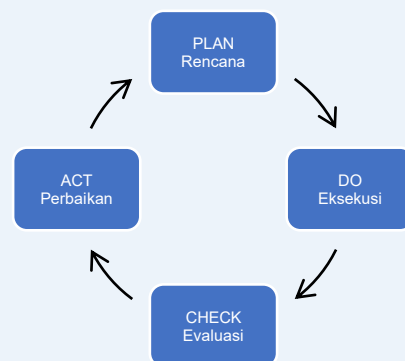
Tahap mengeksekusi tindakan atau pekerjaan yang spesifik berdasarkan rencana.

- **Check (Evaluasi)**

Tahap mengevaluasi dengan membandingkan hasil tindakan yang dieksekusi dan target.

- **Act (Perbaikan)**

Tahap mempertimbangkan langkah perbaikan untuk direfleksikan dalam rencana atau tindakan pada siklus berikutnya berdasarkan hasil evaluasi.



Gambar 3-2: Siklus PDCA



Soal Latihan 3-1

- Kelompokkan 20 kata-kata berikut ini.

Keselamatan, seiri, mutu, C: evaluasi, seiton, material/komponen, metode, seiketsu,
D: eksekusi, seiso, pekerja, tenggat, A: perbaikan, genjitsu, shitsuke, genbutsu
P: rencana, mesin/peralatan, biaya, genba

Tabel 3-3: Jawaban Soal Latihan

Kelompok	Istilah
QCDS	
Siklus kontrol	
4M	
Prinsip San-gen	
5S	



Penjelasan

Silakan lihat isi teks.



2. Standardisasi



Ini adalah aturan atau standar yang diatur agar siapa pun dapat memahami produk dan proses produksi dengan sama. Hal ini dapat menghilangkan ketidakmerataan dan meningkatkan efisiensi serta mutu.

Kestabilan dan peningkatan mutu

Dapat dibuat produk dengan kualitas yang sama, terlepas dari siapa yang membuat atau dimana dibuat. Cacat menjadi berkurang dan dapat meningkatkan tingkat kepuasan pelanggan.

Efisiensi

Menyamakan prosedur akan membuat pemborosan dalam pekerjaan hilang sehingga produktivitasnya meningkat. Selain itu, standarisasi komponen dapat mengurangi biaya melalui produksi massal.

2.1 Standar Kerja

Standar kerja mengatur isi pekerjaan, prosedur, metode, peralatan dan perkakas yang digunakan ketika memproduksi produk. Ini adalah buku aturan agar siapa pun dan kapan pun mengerjakannya, mutu yang sama dapat dijaga dengan aman.





Tabel 3-4: Contoh Dokumen Standar Kerja

Dokumen Standar Kerja		Dibuat: 21 Desember 2024	Tempat Kerja: Seksi Manufaktur 3, Dept Manufaktur
		Nomor: RS-200-BP03	Proses: Mesin Press Bodi No. 03
Prosedur Perbaikan Silinder Pengangkat Mesin Press Bodi No. 03 - Bagian 3			
No.	Prosedur kerja	Poin penting	Jika tidak mematuhi
10	Lepaskan bagian bawah silinder *Gunakan sarung tangan *Pekerjaan dua orang *Pekerjaan di ketinggian	Harus mengenakan helm karena pekerjaan di ketinggian. Saat menurunkan bagian bawah silinder dari mesin, lakukan pekerjaan dua orang.	Dapat mengakibatkan cedera serius jika jatuh. Dapat terjatuh karena kehilangan keseimbangan. Jatuh dari mesin.
11	Membersihkan mesin pres	Hilangkan gerigi/beram dengan batu gerinda jika terdapat gerigi.	Dapat menggores komponen lain pada saat dipasang.
12	Bersihkan bagian bawah silinder dan ganti packing logamnya	Hilangkan gerigi/beram dengan batu gerinda jika terdapat gerigi.	Dapat menggores komponen lain pada saat dipasang.
13	Pasang bagian bawah silinder *Gunakan sarung tangan *Pekerjaan dua orang *Pekerjaan di ketinggian	Harus mengenakan helm karena pekerjaan di ketinggian. Saat menurunkan bagian bawah silinder dari mesin, lakukan pekerjaan dengan dua orang.	Dapat mengakibatkan cedera serius jika jatuh. Dapat terjatuh karena kehilangan keseimbangan. Jatuh dari mesin.
14	Bersihkan rod dan ganti packing-nya.	Hilangkan gerigi/beram pada ulir sekrup dengan batu gerinda jika terdapat beram.	Flensa tidak dapat berputar pada saat memasang flensa.

2.2 Bagan Proses QC

Bagan yang mencantumkan dengan jelas mengenai “apa”, “kapan”, dan “bagaimana” mengontrol proses produksi pada setiap proses. Ada yang menyebutnya tabel proses QC.

- **Nama proses:** Setiap tahap proses produksi
(Contoh: pemotongan, pengelasan, pengecatan, dsb)
- **Item kontrol:** Hal-hal yang harus dikontrol pada setiap proses. Yaitu karakteristik yang mempengaruhi mutu, seperti dimensi, berat, kekerasan dan suhu produk.
- **Metode kontrol:** Cara pengukuran atau pemeriksaan item kontrol
(Contoh: pengukuran jangka sorong, pengecekan visual, dsb)
- **Frekuensi kontrol:** Seberapa sering pengukuran atau pemeriksaan dilakukan
(Contoh: sekali per lot, sekali per jam, dsb)
- **Tindakan terhadap penyimpangan:** Tindakan yang harus dilakukan jika item kontrol tak memenuhi standar
(Contoh: penghentian lini produksi, laporan ke atasan, isolasi produk cacat, dsb)



Tabel 3-5: Contoh Bagan Proses QC

Bagan Proses QC (Nama Produk: Baut Kepala Silinder)

Nomor Proses	Nama Proses / Bagan Proses		Poin Kontrol		Metode Kontrol					
			Item Kontrol	Karakteristik Mutu	Petugas Kontrol	Waktu	Tempat	Pengujian/ Pengukuran	Inspeksi dan Frekuensi	Kontak Darurat
1	Inspeksi Penerimaan Material (kawat tarik SX60)			Tampak luar Diameter kawat Kekuatan tarik Perpanjang an	Petugas inspeksi	Saat tiba	Material Gudang - Ruang pengujian	Visual Mikrometer - Mesin uji tarik	Inspeksi 100% Inspeksi sampel (AQL3%) 1 lot datang Per nomor lebur n = 1	1. Petugas subkontraktor → Produsen kawat tarik 2. Petugas pemrosesan internal 3. Petugas kontrol pabrik
2	Gudang material		Jumlah stok per lot	Antikarat	Petugas gudang	Saat masuk gudang Saat masih stok		Gudang material		
3	Proses Heading		Kondisi pemasangan jig dan alat Kecepatan pemrosesan Periode penggantian jig dan alat	Tampak luar Diameter poros Panjang poros Tinggi poros Diameter kepala	Pekerja	Saat memulai pekerjaan Saat mengganti jig dan alat Selama pekerjaan	Tempat kerja	Visual/sampel batas Mikrometer Jangka sorong idemidem	Tergantung pemeriksaan karakteristik mutu di bawah ini Per mesin Barang pertama n=2 Setiap 30 menit n=1 Lembar periksa	1. Petugas pemrosesan internal 2. Petugas kontrol mesin 3. Petugas kontrol pabrik
4										

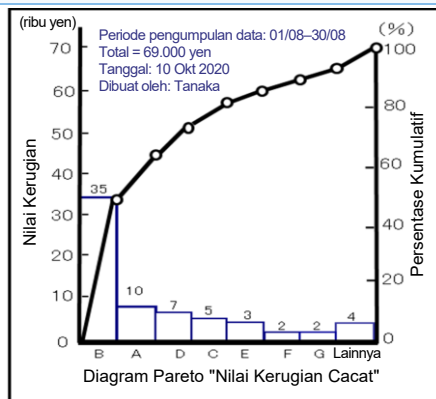
3. Tujuh Alat QC

Tujuh Alat QC adalah tujuh metode dasar yang digunakan dalam pengendalian mutu untuk mengendalikan atau memperbaiki proses produksi. Umumnya digunakan untuk menganalisis data numerik secara visual dan dapat digunakan walaupun tidak memiliki pengetahuan khusus.

Tabel 3-6: Tujuh Alat QC

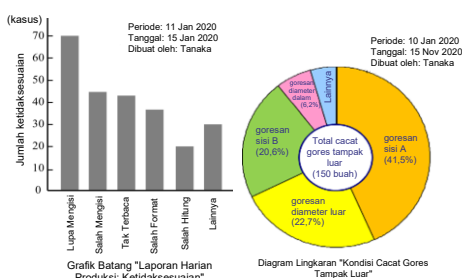
Lembar periksa																																							
Lembar Periksa Item Cacat <table> <tr> <th></th><th>4/5</th><th>4/6</th><th>4/7</th><th>4/8</th></tr> <tr> <td>Retak</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td></tr> <tr> <td>Lubang jarum</td><td>///</td><td></td><td>///</td><td></td></tr> <tr> <td>Kerut</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td></tr> <tr> <td>Goresan</td><td>/</td><td>/</td><td>///</td><td></td></tr> <tr> <td>Kotoran</td><td>///</td><td></td><td></td><td>///</td></tr> <tr> <td>Lainnya</td><td>/</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td></tr> </table>						4/5	4/6	4/7	4/8	Retak	///	///	///	///	Lubang jarum	///		///		Kerut	///	///	///	///	Goresan	/	/	///		Kotoran	///			///	Lainnya	/	///	///	///
	4/5	4/6	4/7	4/8																																			
Retak	///	///	///	///																																			
Lubang jarum	///		///																																				
Kerut	///	///	///	///																																			
Goresan	/	/	///																																				
Kotoran	///			///																																			
Lainnya	/	///	///	///																																			
Lembar yang memuat item-item yang ditentukan sebelumnya untuk mengumpulkan data. Data dapat diringkas secara efisien dengan merekam jenis cacat atau tempat kejadian.																																							

Diagram Pareto



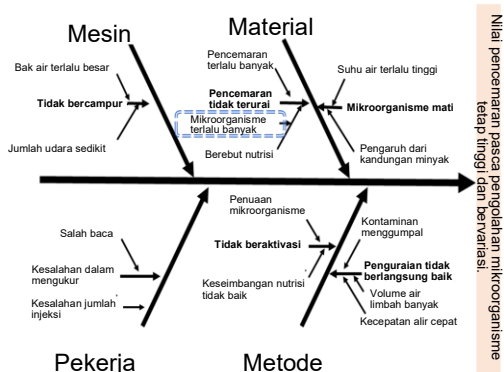
Bagan ini menggabungkan grafik batang yang menunjukkan penyebab masalah dan jenis cacat dalam urutan dari yang terbanyak dengan grafik garis yang menunjukkan rasio kumulatif. Item dengan tingkat penting yang tinggi dapat diidentifikasi untuk melakukan upaya perbaikan berdasarkan urutan prioritas.

Grafik



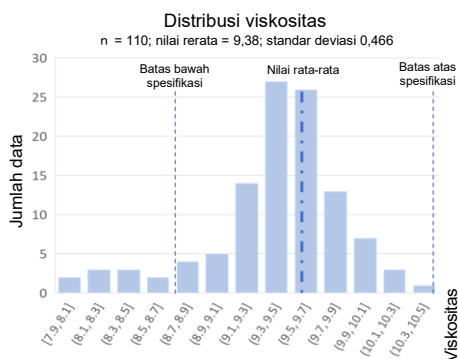
Merupakan alat dasar untuk menyajikan perubahan dan hubungan antar data secara visual. Berbagai jenis grafik, seperti grafik batang, grafik garis dan grafik lingkaran, digunakan sesuai dengan tujuan untuk memahami tren dan perubahan.

Bagan Sebab-Akibat



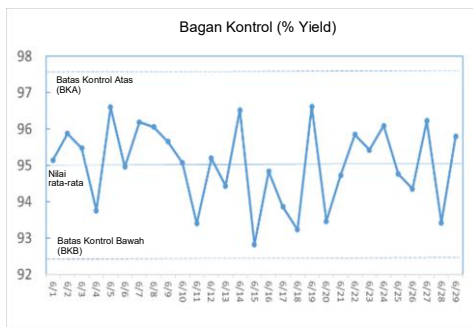
Bagan yang menyusun faktor-faktor yang memengaruhi suatu masalah dalam bentuk seperti "tulang ikan". Berguna untuk mengidentifikasi penyebab sesungguhnya dengan menggali penyebab dari perspektif 4M, seperti orang, mesin, material, dan metode.

Histogram



Grafik batang yang menunjukkan variasi dan distribusi data dengan jumlah data. Histogram digunakan untuk mengetahui distribusi data, seperti dimensi dan berat produk, serta untuk menganalisis kemampuan proses.

Bagan Kontrol



Grafik garis dalam deret waktu untuk mengontrol apakah proses produksi berada dalam kondisi stabil.

Abnormal dapat ditemukan secara dini dengan menentukan garis kontrol batas atas dan garis kontrol batas bawah untuk memantau apakah datanya berada dalam lingkup tersebut.

Diagram Pencar

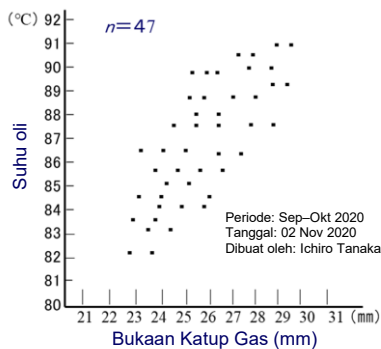


Diagram yang menggambarkan hubungan antara dua variabel (item) yang berbeda dalam sumbu vertikal dan horizontal.

Contohnya digunakan untuk menganalisis apakah terdapat korelasi seperti pada hubungan antara "waktu kerja" dan "jumlah barang cacat".



Soal Latihan 3-2

■ Kalimat berikut menjelaskan metode manakah dari "Tujuh Alat QC"?

- 1) Menunjukkan hubungan antara 2 variabel yang berbeda secara jelas.
- 2) Menunjukkan sebaran data dengan menyatakan jumlah data melalui panjang batang.
- 3) Menampilkan rincian jenis cacat dalam urutan jumlah dengan grafik batang, serta persentase kumulatif dengan grafik garis.



Penjelasan

Silakan lihat isi teks.



4. Standar



Ini adalah ketentuan yang mengatur mutu, keamanan, kinerja, dimensi, dan metode uji dari produk. Dengan ini, produk akan memenuhi standar tertentu dan terjamin untuk dapat digunakan dengan tenang.

4.1 ISO (Organisasi Standardisasi Internasional)

Ini adalah organisasi internasional yang mengatur standar global yang sama. Standar yang diatur adalah sebagai berikut.

(1) Standar barang/jasa

Standar untuk produk atau layanan tertentu, termasuk produk itu sendiri serta penandaan, dsb.

(2) Standar sistem manajemen

Standar mekanisme bagi organisasi untuk mengontrol aktivitasnya (sistem manajemen).



Contoh:

ISO 9001 (Sistem Manajemen Mutu)

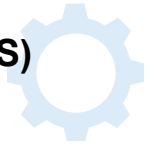
Mekanisme untuk terus menyediakan mutu produk dan layanan serta kepuasan pelanggan.

ISO 14001 (Sistem Manajemen Lingkungan)

Mekanisme untuk mengurangi beban lingkungan dari aktivitas perusahaan dan berupaya dalam melestarikan lingkungan.



4.2 Standar Industri Jepang (Japanese Industrial Standards / JIS)



Ini adalah standar yang diatur di Jepang.

Standar Industri Jepang memiliki “Sistem Tanda JIS”. Produk yang memiliki tanda ini telah dipastikan telah memenuhi persyaratan JIS dan diakui sebagai produk yang keandalannya tinggi.

Tanda JIS untuk Alat Ukur

Pengukuran yang presisi sangat penting dalam manufaktur. Jika alat ukur memiliki tanda JIS, berarti alat tersebut memberikan hasil pengukuran yang akurat dan stabil. Melakukan inspeksi dengan alat ukur bertanda JIS menjadi bukti bahwa produk tersebut dapat diandalkan.



Gambar 3-3: Tanda JIS



4.3 Sistem Satuan Internasional (SI)



Merupakan sistem satuan yang berlaku internasional. Ada 7 "satuan dasar SI" yang saling independen. Satuan-satuan tersebut digunakan di berbagai bidang, termasuk sains, teknologi, dan bisnis.

Panjang:	meter (m)
Massa:	kilogram (kg)
Arus listrik:	ampere (A)
Waktu:	detik (s)
Jumlah zat:	mol (mol)
Intensitas cahaya:	kandela (cd)
Suhu termodinamik:	kelvin (K)



Soal Latihan 3-3

■ Apa nama satuan SI berikut?

- 1) Panjang () 2) Massa () 3) Arus listrik ()



Penjelasan

Silakan lihat isi teks.





Bab 4 Pengetahuan Umum

1. Ilmu Kimia

1.1 pH

pH adalah satuan yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, dan juga disebut indeks ion hidrogen. Nilai pH dinyatakan dalam skala 0-14, dengan pH 7 sebagai kondisi netral. Jika pH lebih kecil dari 7, larutan bersifat asam. Semakin kecil nilainya, semakin kuat sifat asamnya. Jika pH lebih besar dari 7, larutan bersifat basa. Semakin besar nilainya, semakin kuat sifat basanya.

1.2 Oksidasi dan Reduksi

Oksidasi adalah reaksi kimia dimana suatu zat berikatan dengan oksigen.

Dalam arti luas, oksidasi berarti suatu zat kehilangan elektron atau kehilangan hidrogen.

Contoh Oksidasi

Besi berkarat: Besi bereaksi dengan oksigen di udara sehingga berubah menjadi "oksida besi" yang berwarna coklat kemerahan.

Benda terbakar: Pembakaran adalah reaksi dimana suatu zat bereaksi dengan oksigen secara cepat sehingga menghasilkan panas dan cahaya.

Reduksi adalah proses dimana zat yang telah teroksidasi kehilangan oksigen (atau menerima elektron/hidrogen).



1.3 Berat Jenis



Berat jenis adalah nilai yang menunjukkan seberapa berat suatu zat dibanding zat acuan. Untuk zat padat dan zat cair, air pada suhu 4°C digunakan sebagai acuan (berat jenis = 1).

Contoh Berat Jenis Logam

aluminium: 2,68, besi: 7,87, nikel: 8,69, tembaga: 8,82, timbal: 11,43, emas: 19,32

2. Pemanfaatan Sumber Daya

2.1 Reduce, Reuse, Recycle

Reduce: Mengurangi timbulnya sampah.

Membawa tas belanja dan botol minum sendiri

Menolak kemasan berlebihan, membeli hanya yang diperlukan

Reuse: Menggunakan kembali barang yang telah dipakai.

Menjual/beli barang di pasar loak atau toko daur ulang

Memilih produk isi ulang, memberikan barang yang sudah tidak perlu ke orang lain

Recycle: Mendaur ulang sampah untuk dimanfaatkan kembali sebagai sumber daya.

Membuang dengan memilah botol PET, kemasan susu dan kertas bekas

Memanfaatkan kotak pengumpulan sampah yang dapat didaur ulang

Membuang peralatan elektronik rusak dengan cara yang benar



2.2 Ekonomi Sirkular



Yaitu sistem ekonomi baru yang bertujuan mewujudkan masyarakat berkelanjutan yang mensirkulasikan sumberdaya secara terus-menerus, sebagai pengganti sistem ekonomi satu arah yang selama ini mengandalkan produksi massal, konsumsi massal dan pembuangan massal.



Contoh:

Menghilangkan limbah dan pencemaran

Menghilangkan bahan penyebab limbah dan pencemaran lingkungan sejak tahap perancangan produk

Mensirkulasikan produk dan material

Mereparasi dan mendaur ulang produk atau komponennya agar dapat digunakan berulang kali

Memulihkan alam

Mendorong pemanfaatan energi terbarukan serta upaya pemulihan ekosistem



3. Listrik



(1) DC dan AC

Dari cara mengalirnya, arus listrik dibagi menjadi 2 jenis, yaitu arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC).

DC: Listrik selalu mengalir pada arah tertentu

AC: Arah aliran listrik berubah secara periodik

(2) Tegangan

Adalah "tekanan listrik" yang menyebabkan listrik mengalir Satuannya adalah V (volt).

Tegangan listrik yang disalurkan untuk penggunaan umum disebut tegangan komersial. Di Jepang, tegangan untuk rumah tangga dan pabrik pada umumnya 100 V (AC), namun tegangan 200 V juga digunakan.

(3) Konduktivitas

Adalah sifat seberapa mudah listrik dihantarkan.

Isolator: Bahan yang sulit menghantarkan listrik (contoh: karet dan plastik)

Konduktor: Bahan yang mudah menghantarkan listrik (contoh: logam)





Bab 5 Aturan Perundang-undangan dan Standar Kelistrikan

1. Aturan Perundang-undangan

Aturan perundang-undangan terkait manufaktur peralatan listrik dan elektronik ada 3, sebagai berikut.

- **Undang-Undang Keselamatan Peralatan dan Material Listrik**
- **Peraturan Kementerian tentang Standar Teknik Sarana Kelistrikan**
- **Interpretasi Standar Teknik Sarana Kelistrikan**

Disini akan dijelaskan singkat contoh-contoh utamanya.

1.1 Undang-Undang Keselamatan Peralatan dan Material Listrik

- UU ini bertujuan mencegah bahaya/cedera akibat peralatan dan material listrik.
- Dalam merakit peralatan listrik atau elektronik, diwajibkan menggunakan peralatan dan material listrik yang telah ditentukan.
- Definisi peralatan dan material listrik mencakup 3 hal berikut:
 - 1) Peralatan rumah tangga, perlengkapan, dan material yang terhubung langsung ke jaringan distribusi tegangan rendah, seperti listrik rumah tangga
 - 2) Generator portabel
 - 3) Baterai Ion Litium
- 116 item yang memerlukan regulasi keselamatan khusus telah ditetapkan sebagai "Peralatan dan Material Listrik Tertentu".
- Tanda PSE: Singkatan dari "Product Safety Electrical Appliance & Material"



Peralatan dan Material Listrik Tertentu diberi tanda seperti Gambar 5-1, sedangkan yang selain Peralatan dan Material Listrik Tertentu diberi tanda seperti Gambar 5-2.



Gambar 5-1: Peralatan dan Material Listrik Tertentu



Gambar 5-2: Peralatan dan Material Listrik selain Peralatan dan Material Listrik Tertentu



Keterangan Tambahan 5-1

- 1) Secara prinsip, semua peralatan listrik rumah tangga ditetapkan sebagai Peralatan dan Material Listrik.
- 2) Unit komputer atau printer yang tidak terhubung langsung ke sumber listrik rumah tangga (AC100V) merupakan pengecualian
- 3) Adaptor AC dan kabel ekstensi termasuk Peralatan dan Material Listrik Tertentu
- 4) Televisi, kulkas, pendingin ruangan (AC), lampu LED, dsb termasuk kategori selain Peralatan dan Material Listrik Tertentu
- 5) Baterai portabel litium-ion tanpa tanda PSE dilarang diperjualbelikan
- 6) Untuk peralatan DC, saat ini belum diatur

1.2 Peraturan Kementerian tentang Standar Teknik Sarana Kelistrikan



Peraturan Kementerian ini mengatur persyaratan teknis yang harus dipenuhi sarana kelistrikan. Peraturan Kementerian ini menjadi dasar untuk permohonan perizinan ke dan penilaian oleh instansi pemerintah. Rincian spesifiknya diuraikan dalam “Interpretasi Standar Teknik Sarana Kelistrikan”.



Contoh:

- Sarana kelistrikan harus dibumikan untuk mencegah kebakaran dan bahaya lainnya bagi manusia (Peraturan Kementerian Pasal 10)
- Pembumian harus dilakukan sedemikian rupa arus listrik dapat mengalir ke bumi dengan aman dan andal (Peraturan Menteri Pasal 11)

1.3 Interpretasi Standar Teknik Sarana Kelistrikan

Hal ini secara konkret menunjukkan rincian teknis yang memenuhi persyaratan teknis sesuai Peraturan Kementerian pada Bagian 1.2. Meskipun bukan merupakan Peraturan Kementerian, namun digunakan sebagai acuan, antara lain untuk mengutip kriteria atau standar penilaian.



Contoh:

- Pembumian diperlukan antara lain untuk kasing logam bagian luar peralatan listrik.
Namun, hal itu boleh diabaikan jika ELCB (≤ 15 mA, $\leq 0,1$ detik) sesuai ketentuan UU Keselamatan Peralatan dan Material Listrik dipasang di lokasi selain tempat yang lembab (Pasal 29)
- Untuk memastikan perlindungan terhadap peralatan elektronik yang mendapat suplai listrik pada tegangan 150V atau kurang, pembumian dapat dilakukan jika tak ada risiko bahaya seperti sengatan listrik (Pasal 19)





- 1) Secara prinsip, peralatan listrik perlu dibumikan. Akan tetapi, untuk peralatan listrik (seperti televisi atau AC) yang digunakan di lokasi selain tempat lembab, pembumian boleh diabaikan jika ELCB sesuai ketentuan UU Keselamatan Peralatan Listrik dipasang. Namun, hal tersebut tidak berlaku untuk pendingin ruangan (AC) dengan tegangan 200V.
- 2) Pemutus arus bocor (ELCB) yang memenuhi ketentuan UU Keselamatan Peralatan dan Material Listrik adalah ELCB yang memiliki tingkat sensitivitas tertinggi (≤ 15 mA, $\leq 0,1$ detik).
- 3) Jika diperlukan, sirkuit yang tersusun atas perangkat elektronik juga dapat dibumikan, asalkan tegangannya ≤ 150 V. Misalnya, mesin perkakas CNC dan sirkuit kontrol pada peralatan otomatisasi.



Keterangan Tambahan 5-2

- 1) Perakitan peralatan listrik tidak memerlukan kualifikasi resmi. Namun, jika peralatan tersebut akan dihubungkan ke sumber listrik, dapat diperlukan kualifikasi tertentu. (Misalnya, kualifikasi "Teknisi Instalasi Listrik" sesuai UU Teknisi Instalasi Listrik Jepang)
- 2) Namun, untuk pekerjaan memasang kabel pada steker, soket, sakelar, dsb pada tegangan rendah, seperti 100 V, tidak diperlukan kualifikasi. (Gambar bawah a, b, c)
- 3) Namun, untuk pemasangan roset lampu dan sejenisnya, diperlukan kualifikasi. (Gambar bawah d)



(a) Steker



(b) Soket



(c) Sakelar



(d) Roset Lampu





Kata Kunci

Aturan perundang-undangan: Aturan perundang-undangan adalah istilah umum yang mencakup Undang-Undang yang ditetapkan oleh parlemen serta Peraturan Pemerintah dan Peraturan Menteri yang ditetapkan oleh lembaga eksekutif. Peraturan Pemerintah (Aturan Pelaksana UU) ditetapkan oleh Kabinet, sedangkan Peraturan Menteri (Aturan Pelaksana Rincian) ditetapkan oleh masing-masing menteri. Pelanggaran terhadap aturan perundang-undangan dapat dikenai sanksi.

Undang-Undang Keselamatan Peralatan dan Material Listrik: UU yang mengatur pembuatan dan penjualan peralatan dan material listrik. Untuk mencegah timbulnya bahaya dan gangguan yang disebabkan oleh peralatan dan material listrik, sekitar 450 jenis produk ditetapkan sebagai "Peralatan dan Material Listrik". Diantaranya, 116 jenis produk yang memerlukan regulasi keselamatan khusus ditetapkan sebagai "Peralatan dan Material Listrik Tertentu". Dalam merakit peralatan listrik atau elektronik, diwajibkan menggunakan peralatan dan material listrik yang telah ditentukan.

Standar Teknik Sarana Kelistrikan, dan Interpretasi Standar Teknik Sarana Kelistrikan: Standar Teknik Sarana Kelistrikan adalah standar teknis (peraturan menteri) yang berlaku mulai dari pembangkit listrik hingga lokasi penggunaan listrik, seperti pabrik dan rumah tangga. Standar ini menetapkan persyaratan kinerja dan sasaran yang harus dipenuhi oleh sarana listrik, dan bukan ketentuan teknis yang bersifat rinci. Interpretasi Standar Teknik Sarana Kelistrikan memberikan penjelasan lebih konkret mengenai cara memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan dalam peraturan menteri tersebut.





Soal Latihan 5-1

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Unit komputer tidak termasuk subjek pengaturan UU Keselamatan Peralatan dan Material Listrik.
- 2) () Baterai perangkat portabel dan baterai portabel untuk keperluan darurat tidak memerlukan tanda PSE.
- 3) () Jika ELCB telah dipasang, maka pembumian tidak lagi diperlukan.



Penjelasan

- 1) Unit komputer mendapat pasokan listrik melalui adaptor dan tidak terhubung langsung ke catudaya rumah tangga (AC100V), sehingga tidak termasuk cakupan pengaturan UU Keselamatan Peralatan dan Material Listrik.

Jawaban: A

- 2) Baterai portabel yang menggunakan baterai ion-litium termasuk cakupan UU Keselamatan Peralatan dan Material Listrik. Oleh karena itu, produk tanpa tanda PSE tidak boleh diperjualbelikan.

Jawaban: B

- 3) Pemasangan dan pembumian ELCB diwajibkan menurut hukum. Pembumian hanya boleh diabaikan untuk tempat tertentu yang tidak lembab dan tidak berisiko sengatan listrik. (Interpretasi Standar Teknik Sarana Kelistrikan pasal 29, Peraturan K3 pasal 333)

Jawaban: B



Keterangan Tambahan 5-3

Peraturan K3 pasal 333 (tentang pencegahan sengatan listrik akibat arus bocor)

[Ringkasan] Mesin atau peralatan dengan tegangan terhadap tanah melebihi 150V harus dilengkapi ELCB untuk mencegah sengatan listrik akibat arus bocor.



2. Standar Listrik dan Elektronik



Standar tersebut meliputi keselamatan listrik dan mekanik, keselamatan pekerja, dan tanggung jawab produk. Bidang peralatan elektronik dan listrik mencakup beragam peralatan, termasuk produk rumah tangga, komputer, perangkat komunikasi dan peralatan industri.

Secara global ada standar seperti ISO dan IEC, sedangkan di Jepang ada standar JIS yang berkesesuaian dengan standar internasional tersebut.

2.1 Standar Terkait Kelistrikan di Jepang

(1) Standar JIS

- JIS singkatan dari "Japanese Industrial Standards". Merupakan standar nasional Jepang yang dalam bahasa Jepang disebut "Nihon Sangyo Kikaku".
- Isinya sejalan dengan standar internasional seperti ISO dan IEC.

(2) Rincian

- Ada banyak standar untuk komponen, jig dan peralatan, metode dan pengujian yang terkait dengan bidang produk listrik, kabel listrik, telekomunikasi, dan lainnya. Hal tersebut sangat penting dari perspektif menjamin kualitas, keselamatan dan kompatibilitas.
- Tanda JIS dapat dicantumkan pada produk jika kualitas produk tersebut telah disertifikasi sesuai standar JIS.





Keterangan Tambahan 5-4

Saat ini ada lebih dari 10.000 standar JIS.

- Klasifikasi berdasarkan sifatnya
 - Standar Dasar:** Menetapkan hal-hal umum seperti terminologi, simbol dan satuan
 - Standar Metode:** Menetapkan metode dan standar kerja untuk pengujian, analisa, inspeksi dan pengukuran
 - Standar Produk:** Menetapkan bentuk, dimensi, bahan, kinerja dan fungsi suatu produk
- JIS dibagi menjadi 19 bidang, dan bidang C mencakup elektronik serta mesin listrik.

Materi utamanya dibagi menjadi 7 kategori berikut:

- 1) Peralatan serta instrumen pengukuran dan pengujian
- 2) Material
- 3) Kabel listrik, kabel, dan perlengkapan sirkuit listrik
- 4) Peralatan listrik
- 5) Peralatan komunikasi dan elektronik, serta komponen
- 6) Tabung vakum, lampu pijar, perlengkapan penerangan, perlengkapan pengkabelan, baterai
- 7) Peralatan listrik terapan

2.2 Standar Jepang Lainnya Terkait Kelistrikan

(1) Standar JEM (Standar Asosiasi Industri Peralatan Listrik Jepang)

- Standar JEM adalah standar swasta yang dibuat oleh Asosiasi Industri Peralatan Listrik Jepang.
- Selain menetapkan standar produk listrik, standar JEM juga menetapkan standar perancangan, pembuatan, pengujian, dsb untuk peralatan listrik.





(2) Standar JEITA (Asosiasi Industri Elektronik dan Teknologi Informasi Jepang)

- Standar JEITA adalah standar swasta yang dibuat oleh Asosiasi Industri Elektronik dan Teknologi Informasi Jepang.
- Standar JEITA menetapkan standar untuk peralatan komunikasi dan elektronik.

(3) Standar JSIA (Asosiasi Industri Panel Listrik dan Sistem Kontrol Jepang)

- Standar JSIA adalah standar swasta yang dibuat oleh Asosiasi Industri Panel Listrik dan Sistem Kontrol Jepang.
- Standar JSIA menetapkan standar terkait fungsi, struktur dan pengujian untuk panel kontrol dan panel distribusi.

2.3 Standar Terkait Kelistrikan di Luar Negeri

(1) Standar IEC (Komisi Elektroteknik Internasional)

- IEC (Komisi Elektroteknik Internasional) adalah organisasi internasional yang menetapkan standar kelistrikan internasional.
- Standar IEC yang diterbitkan oleh IEC ini merupakan standar internasional yang berkaitan dengan peralatan dan sistem kelistrikan.

(2) Standar NEC (National Electrical Code)

- Standar NEC adalah standar kelistrikan AS yang mencakup persyaratan keselamatan sarana kelistrikan, ketentuan pengkabelan, penggunaan peralatan listrik, dsb.

(3) Standar VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik)

- Merupakan standar kelistrikan Jerman yang menetapkan standar keselamatan listrik dan kinerja peralatan elektronik.

(4) Standar IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

- Merupakan standar teknik listrik dan elektronik yang diterbitkan oleh IEEE.

2.4 Hubungan antara Standar Domestik dan Standar Internasional



Produk ekspor perlu untuk diproduksi dan dirakit dengan memenuhi standar luar negeri yang relevan.

Standar JIS merupakan standar nasional Jepang yang telah diselaraskan dengan standar internasional. Standar JIS juga disusun dengan menerjemahkan standar internasional seperti ISO dan IEC. Simbol gambar kelistrikan juga telah diubah agar sesuai standar IEC, tetapi masih ada beberapa simbol yang digunakan secara berdampingan.



Soal Latihan 5-2

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Dengan menggunakan standar JIS, produk dapat distandarkan.
- 2) () Dengan menggunakan standar JIS, biaya produk dapat diturunkan.
- 3) () Jika mengikuti standar JIS, mengekspor produk keluar Jepang tidak akan ada masalah.



Penjelasan

- 1) Standardisasi produk industri dapat dilakukan melalui perancangan dan pembuatan produk.

Jawaban: A

- 2) Karena tidak perlu mengembangkan komponen dan peralatan baru, efisiensi dapat ditingkatkan.

Jawaban: A

- 3) Produk harus disesuaikan dengan standar yang berlaku di masing-masing negara tujuan ekspor.

Jawaban: B





Bab 6 Pembuatan Gambar Teknik

1. Aturan Umum Gambar Teknik

1.1 Jenis Gambar Teknik

Tabel 6-1: Jenis Gambar Teknik

Klasifikasi	Jenis Gambar Teknik
1) Penggunaan	Gambar produksi, gambar perencanaan, gambar persetujuan, gambar penjelasan, gambar estimasi, dan lain-lain
2) Bentuk Penyajian	Gambar kerangka, gambar terurai, diagram sistem, diagram sambungan, diagram sirkuit, dan lain-lain
3) Rincian	Gambar komponen, gambar proses, gambar perakitan, gambar tata letak, gambar detail, dan lain-lain



Keterangan Tambahan

Daftar komponen adalah daftar bagian-bagian yang membentuk satu rakitan (komponen)



1.2 Ukuran dan Format Gambar Teknik



(1) Ukuran gambar: ukuran seri A

Tabel 6-2: Ukuran Gambar (satuan: mm)

Nama Ukuran	Dimensi: a × b*
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420
A4	210 × 297

*Lihat Gambar 6-1 (format gambar)

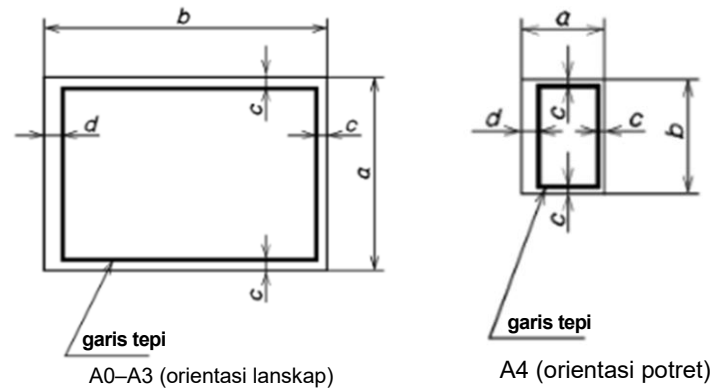


Keterangan Tambahan

Jika gambar rangkaian sekuens untuk kontrol terdiri dari beberapa lembar, disusun dalam ukuran A3.



(2) Format



Gambar 6-1: Format Gambar (JIS B 0001)

Ukuran Garis Tepi

A4 ~ A2 : $c = d = 10 \text{ mm}$

A1 ~ : $c = d = 20 \text{ mm}$

Sisi panjang digunakan untuk arah horizontal, tetapi untuk A4, sisi pendek juga boleh digunakan untuk arah horizontal.



1.3 Garis yang Digunakan dalam Gambar Teknik

(1) Jenis dan Ketebalan Garis

Dalam gambar teknik, ada 3 jenis garis: garis tipis, garis tebal dan garis sangat tebal.

- Ketebalan garis dipilih dari: **0,18 mm, 0,25 mm, 0,35 mm, 0,5 mm, 0,7 mm, atau 1,0 mm.**
- Perbandingan ketebalan garis tipis dan garis tebal adalah 1 : 2.
- Dalam satu gambar teknik, ketebalan garis untuk setiap jenis garis harus seragam.

Tabel 6-3:
Ketebalan Garis

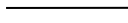
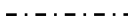
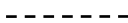
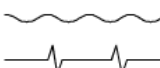
(satuan: mm)

Garis Tipis	Garis Tebal
0,18	0,35
0,25	0,5
0,35	0,7
0,5	1,0

(2) Jenis dan Penggunaan garis, serta Ukuran Huruf

Garis pada gambar teknik dibedakan penggunaannya sesuai Tabel 6-4.

Tabel 6-4: Jenis dan Penggunaan Garis

Nama Sesuai Penggunaan	Jenis Garis	Garis	Penggunaan Garis
Garis kontur	garis tebal solid		Bagian objek yang terlihat
Garis dimensi	garis tipis solid		Entri dimensi
Garis ekstensi dimensi	garis tipis solid		Entri dimensi
Garis penunjuk	garis tipis solid		Entri simbol dan lainnya
Garis pusat	garis putus-titik tunggal tipis		Menunjukkan pusat bentuk, tampilan lintasan
	garis tipis solid		Untuk penyederhanaan garis pusat
Garis tersembunyi	garis putus-putus tipis ataupun tebal		Bagian objek yang tidak terlihat
Garis acuan	garis putus-titik tunggal tipis		Referensi dimensi posisi
Garis interval	garis putus-titik tunggal tipis		Acuan untuk interval pengulangan
Garis imajiner	garis putus-titik ganda tipis		Bagian yang berdekatan, bagian yang bergerak, dan sejenisnya
Garis putus	garis tipis solid bergelombang, garis zigzag		Batas bagian objek yang dihilangkan





Nama Sesuai Penggunaan	Jenis Garis	Garis	Penggunaan Garis
Garis potong	garis putus-putus tipis, sudut lebih tebal		Menunjukkan posisi potongan pada gambar penampang
Garis arsiran	garis-garis solid tipis miring berjarak sama		Menunjukkan bagian tertentu, seperti bentuk permukaan potongan penampang. Penampang yang diarsir penuh disebut smudging

1.4 Skala yang Digunakan dalam Gambar Teknik

Jika gambar dibuat dengan ukuran yang sama dengan benda aslinya, disebut skala penuh (skala asli). Jika gambar diperbesar, disebut skala diperbesar, dan jika diperkecil, disebut skala diperkecil. Skala dipilih dari skala yang direkomendasikan dibawah ini.

Tabel 6-5: Skala

Jenis	Skala Rekomendasi
Skala penuh	1 : 1
Skala Diperbesar	2 : 1 5 : 1 10 : 1 20 : 1 50 : 1
Skala Diperkecil	1 : 2 1 : 5 1 : 10 1 : 20 1 : 50 1 : 100 1 : 200 1 : 500 ... 1 : 10000

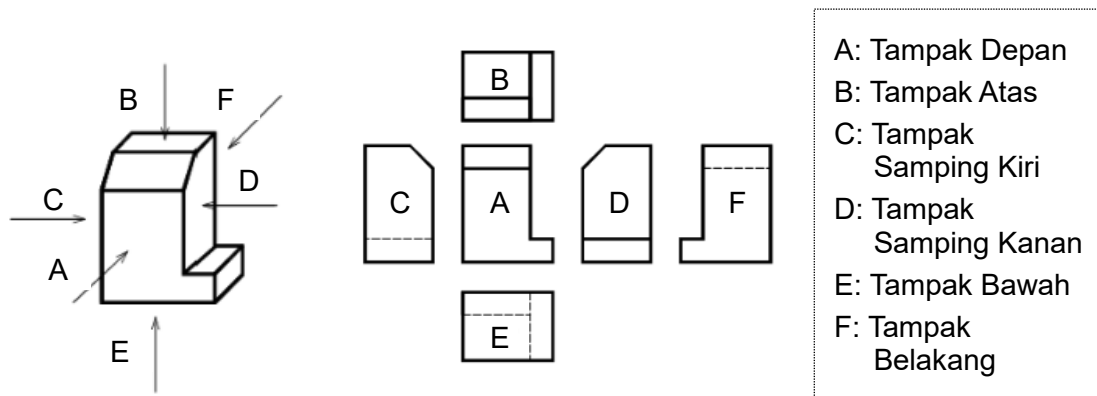


1.5 Cara Penyajian Bentuk

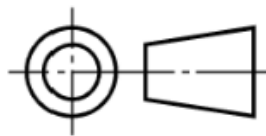


(1) Metode Proyeksi

Proyeksi ortogonal yang digunakan di Jepang adalah proyeksi sudut ketiga. (proyeksi sudut pertama diabaikan)



Gambar 6-2: Standar Tata Letak Proyeksi Ortogonal (Proyeksi Sudut Ketiga) (JIS B0001)



Gambar 6-3: Simbol Proyeksi Sudut Ketiga



Penjelasan

- 1) Proyeksi sudut ketiga mengacu pada kondisi dimana bidang proyeksi berada diantara objek dan pengamat.
- 2) Pada Gambar 6-2, A, D dan B merupakan bentuk yang terlihat secara langsung pada gambar proyeksi.
- 3) Gambar proyeksi utama (tampak depan) dipilih sebagai gambar yang paling merepresentasikan bentuk dan fungsi objek.



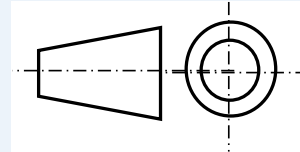


Soal Latihan 6-1

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.



Gambar A



Gambar B

- 1) () Proyeksi Gambar A menggunakan metode proyeksi sudut ketiga.
- 2) () Proyeksi Gambar B menggunakan metode proyeksi sudut ketiga.



Penjelasan

- 1) Sisi kiri maupun kanan dapat digunakan sebagai tampak depan, tetapi garis tengah pada gambar kiri hanya terlihat dari sisi kanan, sehingga harus digambar dengan garis terputus.

Jawaban: B

- 2) Posisinya berlawanan dengan Gambar 6-3, dan lingkaran kecil pada silinder tidak terlihat dari kanan, sehingga harusnya garis putus-putus.

Jawaban: B





(2) Menggambar Garis

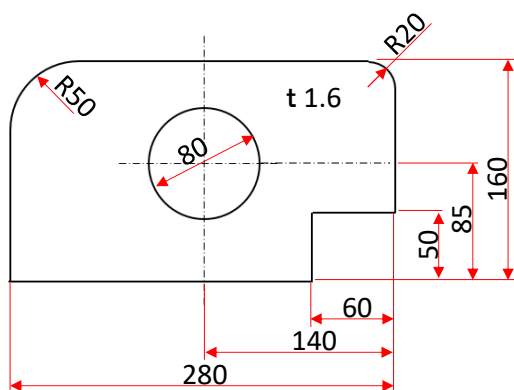
- Garis kontur yang merepresentasikan bentuk objek digambar dengan garis tebal solid.
- Garis tersembunyi, dimana objek tidak terlihat, digambar dengan garis putus tipis atau tebal.
- Garis pusat digambar dengan garis putus-titik tunggal tipis.
- Garis dimensi dan garis ekstensi dimensi digambar dengan garis tipis solid.

(3) Ukuran Huruf

Ukuran huruf dipilih dari: **2,5 mm, 3,5 mm, 5 mm, 7 mm dan 10 mm.**

(4) Menyatakan Dimensi

Dimensi dinyatakan dengan garis dimensi, garis ekstensi dimensi, dan sejenisnya.



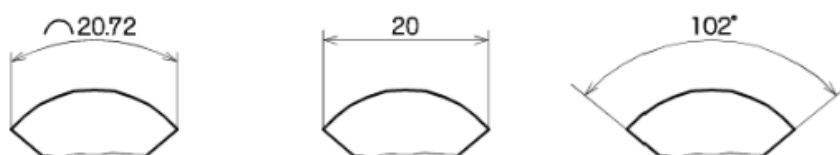
- 1) Garis dimensi tidak boleh saling bersilangan.
- 2) Hindari penulisan dimensi secara ganda.
- 3) Dimensi dinyatakan dalam dimensi akhir setelah proses penyelesaian.
- 4) Gunakan dimensi yang tidak memerlukan perhitungan.
- 5) Radius lingkaran dinotasikan R, sedangkan diameter dinotasikan $\varnothing$. Namun, jika bentuk objeknya lingkaran, notasi tersebut tak perlu dicantumkan.

Gambar 6-4: Contoh Pencantuman Garis Dimensi

(5) Cara Merepresentasikan Busur, Panjang Tali Busur dan Sudut Pusat

Pencantuman dimensi busur, panjang tali busur dan sudut pusat dilakukan sesuai Gambar 6-5.

Untuk busur, simbolnya $\frown$ wajib dicantumkan sebelum nilai dimensinya.



Gambar 6-5: Contoh Cara Merepresentasikan Busur, Panjang Tali Busur dan Sudut Pusat

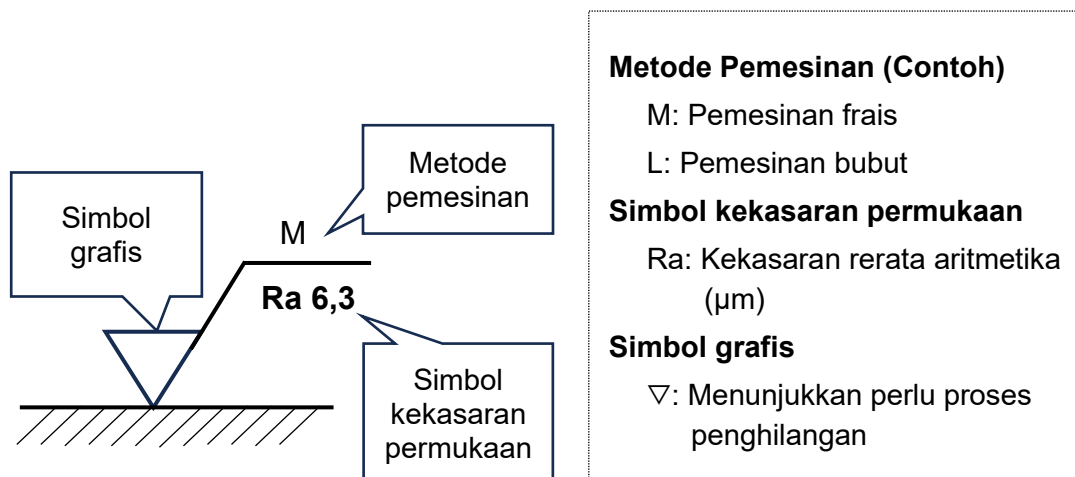


(6) Simbol Penyelesaian Permukaan dan Toleransi Kecocokan



Simbol penyelesaian permukaan dinyatakan menggunakan notasi sebagaimana Gambar 6-6.

Simbol kekasaran permukaan R_a semakin kecil angkanya, semakin halus permukaan hasil akhir, sebaliknya semakin besar angkanya, semakin kasar permukaannya.



Gambar 6-6: Menyatakan Metode Penyelesaian Permukaan

Kecocokan dibagi menjadi 3 jenis menurut ukuran celah antara poros dan lubang, yaitu “kecocokan ketat”, “kecocokan longgar”, dan “kecocokan transisi”. Toleransi kecocokan antara poros dan lubang terhadap dimensi dasarnya ditentukan dalam JIS.



Keterangan Tambahan 6-1

Kecocokan ketat terjadi jika diameter poros lebih besar daripada diameter lubang, sehingga biasanya tidak dapat dimasukkan. Dilakukan dengan penekanan masuk, atau poros dimasukkan setelah lubang dipanaskan sehingga diameternya mengembang secara termal.





2. Gambar Listrik

2.1 Jenis Gambar Listrik

Berikut jenis-jenis gambar yang umum, tetapi tak ada ketentuannya dalam JIS.

Tabel 6-6: Jenis-jenis Gambar Listrik

Jenis Gambar Teknik	Keterangan
1) Diagram Sistem System diagram	Gambar yang menunjukkan sistem kelistrikan seperti saluran transmisi atau saluran distribusi.
2) Diagram Koneksi Writing diagram Connection diagram Interconnection diagram	Diagram yang menunjukkan koneksi dan sirkuit peralatan dan perangkat listrik. Diagram koneksi internal menunjukkan hubungan sambungan internal kabel listrik serta jenis kabelnya. Diagram interkoneksi adalah gambar yang menunjukkan hubungan koneksi listrik antar peralatan internal, serta antara panel distribusi/kontrol dengan perangkat eksternal.
3) Diagram Pengkabelan Schematic diagram	Juga disebut diagram koneksi terbentang, yaitu gambar rangkaian relai yang menunjukkan susunan rangkaian agar urutan operasi sekuens dapat dipahami.
4) Diagram Satu-Garis Skeleton diagram Single-line diagram	Gambar yang secara sederhana menunjukkan hubungan sambungan listrik antara peralatan dalam sistem tenaga listrik.



2.2 Simbol-simbol Listrik



Simbol-simbol gambar kelistrikan JIS telah direvisi signifikan untuk menyesuaikan standar IEC. Namun, perlu kehati-hatian karena simbol gambar berdasarkan standar industri ataupun standar yang lama juga bercampur.

(1) Simbol Dasar Kontak

1) Kontak dan sakelar kontrol

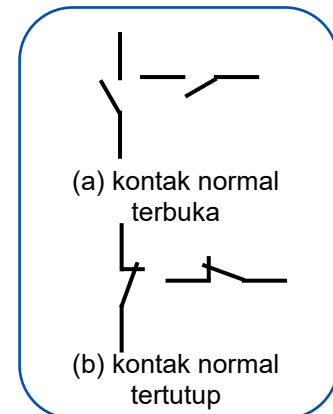
Kontak a: normal terbuka (sirkuit tertutup saat diaktifkan)

Kontak b: normal tertutup (sirkuit terbuka saat diaktifkan)

2) Simbol dasar

Kontak a: Kontak bergerak digambarkan dengan garis miring 30° ke arah kiri atas terhadap sumbu poros, atau 30° ke bawah terhadap sumbu horizontal.

Kontak b: Digambarkan berlawanan arah dengan kontak a, yaitu 30° ke arah kanan atas, atau 30° ke atas.



Gambar 6-7
Arah Simbol Dasar Kontak

(2) Simbol-simbol Listrik

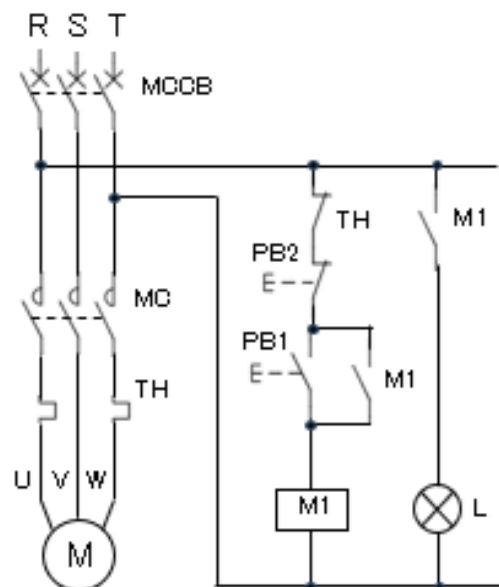
Simbol-simbol listrik utama ditunjukkan pada Tabel 6-7.





2.3 Diagram Skematis untuk Kontrol Sekuensial

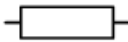
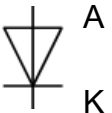
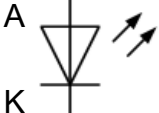
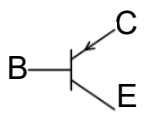
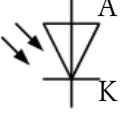
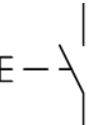
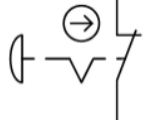
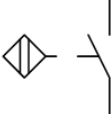
- Ukuran: Secara prinsip berukuran A3
- Arah garis koneksi
 - (a) Diagram terbentang horizontal digambarkan dari kiri ke kanan.
 - (b) Diagram terbentang vertikal digambarkan dari atas ke bawah.
- Penandaan posisi simbol: Pada diagram koneksi terbentang, kumpulan dan kontak sering posisinya terpisah, sehingga perlu penandaan agar dapat diidentifikasi pada gambar.
- Jenis komponen kontrol serta simbol peralatan ditulis dengan merujuk standar JIS.
- Pada Gambar 6-8 ditunjukkan satu contoh diagram koneksi terbentang.



Gambar 6-8: Contoh Diagram Koneksi Terbentang (sirkuit penggerak motor)



Tabel 6-7: Simbol-simbol Listrik Utama (JIS C0617-2)

	Simbol	Nama		Simbol	Nama
1		Resistor	2		Resistor variabel
3		Kapasitor	4		Induktor, reaktor
5		Dioda A: anoda K: katoda	6		Dioda pemancar cahaya (LED) A: anoda K: katoda
7		Transistor pnp C: kolektor E: emitor B: basis	8		Fotodioda A: anoda K: katoda
9		Kontak normal terbuka (kontak a)	10		Kontak normal tertutup (kontak b)
11		Sakelar tombol tekan (reset otomatis)	12		Sakelar alarm (reset otomatis)
13		Sakelar berhenti darurat (non-reset otomatis)	14		Sakelar proksimitas
15		Sakelar batas (normal tertutup dengan pembukaan paksa)	16		Sakelar batas (kontak normal tertutup)
17		Sakelar batas (kontak normal terbuka)	18		Pemutus sirkuit (MCB) Dapat memutus arus beban dan arus hubung singkat
19		Kontaktor magnetik (MC) Dapat memutus arus beban	20		Lampu indikator
21		Amperemeter	22		Sekering



Soal Latihan 6-2

- Diantara simbol-simbol yang digunakan pada diagram sistem kendali, pilih satu simbol sakelar batas yang salah dari pilihan A–D.

Pilihan	A	B	C	D
Simbol				



Penjelasan

Seperti ditunjukkan pada Tabel 6-7, A dan C adalah sakelar batas, B adalah sakelar batas dengan mekanisme pembukaan paksa, sedangkan D adalah sakelar berhenti darurat.

Jawaban: D

2.4 Diagram Urutan Tangga dan Simbol-simbolnya

- Diagram urutan tangga (diagram tangga) adalah program yang digunakan pada rangkaian PLC sebagai pengganti urutan relai. Program urutan berjalan dari atas ke bawah dan kiri ke kanan.
- Seperti pada Gambar 6-9, program dibuat dengan menghubungkan perangkat yang dikontrol dengan garis yang menyerupai anak tangga horizontal.
- Dengan kontak seperti pada Tabel 6-8, kumpulan dan perangkat keluaran dikontrol secara ON/OFF.
- Simbol-simbol utama ditunjukkan pada Tabel 6-8, dan contoh rangkaian nyala lampu ditunjukkan pada Gambar 6-9.

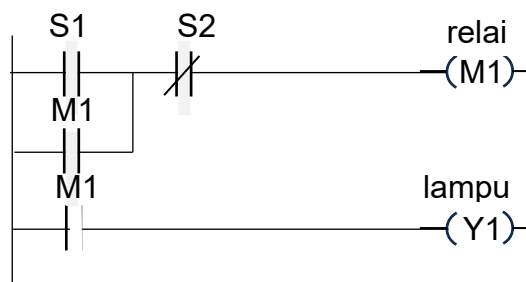




Tabel 6-8: Simbol pada Rangkaian Tangga

Simbol	Nama	Fungsi
	kontak a (NO)	Kontak a beroperasi sinkron dengan ON/OFF sakelar atau sensor yang terkoneksi ke PLC
	kontak b (NC)	Kontak b beroperasi sinkron dengan ON/OFF sakelar atau sensor yang terkoneksi ke PLC
	kumparan (koil)	Menunjukkan keluaran seperti relai dan instruksi.

Contoh Operasi



Gambar 6-9: Contoh Diagram Urutan Tangga (Rangkaian Nyala Lampu)

- 1) Saat sakelar S1 ditekan, koil M1 teraktivasi, dan kontak M1 menutup.
- 2) Saat kontak M1 tertutup, sakelar S1 akan mengunci diri melalui M1.
- 3) Karena kontak M1 dalam kondisi tertutup, keluaran lampu Y1 menjadi ON sehingga lampu menyala.
- 4) Saat sakelar S2 ditekan, eksitasi M1 terputus dan fungsi mengunci diri (self-holding) terlepas, sehingga output Y1 menjadi OFF dan lampu padam.





3. Jenis-jenis Material Listrik

3.1 Bahan Konduktif

(1) Bahan Penghantar Listrik

Bahan yang menghantarkan listrik dengan efisien disebut bahan konduktif. Bahan yang memiliki hambatan listrik kecil dan dapat dialiri arus dalam jumlah besar disebut bahan penghantar listrik (bahan kawat listrik).

Tabel 6-9: Jenis-jenis Utama Kawat Listrik

Kawat Tembaga Keras	Tembaga listrik dengan kemurnian tinggi yang ditarik pada suhu kamar. Keras dan memiliki resistivitas tinggi. Digunakan pada mesin berputar, sakelar, dan saluran transmisi listrik.
Kawat Tembaga Lunak	Tembaga keras yang dianil, memiliki resistivitas lebih rendah dibanding tembaga keras, dan digunakan untuk lilitan peralatan listrik serta kabel dan konduktor biasa.
Kawat Aluminium Keras	Konduktivitasnya sekitar 60% dari tembaga lunak (tembaga lebih mudah menghantarkan listrik). Karena densitas hanya 1/3-nya, dapat digunakan untuk saluran transmisi listrik.
Kabel Berisolasi	Kabel listrik yang inti kawatnya dilapisi bahan isolator. Pada aplikasi peralatan listrik, juga disebut kawat magnet, termasuk kawat enamel dan kawat PVF.



Istilah

Anil: Proses memanaskan kawat tembaga, yang telah mengeras akibat proses penarikan kawat, hingga suhu tertentu sehingga kawat menjadi lunak dan memiliki kualitas stabil.



Keterangan Tambahan 6-2

Resistivitas konduktor logam $\Rightarrow$ Resistivitas konduktor logam pada 20°C:
kawat tembaga lunak: 1/58, kawat tembaga keras: 1/55, kawat aluminium: 1/35 [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$]



(2) Bahan Resistif



Diantara bahan konduktif, bahan yang digunakan untuk mengatur arus listrik disebut bahan resistif.

Tabel 6-10: Bahan-bahan Resistif Utama

Bahan Pemanas Listrik	Contoh tipikalnya adalah kawat nikel-krom, yang digunakan pada kompor listrik
Bahan Resistansi Khusus	Misalnya bahan yang nilai resistansinya hanya berubah sedikit meskipun terjadi pemanasan akibat arus listrik

Kode warna resistor berkaki ditunjukkan pada Tabel 6-14 di halaman 71.

3.2 Bahan Magnetik

Bahan yang menghasilkan densitas fluks magnetik yang besar jika diberi medan magnet eksternal yang kecil disebut bahan magnetik. Bahan yang, setelah diberi medan magnet kuat, tetap menyimpan kemagnetan meskipun medan magnet dihilangkan disebut bahan magnet permanen.

Tabel 6-11: Bahan-bahan Magnetik Utama

Besi	Besi murni memiliki permeabilitas magnetik yang tinggi dan densitas fluks magnetik jenuhnya juga besar, sehingga baja lunak yang mengandung sedikit karbon dapat digunakan untuk inti magnet dan sejenisnya.
Pelat Baja Elektromagnetik	Pelat baja yang ditipiskan dan ditambahkan beberapa % silikon untuk mengurangi disipasi daya akibat perubahan fluks magnetik. Digunakan dengan cara dilaminasi pada inti besi trafo atau pada mesin rotari.
Bahan Magnet Permanen	Magnet ferit memiliki magnetisasi remanen kecil, tetapi gaya koersifnya besar, sedangkan magnet Alnico memiliki gaya koersif kecil, tetapi magnetisasi remanennya besar. Banyak digunakan untuk meningkatkan karakteristik listrik, memperkecil ukuran peralatan listrik, serta pada kendaraan listrik.

Aluminium bukan bahan magnetik, sehingga tidak dapat memanfaatkan gaya magnet.



3.3 Bahan Isolasi



Bahan yang tidak mudah menghantarkan listrik disebut bahan isolasi.

(1) Suhu Operasi Maksimum Bahan Isolasi

Saat suhu meningkat akibat panas yang dihasilkan oleh arus listrik (panas Joule), bahan isolasi mengalami degradasi sehingga kinerja isolasinya menurun.

Batas kenaikan suhu pada bagian yang berisolasi dinyatakan dengan rumus berikut, dimana 40°C merupakan nilai acuan suhu lingkungan.

$$\text{batas kenaikan suhu} \leq \text{suhu operasi maksimum} - 40^{\circ}\text{C}$$

(2) Kelas Ketahanan Panas

Bahan isolasi listrik diklasifikasikan kedalam kelas ketahanan panas menurut suhu operasi maksimumnya, seperti pada Tabel 6-12.

Tabel 6-12: Kelas Ketahanan Panas Bahan Isolasi dan Penggunaan Utamanya

Kelas Ketahanan Panas	Huruf Pengenal	Bahan Isolasi Utama	Penggunaan Utama
90°C	Y	kapas, kertas	Peralatan listrik kecil
105°C	A	kertas impregnasi minyak, minyak mineral	Trafo, peralatan listrik
120°C	E	mylar (PET)	Lilitan pada mesin rotari besar
130°C	B	mika	Generator tegangan tinggi
155°C	F	epoksi-polimida	Memperkecil ukuran generator
180°C	H	resin silikon	Trafo tegangan tinggi tipe kering
220°C	R	jenis poliamida	Isolasi tahan panas



(3) Jenis-jenis Bahan Isolasi Listrik



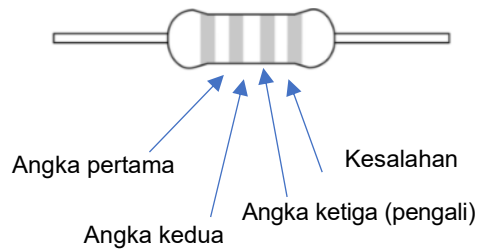
Tabel 6-13: Jenis-jenis Bahan Isolasi Padat

Jenis	Sebutan Utama	Fitur, Penggunaan, dsb
Bahan isolasi anorganik	mika, keramik	Bahan isolasi tahan panas, bahan dielektrik kapasitor
Bahan termoplastik	polietilena tereftalat (PET)	Bahan dengan kelas ketahanan panas E Isolasi slot pada mesin rotari Juga disebut Mylar
Bahan termoset	resin fenol, resin epoksi	Bahan isolasi murah Bahan dengan kelas ketahanan panas F Kekuatan mekanis besar
Bahan anorganik berserat	kertas kraft, papan pres	Kertas isolasi yang umum digunakan Trafo minyak





Keterangan Tambahan 6-3



Tabel 6-14: Kode Warna Resistor Berkaki

Angka	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kode Warna	hitam	cokelat	merah	oranye	kuning	hijau	biru	ungu	abu-abu	putih

Toleransi: emas $\pm 5\%$, perak $\pm 10\%$

Contoh: jika kode warnanya merah, hitam, merah dan emas, maka merah dan hitam pertama menunjukkan angka 20, merah berikutnya menunjukkan 10^2 , dan emas menunjukkan $\pm 5\%$. Jadi nilainya $20 \times 10^2 \pm 5\%$ ($= 2 \text{ k}\Omega$).





Soal Latihan 6-3

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Antara kawat tembaga lunak dan kawat aluminium, tembaga resistivitasnya lebih kecil
- 2) () Karet alam mudah menghantarkan listrik



Penjelasan

- 1) Menurut Tabel 6-2, resistivitas kawat tembaga lunak adalah $1/58 \text{ } [\Omega\text{mm}^2/\text{m}]$, sedangkan kawat aluminium $1/35 \text{ } [\Omega\text{mm}^2/\text{m}]$, jadi resistivitas tembaga lebih kecil dan pernyataan tersebut benar.

Jawaban: A

- 2) Karet alam adalah isolator sehingga sulit menghantarkan listrik dan pernyataan tersebut salah.

Jawaban: B





Bab 7 Alat dan Perkakas

1. Perkakas dan Komponen untuk Keperluan Perakitan

1.1 Alat Pengencangan Sekrup

Alat untuk mengencangkan sekrup ditunjukkan pada Tabel 7-1.

Tabel 7-1: Alat Pengencang Sekrup

	Nama Alat (Standar JIS)	Foto/Bentuk	Penggunaan
1	Obeng (obeng pipih) Flat screwdriver (JIS B4609)		• Untuk mengencangkan sekrup kecil dengan alur pipih (sekrup minus). • Gunakan ukuran sesuai sekrup: M2-M8.
2	Obeng silang (obeng plus) Phillips screwdriver (JIS B4633)		• Untuk mengencangkan sekrup silang (sekrup plus) • Gunakan ukuran sesuai sekrup: M2-M8.
3	Obeng soket Nut driver		• Digunakan saat mengencangkan sekrup kecil dengan memutar bagian mur untuk mengencangkan. • Disebut juga obeng mur.
4	Kunci pas Open end wrench (JIS B4630)		• Kunci pas maupun kunci wrench digunakan untuk mengencangkan atau melepas baut/mur heksagonal. • Ukuran kunci pas didasarkan pada lebar dua sisi sejajar. • Saat mengencangkan atau melepas, kunci pas dan kunci Inggris harus selalu diputar ke arah rahang bawah (arah tanda panah).
	Kunci ring Box end wrench		
	Kunci Inggris Adjustable wrench		



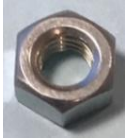
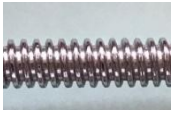
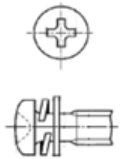
	Nama Alat (Standar JIS)	Foto/Bentuk	Penggunaan
5	Kunci L Hexagon socket screw keys (JIS B4648)		• Untuk mengencangkan baut soket heksagonal dan sekrup penahan. • Ukuran kunci didasarkan pada lebar dua sisi sejajar.
6	Kunci torsi Torque wrench (JIS B4652)		• Kopling bekerja pada torsi yang telah disetel, memungkinkan pengencangan sesuai nilai torsi yang ditentukan.

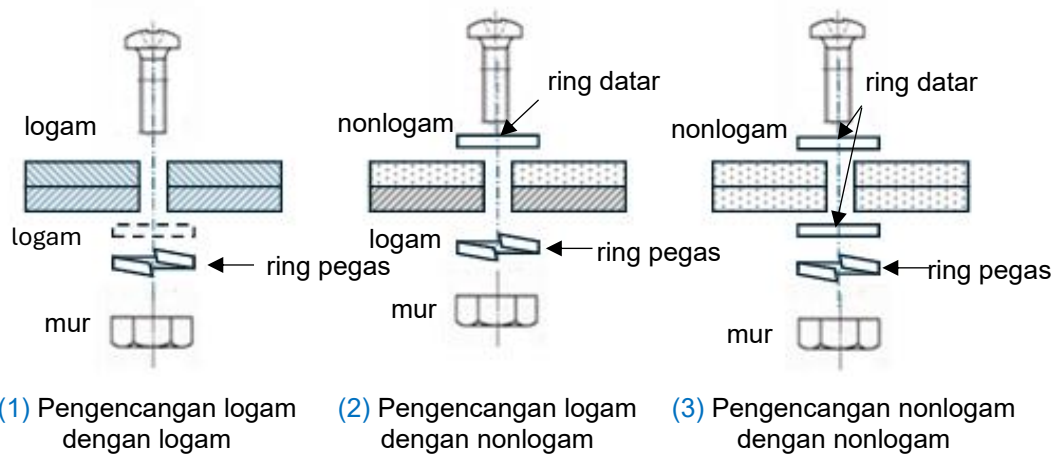
1.2 Jenis-jenis Sekrup, Baut dan Ring

Jenis-jenis sekrup, baut dan ring ditunjukkan pada Tabel 7-2.

Tabel 7-2: Jenis-jenis Sekrup, Baut dan Ring

	Nama Komponen (Standar JIS)	Foto/Bentuk	Penggunaan, Material dan Karakteristik
1	Sekrup kecil dengan dudukan Slotted head screws (JIS B1101)		Berdasarkan bentuk kepala, terdapat jenis sekrup kecil seperti sekrup kepala bulat-cekung, sekrup kepala cekung, dan sekrup kepala bulat (pan head).
2	Sekrup kecil berkepala silang Cross recessed head screws (JIS B1111)		Berdasarkan bentuk kepala, terdapat jenis sekrup kecil seperti sekrup kepala bulat-cekung, sekrup kepala cekung, dan sekrup kepala bulat (pan head).
3	Sekrup swa-ulir Tapping screws (JIS B1115, B1122)		Setelah lubang awal dibuat pada logam/plastik, sekrup dapat dikencangkan sambil membuat ulir pada lubang tersebut dengan ulir sekrup itu sendiri.
4	Baut berkepala soket heksagonal Hexagon socket head cap screws (JIS B1176)		Kepala baut memiliki lubang heksagonal dan pengencangan dilakukan dengan kunci L. Kekuatan kepala sekrup tinggi.
5	Baut heksagonal Hexagon head bolts (JIS B1180)		Dalam JIS tersedia diameter nominal 1,6–24 mm dan panjang nominal 10–150 mm. Ulir dengan diameter lebih besar lagi, ditetapkan oleh ISO.

	Nama Komponen (Standar JIS)	Foto/Bentuk	Penggunaan, Material dan Karakteristik
6	Mur Nut (JIS B1181)		Standar telah diubah agar sesuai ISO, tetapi standar lama seperti dengan chamfer 1 sisi / 2 sisi, dengan dudukan, dan tipe pengunci masih digunakan secara bersamaan.
7	Ring datar (washer) Plain washers (JIS B1256)		Selain ring datar seperti pada foto, ada juga washer resin, washer karet, dsb.
8	Ring pegas Spring lock washers (JIS B1251)		Selain ring pegas seperti pada foto, ada juga ring pegas piringan, ring bergigi, dsb.
9	Ulir trapesium Trapezoidal screw threads (JIS B0217)		Karena keausan kecil dan jarak geraknya akurat, digunakan sebagai ulir penggerak pada mesin bubut dan mesin perkakas.
10	Sekrup berflensa Cross recessed head screws with captive washer (JIS B1188)		Nama resminya sekrup kecil berkepala silang dengan ring terpasang. Disebut juga sekrup SEMS.



Gambar 7-1: Cara Penggunaan Ring Datar dan Sekrup Kecil

- (1) Pengencangan logam dengan logam, logam dengan nonlogam dan nonlogam dengan nonlogam dilakukan seperti pada Gambar 7-1.
- (2) Saat memasang alat pada panel dengan sekrup kecil, tahan kepala sekrup dengan obeng dan kencangkan bagian mur
- (3) Saat memasang alat ke lubang berulir pada panel dengan menggunakan sekrup kecil, gunakan ring pegas di kepala sekrup

2. Perkakas dan Komponen untuk Pengerjaan dan Penyambungan Kabel Listrik



Alat/komponen untuk memproses dan menyambung kabel listrik ditunjukkan pada Tabel 7-3.

Tabel 7-3: Alat/Komponen untuk Memproses dan Menyambung Kabel Listrik

	Nama Alat/Komponen	Foto/Bentuk	Penggunaan/Karakteristik
1	Tang Side cutting pliers (JIS B4623)		Ukuran nominal ada 3 jenis: 150 mm, 175 mm dan 200 mm. Ukuran 150 mm digunakan untuk peralatan elektronik dan sejenisnya.
2	Tang lancip Long-nose pliers (JIS B4631)		Sering digunakan untuk merakit sirkuit elektronik atau memproses komponen elektronik.
3	Tang potong Nippers (JIS B4635)		Untuk memotong kabel listrik pada pengkabelan maupun plastik. Ada 3 jenis ukuran: 125 mm, 150 mm, dan 175 mm.
4	Pengupas kabel Wire stripper		Mengupas lapisan isolasi dari kabel berisolasi. Mata pisau dipilih sesuai diameter kabel listrik.
5	Tang krimping Crimper (JIS C9711)		Digunakan saat menyambungkan kabel listrik ke terminal peralatan dengan menggunakan terminal krimping. Menggunakan bentuk rahang yang sesuai dengan terminal krimping.
6	Terminal krimping kawat tembaga Crimp-type terminal lugs for copper conductors (JIS C2805)		Untuk menghubungkan kabel berisolasi ke terminal peralatan. Menggunakan terminal krimping yang sesuai dengan kabel dan sekrup.



3. Perkakas untuk Pemrosesan Sasis



Alat pemrosesan sasis ditunjukkan pada Tabel 7-4.

Tabel 7-4: Alat Pemrosesan Sasis

	Nama Alat	Foto/Bentuk	Penggunaan/Karakteristik
1	Jarum penggores (tipe pena) Scriber		Alat untuk menggoreskan garis atau tanda pada permukaan datar logam seperti besi atau aluminium.
2	Penitik Punch		Diketukkan pada titik pusat lokasi pengeboran agar ujung mata bor tidak meleset. Ada juga tipe yang dipukul dengan palu.
3	Mata bor Drill, Solid drill		Untuk membuat lubang pemasangan peralatan atau instrumen serta lubang pilot untuk proses pengetapan. Alur pada mata bor berfungsi untuk membuang serpihan.
4	Gergaji lubang Hole mill saw		Digunakan saat membuat lubang besar untuk memasang lampu indikator, sakelar tombol, dsb.
5	Mata tap Hand taps (JIS B4430)		Alat untuk membuat ulir dalam. Biasanya digunakan mulai dari mata tap No.1, yang ujungnya paling runcing.
6	Mata die Screwing dies (JIS B4451)		Alat untuk membuat ulir luar. Digunakan bersama dengan pegangan die.
7	Mata frais ujung (End-mill) End mill (JIS B4211)		Digunakan pada mesin frais, memiliki mata potong di bagian keliling dan ujungnya, untuk pengerjaan permukaan datar dan samping.
8	Gergaji besi Hacksaw		Untuk memotong pelat logam dan sejenisnya secara manual. Pemotongan dilakukan dengan memberikan tekanan sesuai arah mata gergaji.
9	Kikir besi File (JIS B4703)		Untuk menyelesaikan permukaan logam secara manual. Ada 5 jenis bentuk, termasuk datar dan setengah bulat.





Istilah

Jig: Alat bantu untuk menahan benda agar mudah diproses.

Gerigi potong (beram): “tonjolan” atau gerigi di bagian tepi yang muncul saat memproses logam, plastik, dan sejenisnya.

Penggoresan tanda: Menandai dimensi, posisi lubang dan tanda lainnya pada permukaan pemesian benda kerja sebelum diproses. Ujung jarum penggores dibuat keras melalui perlakuan pengerasan atau dengan diberikan ujung karbida, sehingga dapat membuat goresan tanda pada permukaan logam.

4. Jenis Kabel dan Alat Koneksinya

4.1 Jenis Kabel

(1) Untuk pengkabelan pada peralatan listrik $\leq 600V$, gunakan berikut ini:

- Kabel berisolasi vinil (kawat IV)
- Kabel berisolasi vinil untuk peralatan listrik (kabel KIV)

(2) Untuk peralatan elektronik dan peralatan komunikasi $\leq 300V$, gunakan berikut ini:

- Kabel vinil untuk peralatan komunikasi (kabel KV)

(3) Secara prinsip, untuk rangkaian kontrol digunakan kabel berisolasi berwarna kuning dengan penampang $1,25 \text{ mm}^2$. Untuk pembumian, gunakan kabel hijau dengan penampang $\geq 2,0 \text{ mm}^2$.

4.2 Pengupas Kabel dan Tang Krimping (lihat Tabel 7-3)

Ada dua jenis pengupas kabel: untuk mengupas isolasi kabel berisolasi, dan untuk mengupas selubung VVF.

Dimensi yang tertera pada mata pisau menunjukkan diameter inti kawat. Namun, karena pada kawat serabut ketebalan ditentukan oleh luas penampang, nilai dimensi pada mata pisau tidak boleh digunakan begitu saja.

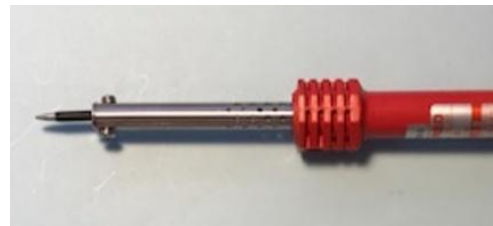
Tang krimping digunakan untuk menghubungkan kabel listrik ke terminal krimping. Pada umumnya digunakan terminal krimping tipe R tanpa isolasi untuk kawat tembaga. (lihat No. 6 pada Tabel 7-3)

Karena ada banyak jenis terminal dan tang krimping, gunakan tang yang sesuai terminal krimping.

4.3 Solder

(1) Alat Solder

- Alat solder digunakan untuk menghubungkan logam dengan logam, seperti kabel listrik atau terminal.
- Tidak dapat digunakan untuk menyambung plastik.
- Secara umum, digunakan tipe pemanas listrik yang menggunakan kawat nikrom atau pemanas keramik.
- Ujung alat solder terbuat dari tembaga yang dilapisi nikel atau krom tahan karat.



Gambar 7-2: Alat Solder

(2) Jenis Solder

Karena masalah lingkungan, untuk peralatan listrik digunakan solder bebas timbal, yaitu hampir tak mengandung timbal, namun solder mengandung timbal juga masih banyak digunakan hingga saat ini. Pada Tabel 7-5 diunjukkan jenis-jenis utama dan karakteristik solder.

Tabel 7-5: Jenis dan Karakteristik Solder

Item	Solder Bertimbal	Solder Bebas Timbal
1) Komponen (%)	Sn: 63% Pb: 37%	Sn96.5 Ag3 Cu0.5
2) Titik Leleh (°C)	183°C	Sekitar 220°C
3) Pembasahan	Penyebaran pembasahan baik	Baik, tetapi sedikit lebih rendah dibanding solder bertimbal
4) Biaya	Murah	Mahal
5) Kualitas Pemasangan	Keandalan tinggi	Lebih rendah dari solder bertimbal
6) Penggunaan	Dirgantara, perkeretaapian, pembangkit listrik, pekerjaan umum, infrastruktur	Komponen elektronik, peralatan rumah tangga

(3) Fungsi Fluks

- Membersihkan papan sirkuit dan menghilangkan oksida.
- Mengurangi tegangan permukaan solder dan meningkatkan daya rekat.
- Setelah penyolderan, membentuk lapisan yang mencegah oksidasi.

(4) Prosedur Penyolderan

- 1) Bersihkan bagian sambungan yang akan disolder, kemudian lakukan penyolderan awal
- 2) Masukkan komponen atau kawat ke bagian sambungan, dan pastikan tidak bergerak.
- 3) Panaskan bagian sambungan dengan ujung alat solder.
- 4) Setelah mencapai titik leleh, berikan solder berfluks langsung ke bagian sambungan.

Perhatian: jangan memberikan solder berfluks ke ujung alat solder.

- 5) Secara visual pastikan solder telah mengalir, dan jauhkan ujung alat solder.
- 6) Jangan menggerakkan bagian sambungan hingga suhunya menjadi cukup dingin.
- 7) Hilangkan kelebihan fluks dengan pelarut seperti alkohol.



Soal Latihan 7-1

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Kunci pas digunakan untuk mengencangkan baut soket heksagonal.
- 2) () Solder digunakan untuk memasang dan menghubungkan secara elektrik logam dengan logam atau komponen elektronik pada PCB.



Penjelasan

- 1) Baut soket heksagonal dikencangkan dengan kunci heksagonal.

Jawaban: B

- 2) Solder digunakan untuk memasang kabel listrik ke terminal perangkat, atau komponen elektronik ke PCB, serta menghubungkan secara elektrik.

Jawaban: A

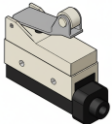
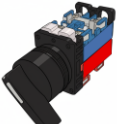


5. Komponen Listrik dan Komponen Elektronik



Komponen listrik utama untuk perakitan kelistrikan ditunjukkan pada Tabel 7-6.

Tabel 7-6: Komponen Listrik Utama untuk Perakitan Kelistrikan

	Nama Komponen	Foto	Penggunaan, Material dan Karakteristik
1	Kontaktor magnetik Magnetic contactor		Melakukan ON/OFF kontak pada rangkaian listrik dengan gaya elektromagnetik. Tidak memiliki fungsi pemutus arus lebih.
2	Pemutus sirkuit (MCB) Circuit breakers		Memutus sirkuit saat terjadi hubung singkat atau arus lebih yang melebihi arus nominal. Kinerja pemutusan ditentukan dalam standar JIS.
3	Sakelar batas Limit switch		Sakelar listrik yang melakukan ON/OFF kontak internal melalui gerakan aktuator.
4	Relai, relai solid-state Relay, Solid state relay		Komponen yang mengaktifkan kumparan dengan sinyal listrik eksternal, dan menggunakan gaya elektromagnetik untuk ON/OFF kontak pada rangkaian listrik.
5	Saklar tombol tekan Push button switch		Komponen untuk melakukan ON/OFF pada sirkuit listrik dengan menekan tombol.
6	Tombol berhenti darurat Emergency stop button		Sakelar untuk menghentikan mesin atau peralatan secara manual dalam kondisi darurat. Kontak harus selalu NC.
7	Sakelar tuas Lever switches		Sakelar yang digunakan dengan menggeser tuas ke kiri atau kanan untuk memilih satu atau lebih kontak.



6. Alat Ukur yang Digunakan



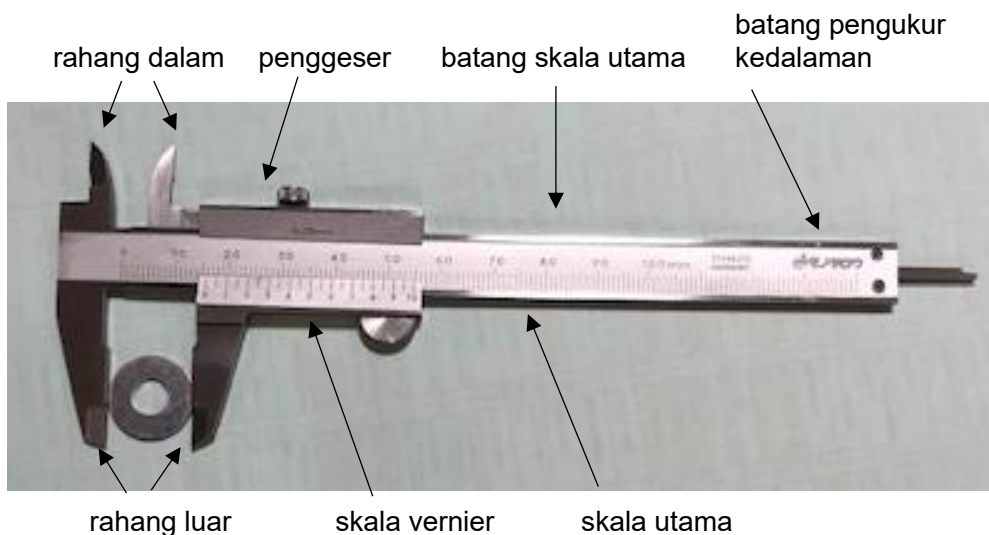
6.1 Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat untuk mengukur “panjang (diameter luar dan dalam)” dan “undakan (tinggi atau kedalaman)” pada suatu benda dengan ketelitian 0,05 mm (5/100 mm).

(Nama-nama bagian jangka sorong ditunjukkan pada Gambar 7-3)

(1) Mengukur dengan Jangka Sorong

- **Pengukuran bagian luar:** Benda kerja dijepit dengan rahang luar menggunakan penggeser untuk dilakukan pengukuran.
- **Pengukuran panjang bagian dalam:** Rentangkan rahang dalam dengan menggunakan penggeser untuk mengukur bagian dalam benda.
- **Mengukur tinggi dan kedalaman:** Letakkan ujung jangka sorong pada permukaan atas undakan, tekan penggeser ke bawah dan tempelkan batang pengukur kedalaman pada permukaan dasar untuk melakukan pengukuran.
- Saat rahang luar dan dalam ditutup, tidak boleh ada celah.



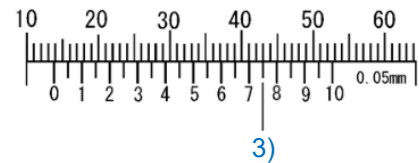
Gambar 7-3: Jangka Sorong





(2) Cara Membaca Jangka Sorong

Kita jelaskan dengan menggunakan Gambar 7-4 sebagai contoh.



Gambar 7-4: Cara Membaca Jangka Sorong

- 1) Tempatkan rahang jangka sorong pada objek yang akan diukur.
- 2) Baca rentang nilai pada batang skala utama dimana garis 0 skala vernier berada.
⇒ Pada gambar kanan, terbaca berada diantara 13–14 mm.
- 3) Baca skala vernier pada titik dimana garis skala utama paling dekat dengan garis skala vernier.
⇒ Pada gambar kanan, terbaca 7,5.
- 4) Nilai pengukuran adalah nilai skala utama ditambah $1/10$ nilai skala vernier.
⇒ skala utama 13 + vernier $7,5 \times (1/10) = 13 + 0,75 = 13,75$ mm



Soal Latihan 7-2

- Berapakah nilai pembacaan jangka sorong berikut?



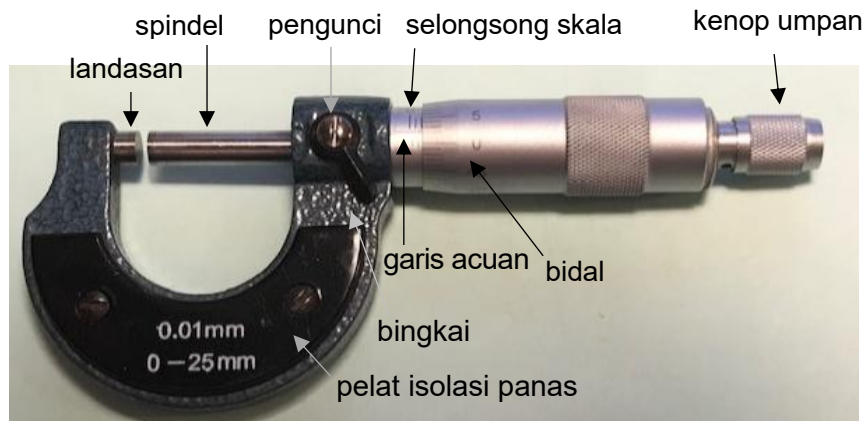
Penjelasan

- 1) Titik 0 vernier menunjukkan antara 7 mm dan 8 mm.
- 2) Garis skala utama dan skala vernier sejajar pada 6,5 dan 7,0, tetapi yang lebih dekat adalah 6,5.
- 3) Jadi nilai pengukurannya adalah skala utama 7 + vernier $6,5 \div 10 = 7,65$ mm.



6.2 Mikrometer

- Mikrometer adalah alat yang umumnya digunakan untuk mengukur “panjang” suatu benda dengan ketelitian 0,01 mm (1/100 mm).
- Selain mengukur "bagian luar", juga digunakan untuk mengukur "bagian dalam" dan "kedalaman". Namun diameter lubang tak dapat diukur.
- Nama bagian-bagian utama mikrometer ditunjukkan pada Gambar 7-5.



Gambar 7-5: Nama Bagian-bagian Utama Mikrometer

(1) Cara Pengukuran dengan Mikrometer

- 1) Bersihkan permukaan ukur dan keliling landasan dan spindel dengan kain bersih.
- 2) Periksa titik nol mikrometer.
- 3) Jepit objek yang akan diukur diantara landasan dan spindel, putar bidal searah jarum jam, dan gunakan kenop umpan untuk pengencangan akhir.
- 4) Ratchet stop pada kenop umpan akan berputar bebas ketika gaya penjepitan mencapai batas tertentu.
- 5) Satu putaran bidal menghasilkan gerak spindel sebesar 0,5 mm. Karena ada 50 garis skala untuk 1 putaran bidal, maka nilai skala terkecilnya adalah 0,01 mm.
- 6) Garis skala pada selongsong ditandai secara bergantian setiap 0,5 mm diatas dan dibawah garis acuan.
 - Jika hanya garis bagian atas yang terlihat, maka berada dalam rentang 0-0,5 mm.
 - Jika garis bagian bawah juga terlihat, maka berada dalam rentang 0,5-0,99 mm.

(2) Cara Membaca Mikrometer

Kita jelaskan dengan menggunakan Gambar 7-6 sebagai contoh.

- 1) Jepit objek yang akan diukur diantara landasan dan spindel, lalu putar kenop umpan hingga berputar bebas.
- 2) Baca skala pada selongsong yang berada di batas dengan bidal, dan perhatikan apakah skala tersebut berada diatas atau dibawah garis acuan.



Gambar 7-6: Cara Membaca Mikrometer

⇒ Pada gambar kanan, skala atas pada selongsong terlihat sampai 8 mm, dan skala bawah 8,5 juga terlihat, sehingga nilainya diantara 8,5–8,99 mm.

- 3) Baca nilai bidal terhadap garis acuan.

⇒ Terbaca 18.

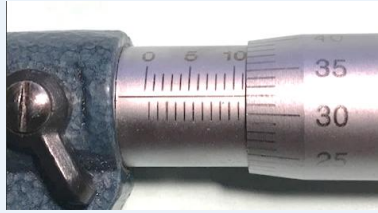
- 4) Karena garis selongsong yang berdekatan dengan bidal juga terlihat dibawah garis acuan, maka nilai pengukuran adalah nilai bidal ditambah "0,5 mm".

⇒ Nilai pengukuran: $8 + 0,5 + 18/100 = 8,68 \text{ mm}$.



Soal Latihan 7-3

- Berapakah nilai pembacaan mikrometer berikut?



Penjelasan

- 1) Skala selongsong terbaca sampai angka 11.
- 2) Garis skala dibawah garis acuan pada selongsong tidak terlihat.
- 3) Nilai bacaan pada bidal adalah 32.
- 4) Jadi, nilai dimensinya adalah $11 + 0,32 = 11,32 \text{ mm}$.



6.3 Alat Ukur Lainnya



(1) Perangkat Ukur Dial

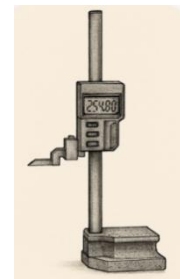
- Alat ukur yang secara mekanis memperbesar perpindahan batang pengukur (plunger), dan menampilkan melalui jarum penunjuk yang berputar pada skala analog berbentuk lingkaran.
- Untuk tipe presisi tinggi, pengukuran hingga 0,001 mm dapat dilakukan.
- Cocok untuk mengukur penyimpangan putaran benda, kerataan hasil pengerjaan, dan dimensi yang sama secara berulang.



Gambar 7-7: Perangkat Ukur Dial

(2) Perangkat Ukur Ketinggian

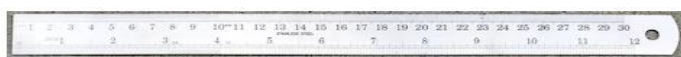
- Alat ukur untuk mengukur ketinggian, tersedia dalam tipe vernier dan dial.
- Presisinya lebih tinggi dari jangka sorong, tetapi tak dapat mengukur kedalaman lubang.
- Ujung pengukur digunakan untuk menandai dimensi produk yang diperlukan.



Gambar 7-8: Perangkat Ukur Ketinggian

(3) Penggaris Logam

- Mistar logam dengan ujung skala sebagai titik awal pengukuran.
- Dimensi nominalnya 150-2.000 mm, dengan jarak skala 1 mm (pada sebagian tipe: 0,5 mm).
- Skala pada penggaris logam dan jangka sorong harus dibaca dari arah atas (tak boleh arah miring).



Gambar 7-9: Penggaris Logam (30 cm)



Gambar 7-10: Pembesaran (pitch: 0,5 mm)

(4) Meja Rata

- Meja rata memang bukan alat ukur, tetapi pada umumnya digunakan sebagai bidang acuan (bidang horizontal) untuk melakukan pengerjaan, perakitan, pemeriksaan, dsb pada mesin atau peralatan.
- Diperlukan presisi kerataan permukaan yang tinggi, dimana ketentuan presisi ditetapkan dalam JIS.



6.4 Tester / Circuit Tester, Multimeter



Instrumen untuk mengukur besaran listrik seperti tegangan DC, arus DC, tegangan AC dan resistansi.

- Tester digital disebut multimeter, yang berbeda dengan tester analog.
- Beberapa multimeter digital dapat mengukur arus AC.



Gambar 7-11: Tester



Lihat tepat dari atas agar jarum penunjuk dan bayangannya di cermin berimpit. Bagian atas cermin menunjukkan skala resistansi. Sedangkan bagian bawah menunjukkan skala tegangan AC, DC, dan arus DC.

Gambar 7-12: Skala Tester

(1) Metode Pengukuran

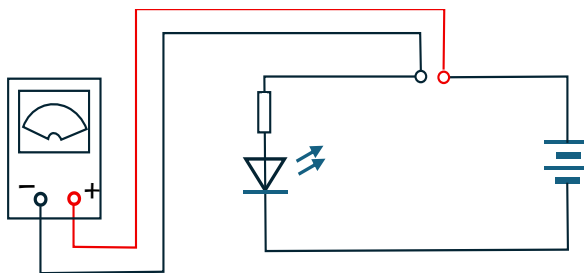
- 1) Masukkan kabel uji merah ke terminal (+) dan kabel uji hitam ke terminal (-).
- 2) Atur rentang pengukuran ke nilai yang lebih besar dari perkiraan. Untuk pengukuran resistansi, lakukan penyetelan titik nol.
- 3) Tempelkan probe penguji pada bagian yang diukur. Jangan memegang probe dengan jari.
- 4) Atur kenop pada rentang pengukuran, dan baca nilai jarum pada skala.
- 5) Untuk multimeter, baca langsung nilai digital yang ditampilkan.





(2) Poin-poin Perhatian dalam Pengukuran

- Untuk menghindari kerusakan akibat tegangan/arus terlalu besar, pada saat nilai ukur tak bisa diprediksi, lakukan pengukuran dari **rentang maksimum**.
- Untuk pengukuran resistansi, lakukan **penyetelan titik nol** untuk setiap rentang.
- **Saat mengukur arus**, sambungkan secara seri (lihat Gambar 7-13).



Perhatikan polaritas dan sambungkan secara seri. Hubungkan terminal (+) tester ke kutub (+) catudaya, dan terminal (-) tester ke kutub (-) catudaya.

Gambar 7-13: Pengukuran Arus Listrik



Soal Latihan 7-4

- Rentang pengukuran alat ukur berikut menunjukkan tegangan AC, tegangan DC, arus, atau resistansi?
Dan berapa nilainya?

1)



2)





- 1) Rentang pengukuran adalah DC 30mA. Berarti arus DC dengan batas maksimum 30 mA. Karena jarum menunjukkan 130 pada skala penuh 300, maka nilainya: $130/300 \times 30 = 13 \text{ mA}$
- 2) Rentang pengukuran adalah rentang Ω dengan faktor pengali $\times 10$. Nilai skala menunjukkan 18 pada skala resistansi paling atas, sehingga: $18 \times 10 = 180 \Omega$.

6.5 Osiloskop / Digital Storage Oscilloscope

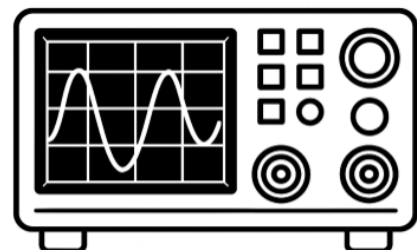
Osiloskop adalah alat ukur untuk menampilkan dan mengamati perubahan sinyal listrik terhadap waktu pada layar. Merupakan alat yang sangat penting untuk merancang, membuat atau memperbaiki peralatan elektronik.

Saat ini, yang umum digunakan adalah tipe digital. Sinyal yang diukur diambil sampel, dikonversi menjadi nilai digital dan ditampilkan. Selain itu, juga dicatat kedalam memori.

(1) Fitur Utama Osiloskop

Memiliki berbagai fitur seperti:

- Mengukur besaran seperti tegangan dan arus.
- Mengamati karakteristik naiknya sinyal.
- Mengamati frekuensi sinyal.
- Mengamati sinyal abnormal, seperti derau.
- Mengukur selisih fasa dan waktu beberapa sinyal.



Gambar 7-14: Osiloskop



(2) Cara Membaca Osiloskop

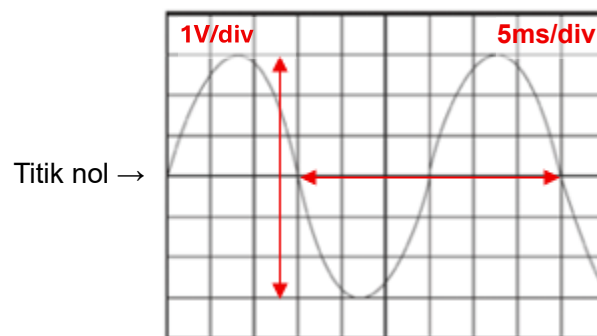


Osiloskop memiliki fitur yang lebih canggih dibanding tester, sehingga pengoperasiannya juga lebih sulit.

- **Sumbu vertikal:** Sumbu vertikal dibagi menjadi 8 bagian, dengan besaran yang ditampilkan sesuai nilai tegangan per kotak grid (V/div).
- **Sumbu horizontal:** Sumbu horizontal dibagi menjadi 10 bagian, dengan besaran yang ditampilkan sesuai nilai waktu per kotak grid (detik/div). Gunakan grid tersebut untuk membaca amplitudo suatu bentuk gelombang dan nilai numeriknya.



Contoh



Gambar 7-15: Bentuk Gelombang pada Osiloskop

Jika rentang sumbu vertikal 1 V/div, maka selisih nilai maksimum dan minimum adalah 6 skala, dengan garis tengah sebagai pusat. Nilai maksimum adalah setengah dari selisih tersebut: $6 \times 1 \text{ V} \div 2 = 3 \text{ V}$.

Sumbu horizontal adalah sumbu waktu, dan jika 1 kotak = 5 ms/div, maka 1 siklus untuk kembali melewati titik nol dari atas ke bawah memerlukan 6 kotak, sehingga durasi 1 siklus = $6 \times 5 \text{ ms} = 30 \text{ ms}$.





Keterangan Tambahan 7-1

Karakteristik Kinerja Osiloskop

1) Jumlah saluran masukan	Berapa banyak sinyal yang dapat diamati bersamaan
2) Lebar pita frekuensi	Seberapa cepat sinyal yang dapat diamati?
3) Laju pengambilan sampel	Kecepatan konversi A/D data per detik
4) Ukuran memori	Jika memori tidak cukup, sinyal tak dapat direproduksi dengan benar ⇒ Penting untuk memaksimalkan kinerja laju pengambilan sampel



Soal Latihan 7-5

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Jangka sorong memiliki ketelitian pembacaan minimum 0,05 mm.
- 2) () Jika garis acuan mikrometer berada di tengah-tengah garis skala selongsong, pembacaan dapat dilakukan hingga 0,01 mm.
- 3) () Untuk mengukur resistansi dengan tester, cukup lakukan penyetelan titik nol di awal.





- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Jika garis acuan berada diantara garis skala bidal, boleh diperkirakan secara kasar dengan mata.

Jawaban: A

- 3) Setiap kali rentang pengukuran diubah, penyetelan titik nol harus dilakukan kembali.

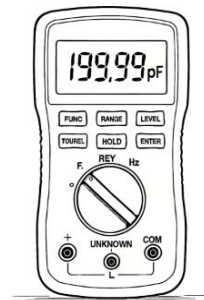
Jawaban: B

6.6 Alat Ukur Listrik Lainnya

(1) LCR-meter

Alat ukur untuk mengukur nilai kapasitor, induktor, resistor atau impedansi pada rangkaian elektronik.

- Untuk pengukuran L (induktansi), C (kapasitansi) dan R (resistansi) digunakan metode sirkuit jembatan, namun pengukuran impedansi sulit dan memerlukan keahlian.
- LCR-meter menggunakan metode sirkuit jembatan kesetimbangan otomatis, dan dengan mendigitalkan pengukuran tegangan, arus dan beda fasa serta melakukan perhitungan yang sesuai, pengukuran LCR dan impedansi menjadi lebih mudah.

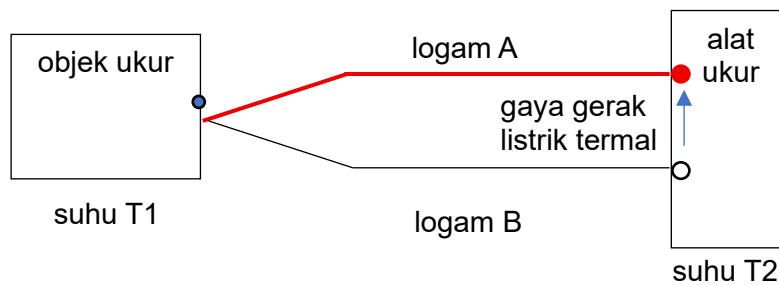


Gambar 7-16
LCR-meter



(2) Termometer Termokopel

Termokopel adalah sensor untuk menentukan suhu objek ukur T_1 berdasarkan perbedaan gaya gerak listrik termal yang timbul akibat perbedaan suhu ($T_2 - T_1$) di kedua ujung logam yang jenisnya berbeda. Dapat digunakan untuk pengukuran pada rentang suhu yang luas (dari suhu di bawah nol hingga lebih dari 1000°C).



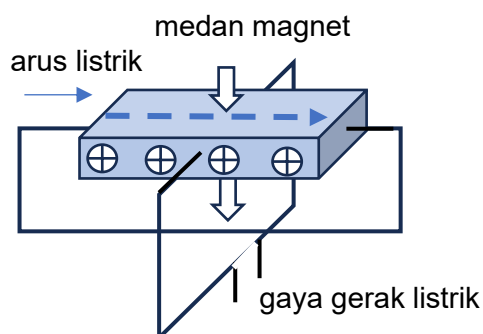
Gambar 7-17: Prinsip Termokopel

(3) Luksmeter

Instrumen untuk mengukur iluminasi cahaya dan sumber cahaya penerangan menggunakan elemen yang mengubah cahaya menjadi sinyal listrik (fotodiode).

(4) Gaussmeter

Instrumen yang menggunakan elemen Hall untuk mengukur densitas fluks magnetik pada magnet dan bahan magnetik. Elemen Hall adalah sensor yang memanfaatkan efek Hall, yaitu munculnya gaya gerak listrik pada arah tegak lurus terhadap arus listrik dan medan magnet pada saat medan magnet diberikan tegak lurus terhadap arus listrik yang mengalir pada suatu bahan.



Gambar 7-18: Efek Hall



Keterangan Tambahan 7-2

Komponen pasif yang digunakan dalam rangkaian listrik dan elektronik

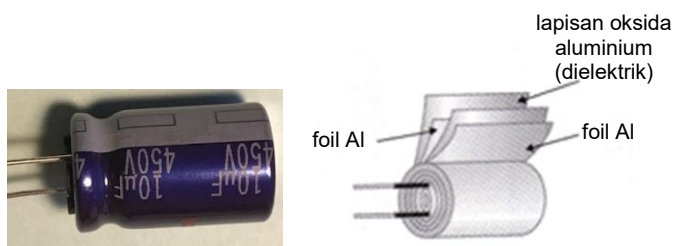
(komponen yang mengonsumsi, menyimpan, atau melepaskan energi yang disuplai dari luar)

Tabel 7-7: Komponen Elektronik Pasif

	Kategori Komponen	Komponen Utama
1	Resistor	Resistor film karbon, resistor film oksida logam, resistor kawat lilit, resistor chip, resistor variabel, resistor semi-variabel
2	Kapasitor	Kapasitor elektrolit, kapasitor keramik, kapasitor chip multilapis, kapasitor variabel
3	Induktor	Kumparan kawat lilit, induktor multilapis, induktor film tipis
4	Lainnya	Termistor, elemen piezoelektrik, kristal osilator

Kapasitor adalah komponen yang memiliki bahan dielektrik diantara 2 pelat logam.

Induktor adalah komponen dimana kawat listrik dililitkan disekitar bahan magnetik atau sejenisnya.



Struktur internal kapasitor elektrolit aluminium



Bab 8 Pemesinan dan Penyelesaian Permukaan

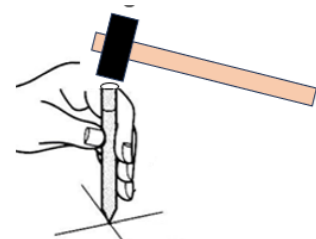
1. Pemesinan (Pengerjaan Panel Kontrol)

1.1 Pengukuran dan Penandaan Dimensi

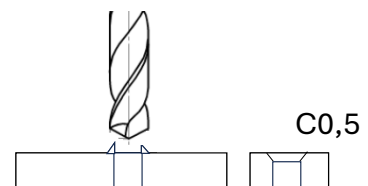
- 1) Jika posisi pemasangan komponen telah ditentukan, ukur garis tengah alat pemasangan dari permukaan acuan dan tandai garis tengah tersebut.
- 2) Selanjutnya, tandai lubang pemasangan alat. Jangan gunakan jarum penanda dari awal, tetapi gunakan pensil yang dapat dihapus agar memungkinkan koreksi.
- 3) Setelah ditandai, tempatkan alat pada posisi yang sebenarnya dan periksa apakah tidak ada kesalahan posisi atau lubang.

1.2 Pengeboran

- 1) Buat tanda titik dengan pukulan penitik tepat pada titik tengah lubang yang telah ditandai. Jangan dipukul 2 kali. Atau, gunakan penitik otomatis.
- 2) Lubang dibor menggunakan bor listrik. Untuk membuat lubang besar untuk alat ukur atau tombol tekan, gunakan gergaji lubang.
- 3) Menghilangkan gerigi potong (beram). Gunakan alat khusus penghilang beram, atau bor yang lebih besar dari diameter lubang, untuk membuat tepi miring/*chamfer* (C) sekitar 0,5 mm. Perlu berhati-hati agar tidak cedera akibat gerigi potong (beram).
- 4) Untuk membuat lubang besar dengan diameter 10 mm atau lebih, jangan langsung dibor karena lubang bisa berubah bentuk, dan untuk itu buat lubang pilot terlebih dahulu, baru kemudian lakukan pengeboran.



Gambar 8-1: Cara Memukul Penitik



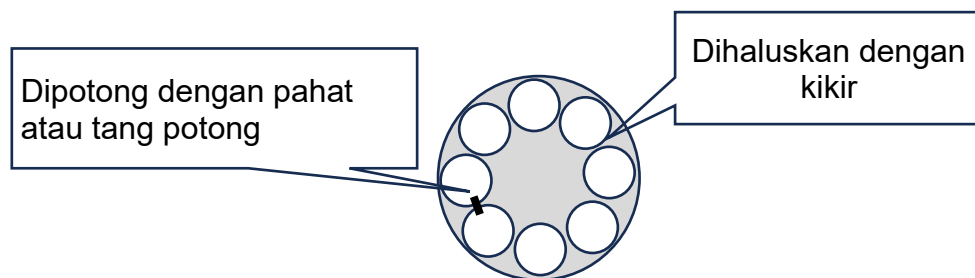
Gambar 8-2: Menghilangkan Gerigi Potong



1.3 Metode Pengeboran Lubang untuk Pemasangan Instrumen dan Alat



- 1) Untuk lubang besar yang tak dapat dibuat dengan gergaji lubang, serta lubang persegi dsb, tandai terlebih dahulu ukuran lubang. Kemudian, dengan bor listrik, buat beberapa lubang kecil didalamnya, tetapi jangan sampai saling menyambung.
- 2) Potong bagian yang menghubungkan lubang-lubang yang telah dibor, menggunakan pahat atau tang potong yang kuat.
- 3) Haluskan lubang menggunakan kikir setengah bulat agar sesuai ukuran lubang yang telah ditandai.



Gambar 8-3: Cara Membuat Lubang Besar

1.4 Pengetapan (Tapping)



Istilah

Tapping: Proses pemesinan untuk membuat lubang berulir (ulir dalam) pada pelat logam atau benda kerja. Karena menggunakan alat yang disebut tap, proses ini disebut “tapping”, juga dikenal sebagai “membuat ulir dalam” atau “penguliran”. Sekrup yang memiliki fungsi tap pada ulirnya sendiri disebut sekrup swa-ulir. (lihat Tabel 7-2)

Saat memasang alat, jika lubang pemasangan terlebih dahulu dibuatkan ulir dalam, pekerjaan dapat dilakukan hanya dari sisi depan.

(1) Melakukan Pengetapan

- Membuat ulir dengan tap.
- Menggunakan sekrup swa-ulir
- Tanpa membuat ulir dengan tap, pasang terlebih dahulu rel standar DIN.





(2) Prosedur Pengetapan dan Pembuatan Ulir (secara manual)

- 1) Tandai posisi tempat ulir akan dibuat.
(Gunakan jarum penanda pada Tabel 7-4 atau perangkat ukur ketinggian pada Gambar 7-8)
- 2) Memukul pahat penitik. (lihat Gambar 8-1)
- 3) Buat titik tengah lubang ulir menggunakan mata bor pusat.
- 4) Buat lubang pilot. (Dengan mesin bor duduk, buat lubang 80–85% dari ukuran diameter ulir, sesuai Tabel 8-1)
- 5) Berikan minyak potong.
- 6) Tegakkan tap No. 1 (tap awal) **secara vertikal**, kemudian sambil menekan, putar tap untuk membentuk ulir. Boleh juga memanfaatkan cekam (penjepit) pada bor duduk. (lihat Gambar 8-4)
- 7) Putar gagang tap 1 putaran, kemudian putar balik 1/2 putaran. Ulangi gerakan untuk membuat ulir.
- 8) Untuk pelat tipis, proses pengetapan dapat diselesaikan hanya dengan tap awal. Namun untuk lubang lebih dalam, lanjutkan pembuatan ulir secara berurutan dengan No. 2 (tap tengah) dan No. 3 (tap akhir) hingga terbentuk ulir penuh. (lihat Gambar 8-4)

- Sekrup swa-ulir memiliki 2 fungsi sekaligus: membuat ulir dan mengencangkan sambungan. Diameter lubang pilot sangat penting.
- Lubang pilot berbeda-beda tergantung ketebalan, jenis material dan bentuk pelat, jadi lubang perlu dibuat sesuai diameter lubang pilot yang telah ditentukan. Diameter lubang pilot secara rinci ditentukan dalam JIS B1004.



Gambar 8-4:
Pembuatan Ulir



Soal Latihan 8-1

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Untuk menjaga tap tetap tegak lurus, boleh memanfaatkan mesin bor duduk
- 2) () Jika tap terasa keras dan tak mau berputar, diputar dengan menambah tenaga



Penjelasan

- 1) Pembuatan ulir secara manual dengan menjaga tap tetap tegak membutuhkan keterampilan, sehingga lebih mudah jika tap dipasang pada mesin bor duduk.

Jawaban: A

- 2) Ada risiko tap bisa patah. Pembuatan ulir dilakukan sambil berulang kali memberikan minyak potong.

Jawaban: B



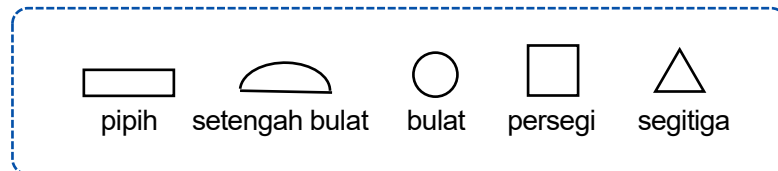
2. Penyelesaian



2.1 Penyelesaian Permukaan dengan Kikir Logam

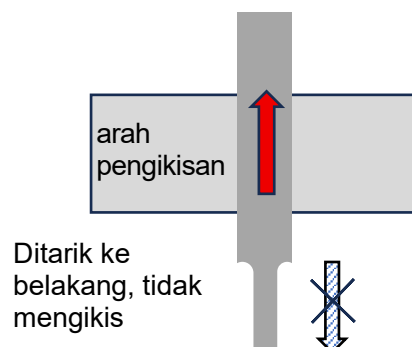
Kikir besi digunakan terutama untuk penyelesaian permukaan secara manual pada material logam seperti besi, baja tahan karat dan aluminium.

- Bentuknya pada umumnya terdiri dari 5 jenis, yaitu pipih, setengah bulat, bulat, persegi dan segitiga.



Gambar 8-5: Bentuk-bentuk Kikir Besi

- Bentuk pipih adalah yang paling umum dan serbaguna, sehingga digunakan untuk berbagai jenis pengerjaan seperti perataan permukaan.
- Bentuk bulat cocok untuk menghaluskan permukaan lengkung; bentuk 1/2 bulat untuk pengerjaan permukaan lengkung atau menghaluskan material berbentuk silinder; bentuk persegi untuk menghaluskan alur atau meratakan bidang; dan bentuk segitiga cocok untuk pengerjaan atau penghalusan bagian yang lebih lancip daripada yang dapat dikerjakan dengan kikir segiempat.
- Pola gerigi kikir ada beberapa jenis, antara lain pola tunggal, pola ganda, pola bergelombang, pola kasar.
- Pada kikir dengan pola tunggal, gerigi bagian atas dipotong hanya dalam satu arah dengan kemiringan sekitar 65–85° terhadap sisi kikir. Hasil potongannya lebih rapi, sehingga umum digunakan untuk penyelesaian permukaan logam.
- Cara menggunakan kikir
Gerigi kikir hanya mengikis jika didorong ke depan, sehingga saat ditarik ke belakang, kikir tidak akan mengikis. Berikan tekanan hanya saat menggerakkan ke arah mendorong.



Gambar 8-6: Pengikisan Kikir



2.2 Penyelesaian dengan Kikir Set



Set kikir adalah kikir yang digunakan untuk menyelesaikan bagian-bagian halus secara manual setelah proses pemesinan.

- Lebih kecil dari kikir logam, dan tersedia dalam banyak jenis, dengan 12 bentuk penampang berbeda.
- Set kikir tersedia dalam 4 jenis: set 5 batang, set 8 batang, set 10 batang dan set 12 batang.



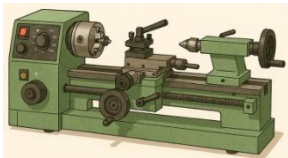
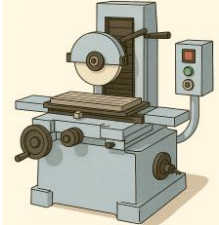
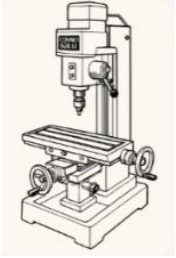
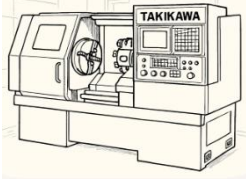
Gambar 8-7: Set Kikir



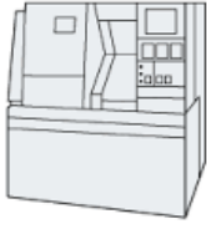
3. Mesin Pemroses Utama dan Penggunaannya



Tabel 8-1: Mesin-mesin Pemrosesan Utama

	Nama Mesin	Foto	Penggunaan/Karakteristik
1	Bor Listrik Electric drill		Mata bor dipasang pada cekam (penjepit) untuk membuat lubang, atau bit dipasang untuk mengencangkan sekrup. Bukan alat untuk melakukan pemotongan.
2	Bor Duduk Drilling machine		Mesin khusus pengeboran dimana bahan dipasang pada meja berbentuk datar, dan pengerjaan dilakukan dengan memutar bor atau penghalus lubang yang dipasang pada cekam (penjepit).
3	Mesin Bubut Lathe		Mesin perkakas dimana benda kerja yang dipasang pada cekam (penjepit) diputar, dan dilakukan proses pemotongan menggunakan pahat potong. Sangat serbaguna untuk berbagai pengerjaan, seperti pemesian diameter luar, diameter dalam, pembuatan alur, dan pembuatan ulir.
4	Mesin Gerinda Grinding machine		Mesin perkakas dimana batu gerinda yang berputar dengan kecepatan tinggi disentuhkan secara bertahap pada benda kerja, seperti logam, untuk mengikis permukaan dan melakukan penyelesaian permukaan. Yang berukuran kecil disebut "Grinder".
5	Mesin Frais Milling machine		Mesin dimana logam atau sejenisnya dipasang pada meja dan dipotong dengan gerakan maju-mundur dan kiri-kanan menggunakan pahat potong yang berputar, untuk membuat permukaan datar, alur atau pola undakan. Juga disebut "mesin milling".
6	Mesin NC Numerical Control Machine		Merujuk pada mesin perkakas yang melakukan pemotongan dengan kontrol komputer. NC singkatan dari Numerical Control, yang dapat diterjemahkan "kontrol numerik".



	Nama Mesin	Foto	Penggunaan/Karakteristik
7	Pusat Pemesinan Machining center		Pusat pemesinan berbeda dengan mesin NC, terutama karena dilengkapi fungsi penggantian pahat potong secara otomatis berdasarkan kontrol komputer. Memungkinkan proses persiapan yang efisien ataupun pengoperasian tanpa tenaga manusia.



Hal-hal yang perlu diperhatikan

Penggunaan sarung tangan katun dilarang saat menggunakan mesin bor duduk dan sejenisnya.



Istilah

Pahat potong: Istilah umum untuk semua alat potong yang digunakan saat pengerjaan benda kerja pada mesin bubut. Secara umum, ada 2 jenis pahat potong: **pahat pateri** yang digunakan dengan mengasah ujungnya, dan **pahat sekali pakai** yang digunakan dengan mengganti ujungnya.

Frais ujung: Alat potong yang memotong benda kerja menggunakan gigi sisi luar dan gigi dasar. Alat ini dipasang pada pusat pemesinan atau mesin frais, dan digerakkan dalam 3D untuk memproses permukaan datar, vertikal atau lengkung.

Bor: Alat untuk membuat lubang. Memotong menggunakan ujung mata bor. Sudut mata potongnya adalah 118°

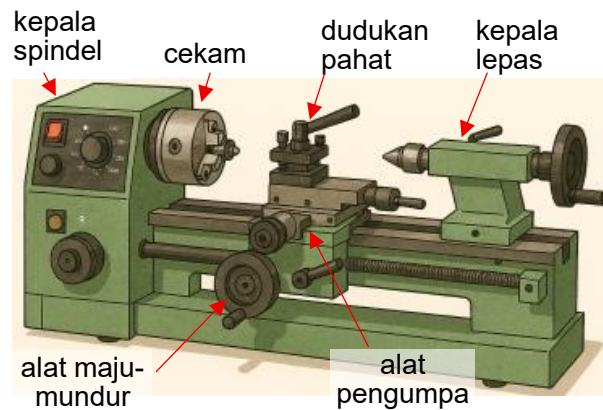


Gambar 8-8:
Pahat Potong



Gambar 8-9: Mata
Frais Ujung

3.1 Mesin Bubut



Gambar 8-10: Struktur Mesin Bubut

Mesin bubut adalah alat yang memutar benda kerja yang dijepit pada cekam (penjepit) untuk dikerjakan. Pahat potong dipasang pada Dudukan pahat, dan digunakan untuk memotong dengan alat pengumpan yang dapat bergerak dengan ketelitian 0,01 mm.



Soal Latihan 8-2

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Mesin bubut memproses benda kerja dengan memutarnya.
- 2) () Ulir tidak dapat dibuat dengan mesin bubut.
- 3) () Gambar pemesinan untuk mesin bubut sebaiknya dibuat sedemikian rupa permukaan yang diproses berada di sisi kiri.





- 1) Benda kerja dipasang pada cekam dan diputar sambil dikerjakan dengan proses pembubutan.

Jawaban: A

- 2) Pembuatan ulir dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putar dan pengumpanan.

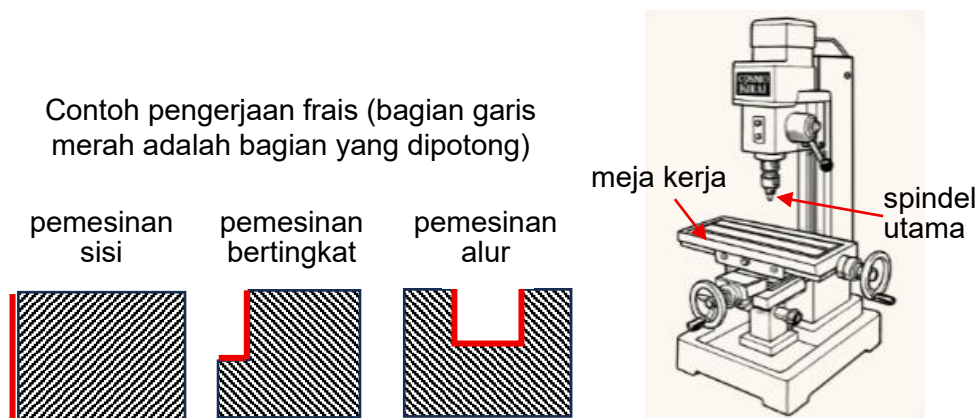
Jawaban: B

- 3) Karena mesin bubut menjepit benda kerja di sisi kiri, maka sebaiknya gambar kerja dibuat dengan permukaan yang diproses berada di sisi kanan.

Jawaban: B

3.2 Mesin Frais

Pada mesin frais, end-mill dipasang pada spindel yang berputar, kemudian benda kerja yang dipasang di meja digerakkan maju-mundur dan kiri-kanan untuk dilakukan proses pemotongan.



Gambar 8-11: Mesin Frais dan Contoh Pemesinan





Soal Latihan 8-3

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Mesin bubut memiliki pahat yang berputar dan cocok untuk pemesian permukaan datar dan alur.
- 2) () Pusat pemesian adalah salah satu jenis mesin NC.
- 3) () Jika pada sumbu meja kerja dipasang perangkat penghilang backlash, goyangan akan berkurang.



Penjelasan

- 1) Pada mesin bubut, pahat diam tidak berputar, tetapi benda kerjanya yang berputar. Yang dalam pemrosesan menggunakan pahat yang berputar itu mesin frais.

Jawaban: B

- 2) Mesin NC adalah istilah umum untuk mesin perkakas yang melakukan pemesian dengan kontrol komputer. Jenisnya antara lain “mesin bubut NC”, “mesin frais NC”, dan “pusat pemesian”.

Jawaban: A

- 3) Perangkat penghilang backlash berfungsi mengurangi getaran pada putaran poros meja kerja, untuk memastikan putaran meja kerja yang mulus dan berpresisi tinggi.

Jawaban: A





Soal Latihan 8-4

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () (A) adalah produk hasil pengerjaan mesin bubut
- 2) () (B) adalah produk hasil pengerjaan mesin frais
- 3) () (C) adalah produk hasil pengerjaan pusat pemesian



(A)



(B)



(C)



Penjelasan

- 1) A adalah flensa. Dibuat dengan mesin bubut. Lubang bautnya dibuat menggunakan pusat pemesian atau bor meja.

Jawaban: A

- 2) B adalah pin kerucut. Dibuat dengan mesin bubut atau pusat pemesian. Bukan hasil pengerjaan mesin frais.

Jawaban: B

- 3) Lingkaran dalam dan luar dikerjakan dengan mesin bubut, tetapi pembuatan lubang-lubang dengan jarak sama adalah keahlian pusat pemesian.

Jawaban: A





Bab 9 Teori Dasar Listrik dan Elektronik

1. Teori Listrik

1.1 Dasar-dasar

(1) Listrik

Listrik adalah energi yang dihasilkan oleh pergerakan elektron.

(2) Arus listrik

Aliran listrik beserta besarannya disebut arus listrik. Satuannya adalah [A] (ampere).

(3) Tegangan

Gaya yang digunakan oleh sumber listrik untuk mengalirkan arus listrik disebut tegangan. Satuannya adalah [V] (volt).

(4) Daya Listrik

Besaran yang menunjukkan seberapa banyak energi listrik yang digunakan per satuan waktu. Satuannya adalah [W] (watt). Energi listrik dihitung dengan mengalikan arus dan tegangan.

(5) Energi Listrik

Menunjukkan jumlah total energi listrik yang dikonsumsi atau dihasilkan selama periode waktu tertentu. Hasil perkalian antara daya, yaitu energi listrik per satuan waktu, dan waktu. Satuannya adalah [Wh] (watt-jam).



1.2 Ilmu Elektromagnetik



(1) Hukum Coulomb

Sumber terjadinya listrik adalah muatan listrik. Muatan listrik adalah benda yang membawa listrik, dan ada 2 jenis: muatan positif dan muatan negatif. Antar muatan dengan tanda yang sama, seperti antara dua muatan positif maupun dua muatan negatif, terdapat gaya tolak-menolak, sedangkan antar muatan dengan tanda yang berbeda terdapat gaya tarik-menarik.

Gaya tersebut disebut “gaya Coulomb”, dan dinyatakan dengan rumus berikut: Ini disebut hukum Coulomb.

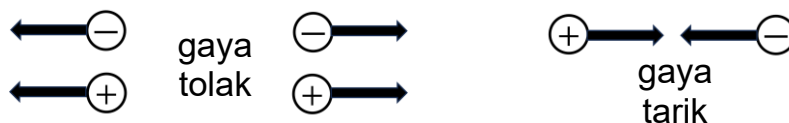
$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \text{ [N]}$$

q_1, q_2 : jumlah muatan listrik masing-masing muatan

[C], r : jarak antara masing-masing muatan [m]

ϵ_0 : permitivitas vakum

Ilustrasinya seperti pada Gambar 9-1.



Gambar 9-1: Gaya Coulomb

(2) Medan listrik

Ruang yang terbentuk di sekitar muatan listrik, dan menunjukkan area dimana gaya bekerja pada muatan lain. Juga disebut medan listrik.

(3) Konduktor

Bahan yang menghantarkan listrik dengan baik, umumnya merupakan logam. Diantara logam, tembaga dan perak memiliki resistansi rendah dan lebih baik dalam menghantarkan listrik.

(4) Isolator

Bahan-bahan yang hampir tidak menghantarkan listrik, umumnya seperti karet atau plastik.





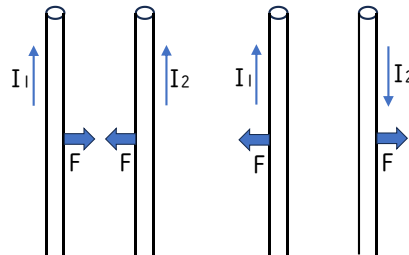
(5) Medan Magnet

Ruang dimana gaya magnet, yang dihasilkan oleh magnet atau arus listrik, bekerja. Pada ruang tersebut, gaya bekerja pada magnet atau bahan magnetik yang lain. Juga disebut medan magnet.

(6) Gaya yang Bekerja pada Arus Listrik

Jika 2 kawat logam yang sangat panjang diletakkan berdampingan dan arus mengalir melalui keduanya, maka akan timbul gaya diantara kedua kawat tersebut. Fakta ini telah diketahui secara eksperimen, yaitu jika 2 arus listrik memiliki arah yang sama, akan timbul gaya tarik. Namun, jika arah arus berlawanan, akan timbul gaya tolak. Gaya ini disebut "gaya Ampere".

Ilustrasinya seperti pada Gambar 9-2.



Gambar 9-2: Gaya Ampere (dinotasikan F)

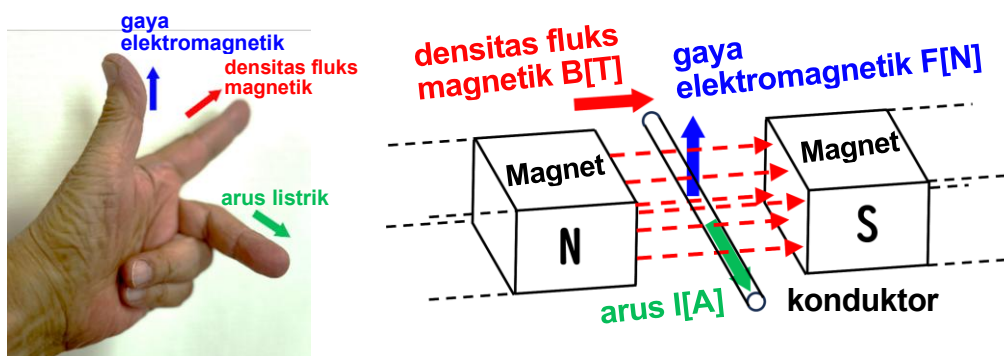


(7) Hukum Tangan Kiri Fleming

Aturan yang menunjukkan arah gaya yang diterima arus listrik didalam medan magnet.

Gunakan jari tangan kiri untuk menunjukkan arah gaya yang diterima konduktor yang dialiri arus listrik didalam medan magnet.

Aturan ini menyatakan, jika ibu jari, jari telunjuk dan jari tengah tangan kiri diposisikan tegak lurus satu sama lain, ibu jari akan menunjukkan arah gaya F , jari telunjuk menunjukkan arah densitas fluks magnetik B , dan jari tengah menunjukkan arah arus I (Gambar 9-3).



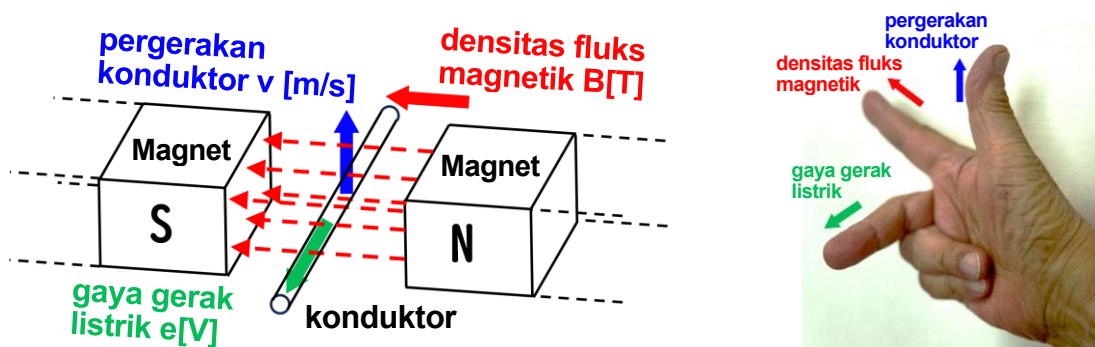
Gambar 9-3: Hukum Tangan Kiri Fleming

Jika arah medan magnet (densitas fluks magnetik) B dan arah arus I ditentukan, maka arah gaya yang diterima konduktor akan dapat ditentukan dari jari tangan kiri. Gaya yang dialami oleh konduktor itu disebut gaya Lorentz.

(8) Hukum Tangan Kanan Fleming

Aturan ini menyatakan arah gaya gerak listrik induksi atau arus induksi saat suatu konduktor bergerak didalam medan magnet.

Saat konduktor bergerak didalam medan magnet, arus akan terinduksi dalam konduktor tersebut, dan fenomena ini dikenal sebagai induksi elektromagnetik. Arah medan magnet, arah gerak konduktor, dan arah arus induksi dapat diwakili oleh jari tangan kanan. Hukum tangan kanan Fleming menyatakan, jika ibu jari, jari telunjuk dan jari tengah tangan kanan diposisikan tegak lurus satu sama lain, ibu jari akan menunjukkan arah gerak konduktor, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet, dan jari tengah menunjukkan arah arus induksi. (Gambar 9-4)



Gambar 9-4: Hukum Tangan Kanan Fleming

Jika arah gerak konduktor dan arah medan magnet ditentukan, maka arah arus induksi akan dapat ditentukan.

Aturan tangan kiri dan hukum tangan kanan Fleming menerangkan fenomena yang berbeda, sehingga penting untuk memahami perbedaannya agar tidak bingung.



Kata Kunci

Gaya gerak listrik: gaya yang dimiliki sumber listrik untuk mempertahankan arus agar tetap mengalir, dan termasuk salah satu jenis tegangan. Satuannya adalah [V] (volt).





Soal Latihan 9-1

■ Tulis A jika benar, dan B jika salah.

- 1) () Hukum tangan kiri Fleming adalah aturan yang menunjukkan arah gaya gerak listrik yang terjadi pada konduktor saat bergerak didalam medan magnet (densitas fluks magnetik).
- 2) () Hukum tangan kiri Fleming adalah aturan yang menunjukkan arah gaya elektromagnetik yang dialami konduktor saat arus listrik mengalir pada konduktor didalam medan magnet (densitas fluks magnetik).



Penjelasan

- 1) Aturan yang menunjukkan arah gaya gerak listrik yang terjadi pada konduktor saat bergerak didalam medan magnet (densitas fluks magnetik) adalah hukum tangan kanan Fleming.

Jawaban: B

- 2) Tepat sesuai kalimat soal, hukum tangan kiri Fleming adalah aturan yang menunjukkan arah gaya elektromagnetik yang dialami konduktor saat arus listrik mengalir pada konduktor didalam medan magnet (densitas fluks magnetik).

Jawaban: A



2. Rangkaian Listrik

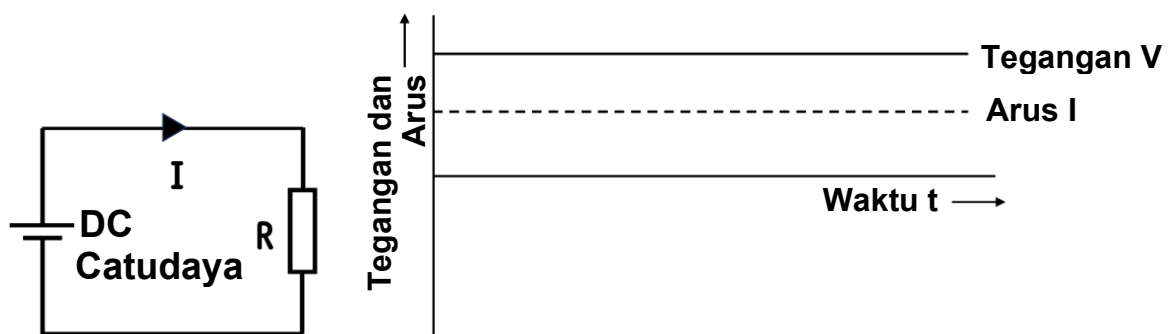


2.1 Dasar-dasar

(1) Rangkaian DC

Arus searah (DC: Direct Current) berarti arah arus listrik selalu sama. Arah dan besarnya tegangan atau arus tidak berubah seiring waktu. Selalu konstan, tak dipengaruhi waktu. Contoh tipikalnya adalah baterai.

Rangkaian baterai dan resistor beserta bentuk gelombang arusnya ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 9-5: Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus pada Rangkaian DC

Dalam rangkaian DC, kumparan (coil) dianggap sebagai hubung singkat dan kapasitor sebagai isolator, sehingga komponen tersebut umumnya tidak digunakan dalam rangkaian DC.

Untuk resistor, kumparan dan kapasitor, penjelasannya akan diberikan pada Bagian 2.2 berikutnya.



(2) Rangkaian AC

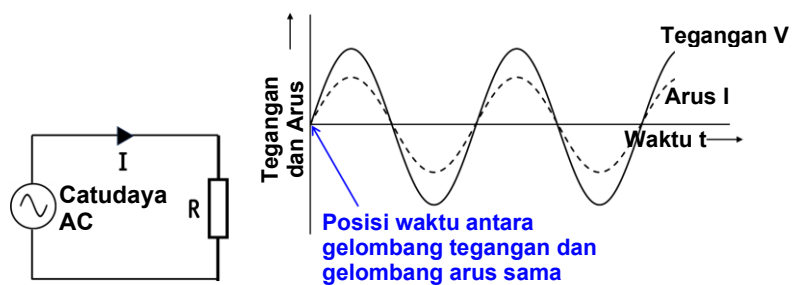
Arus bolak-balik (AC: Alternating Current) berarti arah dan besarnya tegangan atau arus berubah seiring waktu.

Tegangan dan arus berubah secara periodik, dan jumlah perubahan arah dalam 1 detik disebut frekuensi (Hz). Misalnya, frekuensi 60Hz berarti arah tegangan dan arus berubah 60 kali setiap detik. Jepang menggunakan frekuensi 60Hz di wilayah bagian barat dan 50Hz di wilayah bagian timur.

Rangkaian AC dengan resistor R, kumparan L, dan kapasitor C, beserta bentuk gelombang tegangannya dan arusnya, ditunjukkan berikut ini.

1) Rangkaian resistor

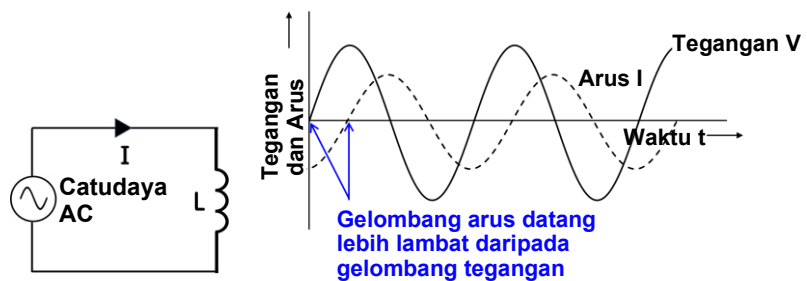
Posisi waktu antara tegangan dan arus sama.



Gambar 9-6: Gelombang Tegangan dan Arus dalam Rangkaian AC (Rangkaian R)

2) Rangkaian kumparan

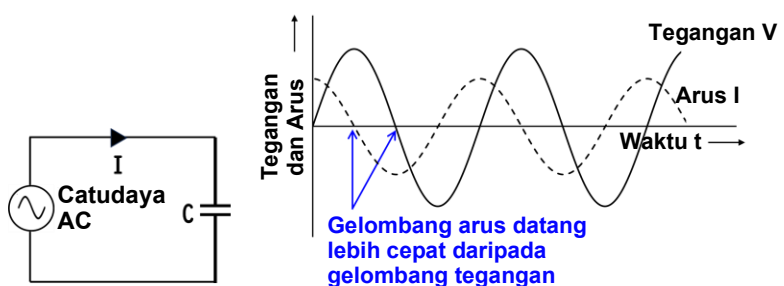
Posisi waktu arus tertinggal dari posisi waktu tegangan.



Gambar 9-7: Gelombang Tegangan dan Arus dalam Rangkaian AC (Rangkaian L)

3) Rangkaian kapasitor

Posisi waktu arus mendahului posisi waktu tegangan.



Gambar 9-8: Gelombang Tegangan dan Arus dalam Rangkaian AC (Rangkaian C)

2.2 Komponen Listrik



(1) Resistor

Resistansi adalah indikator seberapa sulit arus listrik mengalir, dengan satuan $[\Omega]$ (ohm).

Besarnya resistansi ditentukan oleh dimensi bahan dan konstanta khas bahan tersebut, yang disebut resistivitas ρ $[\Omega \cdot \text{m}]$.

Misalnya, untuk kawat logam dengan penampang berbentuk lingkaran, yang menjadi dimensi bahan adalah luas penampang S $[\text{m}^2]$ dan panjang ℓ $[\text{m}]$. Jika resistansi dinotasikan R , maka R dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

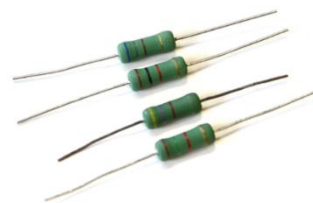
$$R = \rho \frac{\ell}{S} [\Omega]$$

Diantara logam, ada ukuran seberapa rendah resistivitas (resistansi), atau dengan kata lain tingkat kemudahan menghantarkan listrik, yang disebut konduktivitas. Logam dengan konduktivitas tinggi (resistansi rendah), diurut dari yang paling tinggi, adalah perak, tembaga, emas dan aluminium.

Resistor berkaki memiliki kode warna yang menunjukkan nilai resistansinya.



Gambar 9-9: Simbol Resistor



Gambar 9-10: Foto Contoh Resistor

(2) kumparan (koil)

Memiliki struktur berupa kawat listrik yang dililitkan pada bahan inti bermagnet.



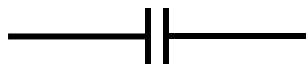
Gambar 9-11: Simbol Kumparan



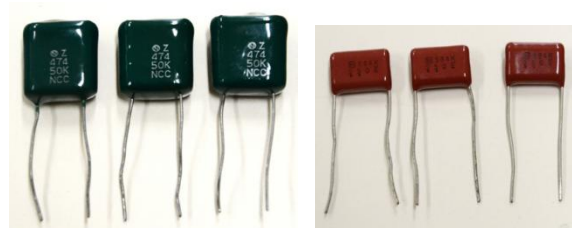
(3) Kapasitor

Komponen listrik yang menyimpan energi listrik, dengan struktur berupa 2 pelat logam atau foil logam yang dipisahkan oleh sebuah bahan isolator.

- Ada berbagai jenis kapasitor, antara lain kapasitor elektrolit aluminium, kapasitor keramik dan kapasitor film.
- Kapasitor elektrolit aluminium adalah kapasitor yang menggunakan foil aluminium sebagai anoda, elektrolit sebagai katoda, dan aluminium oksida sebagai dielektrik. Faktor utama yang menjadi penyebab kerusakan kapasitor adalah suhu, arus listrik dan kondisi penyimpanan.
- Pada rangkaian DC, saat sumber listrik dihubungkan, arus akan mengalir sesaat, tetapi kemudian berhenti mengalir seketika.



Gambar 9-12: Simbol Kapasitor



Gambar 9-13: Contoh Kapasitor (Foto)

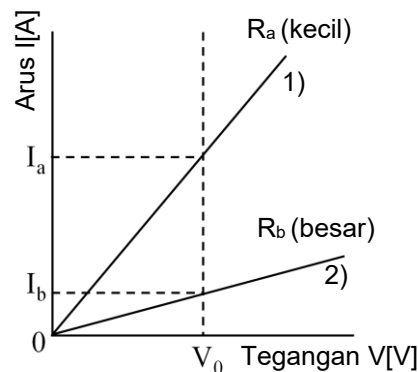
2.3 Perhitungan Rangkaian



(1) Hukum Ohm

Jika tegangan listrik diberikan pada logam, dan sejenisnya, arus listrik akan mengalir.

Jika kita periksa hubungan antara tegangan yang diberikan dan arus yang mengalir, secara umum akan seperti pada Gambar 9-14.



Gambar 9-14: Karakteristik Tegangan-Arus pada Resistor

Kurva garis diatas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut, dengan R_a dan R_b sebagai konstanta:

$$I = V/R_a \text{ atau } I = V/R_b$$

Ini disebut hukum Ohm, dan merupakan salah satu hukum mendasar di bidang teknik listrik dan elektronik.

Konstanta R_a dan R_b adalah resistansi, yang nilainya merupakan kebalikan dari kemiringan garis lurus pada Gambar 9-14.

Seperti terlihat dari rumus, terhadap nilai tegangan yang sama, maka semakin besar resistansi, seperti R_b , arus akan semakin kecil, seperti ditunjukkan oleh garis 2) pada gambar. Sebaliknya, jika resistansi kecil, seperti R_a , arus yang besar akan mengalir, seperti ditunjukkan oleh garis 1).

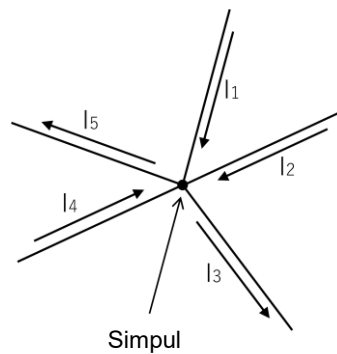


(2) Hukum Pertama Kirchhoff (Hukum Arus Kirchhoff)



Hukum yang berlaku untuk arus yang mengalir ke suatu titik (simpul) yang dipilih secara bebas dalam rangkaian listrik atau elektronik.

"Jumlah arus yang mengalir masuk ke suatu titik sama dengan jumlah arus yang mengalir keluar"



Gambar 9-15: Hukum Pertama Kirchhoff

Pada Gambar 9-15, jika kita terapkan hukum arus Kirchhoff, dengan arus yang mengalir masuk ke simpul ditandai positif dan yang mengalir keluar ditandai negatif, akan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

Secara umum dapat dinyatakan:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

Dan dapat dirapikan sebagai berikut:

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

Ruas kiri adalah total arus yang mengalir masuk, dan ruas kanan adalah total arus yang mengalir keluar.

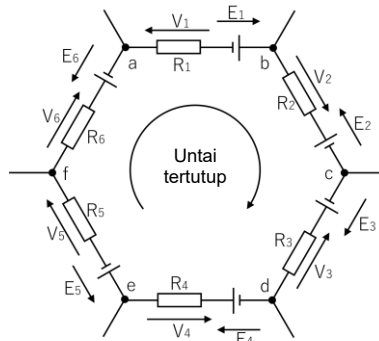
(3) Hukum Kedua Kirchhoff (Hukum Tegangan Kirchhoff)

Hukum dalam rangkaian listrik atau rangkaian elektronik yang menyatakan, pada untai tertutup yang dipilih secara bebas, tegangan akan berada dalam keadaan setimbang.



"Jumlah beda potensial pada setiap cabang (dari simpul ke simpul) yang membentuk untai tertutup adalah nol"

Dalam penerapan hukum ini, misalnya pada Gambar 9-16, beda potensial di setiap cabang dianggap memiliki arah positif jika searah dengan panah pada untai tertutup. Arah yang berlawanan dengan panah untai tertutup dianggap negatif.



Gambar 9-16: Hukum Kedua Kirchhoff

Secara konkretnya, pada rangkaian di Gambar 9-16, jika beda potensial pada setiap cabang diambil searah jarum jam ($a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow a$), akan diperoleh berikut ini:

$$\begin{aligned} V_{ab} &= -V_1 + E_1 \\ V_{bc} &= V_2 + (-E_2) \\ V_{cd} &= -V_3 + E_3 \\ V_{de} &= -V_4 + E_4 \\ V_{ef} &= V_5 + (-E_5) \\ V_{fa} &= V_6 + (-E_6) \end{aligned}$$

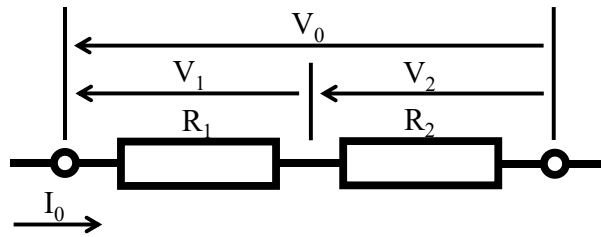
Dengan menjumlahkan masing-masing ruas kiri dan ruas kanan, maka berdasarkan definisi, akan diperoleh hasil berikut:

$$\begin{aligned} V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{de} + V_{ef} + V_{fa} &= 0 \\ (-V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5 + V_6) + (E_1 - E_2 + E_3 + E_4 - E_5 - E_6) &= 0 \end{aligned}$$

Hubungan tersebut secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^n E_k + \sum_{k=1}^n V_k = 0$$

(4) Rangkaian Seri Resistor dan Hukum Pembagian Tegangan



Gambar 9-17: Rangkaian Pembagi Tegangan

Dari Gambar 9-17, persamaan berikut dapat diperoleh dari hukum Ohm.

$$V_1 = R_1 \cdot I_0$$

$$V_2 = R_2 \cdot I_0$$

Berdasarkan hukum kedua Kirchhoff, berlaku hubungan berikut.

$$\begin{aligned} V_0 &= V_1 + V_2 \\ &= R_1 \cdot I_0 + R_2 \cdot I_0 \\ &= (R_1 + R_2) \cdot I_0 \end{aligned}$$

Dari hubungan tersebut, maka berdasarkan hukum Ohm, resistansi gabungan R_0 dari rangkaian seri R_1 dan R_2 dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$R_0 = \frac{V_0}{I_0} = R_1 + R_2$$

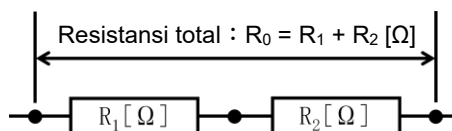
Dari situ, arus dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$I_0 = \frac{V_0}{R_1 + R_2}$$

Sehingga tegangan terminal R_1 dan R_2 diberikan oleh persamaan berikut, yang disebut hukum pembagian tegangan.

$$\begin{aligned} V_1 &= R_1 I_0 = R_1 \frac{V_0}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0 \\ V_2 &= R_2 I_0 = R_2 \frac{V_0}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_0 \end{aligned}$$

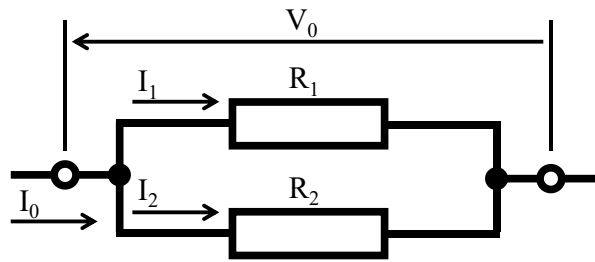
Berdasarkan hasil sejauh ini, nilai resistansi total dari resistor yang dihubungkan seri akan seperti pada Gambar 9-18.



Gambar 9-18: Resistansi Total Resistor pada Rangkaian Seri



(5) Rangkaian Paralel Resistor dan Hukum Pembagian Arus



Gambar 9-19: Rangkaian Pembagi Arus

Dari Gambar 9-19, persamaan berikut dapat diperoleh dari hukum Ohm.

$$I_1 = \frac{V_0}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V_0}{R_2}$$

Berdasarkan hukum pertama Kirchhoff, berlaku hubungan berikut.

$$\begin{aligned} I_0 = I_1 + I_2 &= \frac{V_0}{R_1} + \frac{V_0}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot V_0 \\ &= \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \cdot V_0 \end{aligned}$$

Dari hubungan tersebut, maka berdasarkan hukum Ohm, hambatan gabungan R_0 dari rangkaian paralel R_1 dan R_2 dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$R_0 = \frac{V_0}{I_0} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

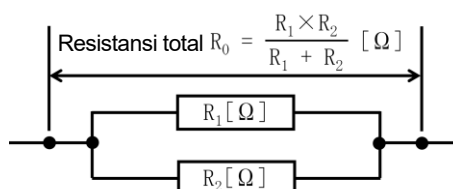
Dari situ, tegangan dapat dinyatakan dengan rumus berikut.

$$V_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0$$

Sehingga arus yang mengalir pada R_1 dan R_2 diberikan oleh persamaan berikut, yang disebut hukum pembagian arus.

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V_0}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \\ I_2 &= \frac{V_0}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil sejauh ini, nilai total resistansi dari resistor yang dihubungkan secara paralel ditunjukkan pada Gambar 9-20.



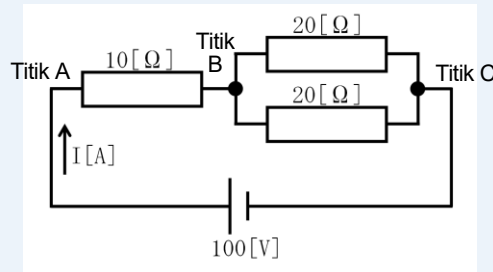
Gambar 9-20: Resistansi Total Resistor pada Rangkaian Paralel





Soal Latihan 9-2

■ Pada diagram rangkaian berikut, pilih nilai arus yang benar dari pilihan A-D.



A. 2[A], B. 5[A], C. 10[A], D. 20[A]



Penjelasan

Resistansi total antara titik B dan C pada bagian paralel adalah $10[\Omega]$, dan karena bagian tersebut terhubung seri dengan resistansi $10[\Omega]$ antara titik A dan B, maka resistansi total antara titik A dan C adalah $20[\Omega]$. Karena antara titik A dan C diberikan tegangan $100[\text{V}]$, maka nilai arusnya $100[\text{V}] \div 20[\Omega]$, yaitu $5[\text{A}]$, sehingga jawaban yang benar adalah (B).

Jawaban: B

(6) Panas Joule

Saat arus mengalir melalui resistor, akan timbul panas. Panas ini disebut panas Joule, dan panas Joule P yang dihasilkan per satuan waktu dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$P = I^2 \times R \text{ [W]} \text{ (} I: \text{ nilai arus, } R: \text{ nilai resistansi)}$$
$$P = \frac{E^2}{R} \text{ [W]} \text{ (} E: \text{ nilai tegangan, } R: \text{ nilai resistansi)}$$

Panas Joule ini sama dengan daya yang dikonsumsi.





Soal Latihan 9-3

■ Tulis A jika benar, dan B jika salah.

- 1) () Ada 1 unit teko listrik dengan nilai resistansi $50[\Omega]$ dan 1 unit lagi $100[\Omega]$. Jika keduanya digunakan pada tegangan 100 V dari stopkontak rumah tangga, teko listrik 50Ω memiliki daya konsumsi yang lebih kecil.
- 2) () Diantara kedua teko listrik pada 1), teko listrik 100Ω dialiri arus lebih kecil.



Penjelasan

- 1) Untuk tegangan yang sama, semakin kecil resistansi, semakin besar konsumsi daya. Rumus konsumsi daya adalah $P = E^2/R$.

Jawaban: B

- 2) Menurut hukum Ohm, untuk tegangan yang sama, semakin besar resistansi, akan semakin kecil arus yang mengalir.

Jawaban: A



3. Rangkaian Elektronik



3.1 Teori Elektron

(1) Semikonduktor

Bahan yang memiliki sifat-sifat diantara "konduktor" yang menghantarkan listrik dan "isolator" yang tidak menghantarkan listrik. Tergantung kondisi, dapat dilakukan kontrol untuk menghantarkan atau tidak menghantarkan listrik.

Semikonduktor diklasifikasikan menjadi semikonduktor intrinsik, tipe-n dan tipe-p.

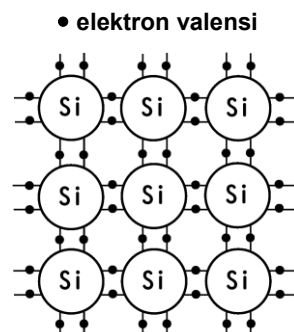
Semikonduktor intrinsik adalah semikonduktor murni yang hampir tidak mengandung pengotor, dan contoh tipikalnya adalah semikonduktor dari unsur tunggal seperti silikon (simbol unsur Si) atau germanium (simbol unsur Ge).

(2) Semikonduktor Intrinsik

Semikonduktor intrinsik memiliki kemampuan menghantarkan listrik yang rendah, sehingga penggunaannya sebagai komponen elektronik menjadi terbatas.

Dengan menambahkan pengotor ke bahan semikonduktor intrinsik, dapat dibuat semikonduktor tipe-n dan tipe-p, sehingga fungsi penghantaran listrik dapat dikontrol.

Pada semikonduktor intrinsik silikon, elektron valensi yang merupakan sumber sifat listrik terikat erat antar atom silikon, sehingga hampir tidak bergerak. Akibatnya, kemampuan menghantarkan listrik menjadi rendah (Gambar 9-21).



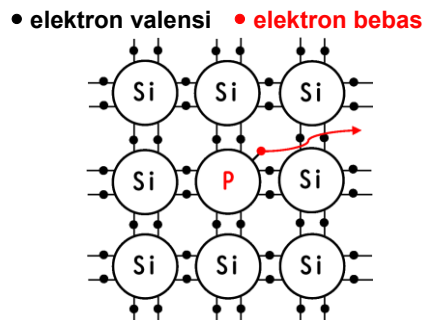
Gambar 9-21: Semikonduktor Intrinsik



(3) Semikonduktor Tipe-n

Bahan pengotor yang memiliki 5 elektron valensi, seperti fosfor (simbol unsur P) dapat ditambahkan ke semikonduktor intrinsik, silikon (4 elektron valensi) (Gambar 9-22). Maka diperoleh apa yang disebut semikonduktor tipe-n.

Satu elektron valensi tambahan dapat bergerak bebas, sehingga daya hantar listrik meningkat. Elektron valensi tambahan ini disebut elektron bebas. Bahan pengotor seperti itu, misalnya fosfor, disebut "donor".

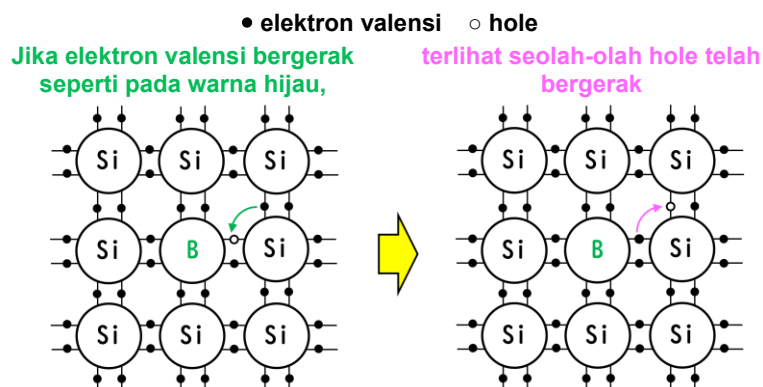


Gambar 9-22: Semikonduktor Tipe-n

(4) Semikonduktor Tipe-p

Suatu pengotor dengan 3 elektron valensi, seperti boron (simbol unsur B), dapat ditambahkan ke semikonduktor intrinsik silikon. Maka diperoleh apa yang disebut semikonduktor tipe-p.

Dalam kondisi tersebut, muncul yang disebut hole, yaitu kekosongan elektron akibat kurangnya 1 elektron. Karena elektron tetangga bergerak ke tempat hole berada, hole terlihat seolah berpindah ke tempat elektron tetangga sebelumnya berada (Gambar 9-23). Bahan pengotor seperti itu, misalnya boron, disebut "akseptor".



Gambar 9-23: Semikonduktor Tipe-p

(5) Pembawa Muatan

Elektron dan hole yang dapat bebas bergerak seperti dijelaskan sebelumnya disebut pembawa muatan, dan dalam semikonduktor, pergerakan pembawa muatan menyebabkan arus listrik mengalir.

(6) Sambungan pn

Permukaan kontak tempat semikonduktor tipe-n dan semikonduktor tipe-p disambungkan disebut sambungan pn.

Tabel 9-1: Perubahan Keadaan Setelah Penyambungan pn

1) Kondisi sebelum disambungkan	
2) Setelah disambungkan Masing-masing pembawa muatan mayoritas (hole pada tipe-p dan elektron bebas pada tipe-n) berkumpul di sekitar permukaan kontak.	
3) Setelah beberapa waktu berjalan Pembawa muatan saling tarik-menarik, kemudian menghilang. Hal ini disebut rekombinasi.	
4) Terbentuk "lapisan deplesi", tempat pembawa muatan tidak ada.	

Pada lapisan deplesi, akseptor bermuatan negatif dan donor bermuatan positif saling berhadapan tanpa ada elektron atau hole di sekitarnya. Akibatnya, terbentuk medan listrik.

Medan listrik tersebut bekerja dalam arah yang menghambat pergerakan elektron atau hole. Jika tidak diberikan medan listrik eksternal, tidak akan ada pergerakan muatan pada bagian sambungan.



Kata Kunci

Elektron valensi: Elektron yang berada pada bagian terluar (kulit terluar) atom, yang terlibat dalam ikatan kimia dengan atom lain maupun ionisasi (fenomena kehilangan atau memperoleh elektron), serta merupakan elektron penting yang menentukan sifat kimia suatu materi. Secara prinsip merujuk pada jumlah elektron pada kulit terluar atom.

3.2 Komponen Elektronik

(1) Dioda

Komponen yang berbasis bahan semikonduktor, dan berfungsi mengalirkan arus listrik hanya dalam satu arah.

Memiliki 2 terminal, yaitu anoda dan katoda. Arah dari anoda ke katoda disebut arah maju, yang merupakan arah arus mengalir, sedangkan pada arah berlawanan, dari katoda ke anoda, arus tidak mengalir.



Gambar 9-24: Simbol Dioda

Ada 4 fungsi utama berikut:

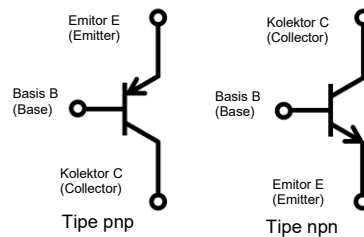
- Fungsi penyearah (mengambil hanya arus arah maju dari arus AC)
- Fungsi deteksi (mengambil sinyal suara dari gelombang radio)
- Kontrol tegangan (memanfaatkan fenomena tembus, seperti pada dioda Zener)
- Konversi arus (memanfaatkan sifat mengubah cahaya menjadi arus, seperti pada sel surya)

(2) Transistor



Komponen elektronik untuk memperkuat sinyal dan melakukan pensakelaran, dan memiliki struktur dari gabungan semikonduktor tipe-p dan tipe-n.

- Tergantung pada bagaimana elemen semikonduktor digabungkan, ada transistor tipe pnp dan transistor tipe npn. Gabungan dari keduanya disebut “transistor bipolar (transistor dua kutub)”.



Gambar 9-25: Simbol Transistor

- Transistor memiliki 3 elektroda: "kolektor" untuk mengumpulkan muatan, "basis" sebagai dasar untuk kontrol dan "emitor" untuk memancarkan muatan, serta memiliki fungsi mengontrol arus kolektor menggunakan arus basis.
- Fungsi utamanya adalah fungsi amplifikasi yakni mengubah sinyal listrik yang lemah menjadi sinyal yang lebih kuat, dan fungsi pensakelaran yakni melakukan ON/OFF arus listrik pada rangkaian.
- Karakteristik penting dari transistor adalah nilai batas maksimum dan konstanta karakteristik.
 - Nilai batas maksimum mencakup diantaranya: tegangan kolektor-basis, tegangan kolektor-emitor, tegangan emitor-basis, arus kolektor maksimum yang diizinkan, arus basis maksimum yang diizinkan dan disipasi kolektor maksimum yang diizinkan.
 - Konstanta karakteristik mencakup faktor penguatan arus (h_{FE}), waktu pensakelaran, tegangan saturasi, dan sebagainya. h_{FE} adalah rasio arus kolektor terhadap arus basis, yang menunjukkan daya penguatan transistor.



- Jenis transistor lainnya termasuk "FET (Field Effect Transistor)" yang juga dikenal sebagai "transistor unipolar", dan "IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)" yang juga dikenal sebagai "transistor gerbang terisolasi".

(3) IC (Sirkuit Terpadu)

Perangkat yang dibuat dengan memasang komponen listrik dan elektronik pada satu keping substrat semikonduktor, dan dihubungkan melalui jalur-jalur pengkabelan.

Jika diklasifikasikan menurut kategori sinyal, ada IC analog yang memproses sinyal analog (nilai kontinu) yang merepresentasikan besar kecilnya besaran, dan IC digital yang memproses sinyal digital (nilai diskret) yang hanya 0 dan 1. Masing-masing kategori IC tersedia dalam tipe-tipe seperti pada Tabel 9-2.

Tabel 9-2: Jenis dan Fungsi IC

Metode IC	Jenis	Fungsi
IC analog	Op-amp (penguat operasional)	Memungkinkan untuk dibuat berbagai rangkaian seperti penguatan sinyal dan konversi sinyal.
	Konverter A/D	Mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.
	Konverter D/A	Mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog.
	Regulator tegangan	Menyediakan catu daya yang stabil.
IC digital	IC logika	Melakukan operasi logika dan fungsi kontrol, dan digunakan untuk mengontrol perangkat digital.
	IC memori	Berfungsi untuk menyimpan data.
	Mikroprosesor (MPU)	Banyak digunakan untuk melakukan perhitungan komputer, pengolahan data dan kontrol.

Soal Latihan 9-4

■ Pilihlah kombinasi IC analog yang benar.

- | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| A. 1. Op-amp | 2. IC logika | 3. Konverter A/D |
| B. 1. IC logika | 2. IC memori | 3. Regulator tegangan |
| C. 1. Op-amp | 2. Regulator tegangan | 3. Konverter D/A |
| D. 1. Konverter A/D | 2. Op-amp | 3. IC memori |



Penjelasan

IC analog mencakup op-amp, regulator tegangan, konverter A/D dan konverter D/A, sehingga kombinasi yang benar adalah C.

Jawaban: C

3.3 Rangkaian

(1) Rangkaian penguat

Rangkaian elektronik yang mengubah sinyal masukan beramplitudo kecil menjadi sinyal keluaran beramplitudo besar disebut rangkaian penguat. Tidak hanya tegangan, dalam beberapa kasus tertentu arus juga turut diperkuat. Untuk membuat rangkaian penguat, digunakan transistor.

(2) Rangkaian osilator

Osilasi adalah pembangkitan sinyal periodik secara terus-menerus. Rangkaian elektronik ini dapat menghasilkan sinyal keluaran dengan frekuensi tertentu tanpa perlu sinyal masukan eksternal.





(3) Rangkaian Modulasi/Demodulasi

Saat mengirim sinyal seperti sinyal audio atau citra secara nirkabel, sinyal tersebut ditumpangkan pada sinyal frekuensi tinggi dan ditransmisikan sebagai gelombang radio.

Sinyal yang ingin dikirim disebut "gelombang sinyal", sinyal frekuensi tinggi disebut "gelombang pembawa", dan gelombang radio yang ditransmisikan disebut "gelombang termodulasi".

Pada sisi penerima, gelombang sinyal perlu diekstraksi dari gelombang termodulasi yang diterima. Dengan demikian, menumpangkan gelombang sinyal pada gelombang pembawa disebut "modulasi", dan mengekstraksi gelombang sinyal dari gelombang termodulasi yang diterima disebut "demodulasi" atau "deteksi".

Rangkaian modulasi/demodulasi merupakan rangkaian elektronik yang memiliki fungsi tersebut.

Metode modulasi yang paling umum antara lain adalah modulasi amplitudo (AM), modulasi frekuensi (FM) dan modulasi fasa (PM), seperti pada Tabel 9-3.

Tabel 9-3: Metode Modulasi

Metode Modulasi	Rincian
Modulasi amplitudo (AM)	Metode mengubah amplitudo gelombang pembawa sesuai amplitudo gelombang sinyal.
Modulasi frekuensi (FM)	Metode mengubah frekuensi gelombang pembawa sesuai amplitudo gelombang sinyal.
Modulasi fasa (PM)	Metode mengubah fasa gelombang pembawa sesuai amplitudo gelombang sinyal.



4. Komputer



Komputer digunakan di berbagai bidang karena kemajuan pesat berbagai teknologi. Saat ini komputer tidak hanya digunakan oleh perusahaan, lembaga riset atau sekolah, tetapi juga oleh individu, dari siswa SD hingga lansia dalam bentuk komputer pribadi, ponsel pintar dan gawai tablet.

4.1 Komposisi Struktur

Ada 5 komponen penyusun yang membentuk komputer. Peran masing-masing komponen ditunjukkan pada Tabel 9-4.

Tabel 9-4: Fungsi Komponen-komponen Komputer

Komponen	Fungsi dan sebagainya
Unit kontrol	Perangkat untuk mengontrol komputer secara menyeluruh. Yaitu, mengambil dan menerjemahkan perintah program yang tersimpan pada "memori utama" dan mengirimkan instruksi yang diperlukan untuk memproses perintah tersebut ke perangkat.
Unit aritmetika	Perangkat untuk melakukan operasi aritmetika dasar maupun operasi logika, dan tersusun dari penjumlah dan register. Bersama dengan "unit kontrol", perangkat ini disebut "Unit Pemrosesan Sentral (CPU)".
Unit memori	Perangkat untuk menyimpan data, program, dan sejenisnya. Terbagi menjadi "memori utama" dan "memori tambahan".
Perangkat input	Perangkat untuk memasukkan program atau data ke dalam komputer. Keyboard, mouse, scanner, dan perangkat sejenisnya termasuk perangkat input.
Perangkat output	Perangkat untuk mengeluarkan hasil pemrosesan komputer ke luar sistem. Layar, printer dan perangkat sejenisnya termasuk perangkat output.



4.2 Bilangan Biner



IC yang membentuk komputer disebut "IC digital". Pada bagian input/output IC digital, ditunjukkan status apakah sinyal listrik hadir (ON = 1) atau tidak (OFF = 0). Oleh karena itu, sistem biner yang hanya menggunakan 1 dan 0 menjadi dasar operasi di dalam komputer.

Sedangkan pada manusia, umumnya saat menuliskan angka digunakan sistem desimal, yang terdiri dari angka 0 hingga 9. Korespondensi antara sistem bilangan biner dan desimal ditunjukkan pada Tabel 9-5.

Tabel 9-5: Korespondensi Sistem Biner dan Desimal

Sistem Biner	Sistem Desimal
0	0
1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1000	8
1001	9
1010	10





Bab 10

Pekerjaan Listrik dan Elektronik

1. Pengukuran Listrik

1.1 Alat Ukur

(1) Tester

Alat ukur untuk mengukur besaran listrik seperti tegangan, arus dan resistansi, serta mengubahnya menjadi bentuk yang terlihat (jarum atau angka), pada saat kita perlu mengetahuinya dari suatu rangkaian listrik atau elektronik.

Ada tester analog yang memiliki beberapa skala dan memberikan angka yang ditunjukkan melalui jarum, dan tester digital (juga disebut multimeter digital, atau DMM) yang menampilkan nilai secara numerik.

Besaran yang dapat diukur secara langsung dengan tester antara lain resistansi, tegangan DC, arus DC, tegangan AC dan pengecekan hubungan listrik. Sedangkan besaran yang tak dapat diukur secara langsung antara lain arus AC dan konsumsi daya. Untuk mengukur arus AC, diperlukan alat ukur yang disebut tang ampere.



Gambar 10-1: Contoh Tester



Soal Latihan 10-1

■ Pilih kombinasi yang benar mengenai besaran yang dapat diukur secara langsung dengan tester.

- | | | |
|-------------------|------------------|------------------|
| A. 1. Tegangan DC | 2. Arus DC | 3. Arus AC |
| B. 1. Resistansi | 2. Konsumsi daya | 3. Arus DC |
| C. 1. Arus AC | 2. Resistansi | 3. Konsumsi daya |
| D. 1. Arus DC | 2. Tegangan AC | 3. Tegangan DC |



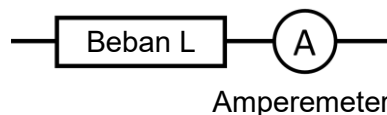
Penjelasan

Karena arus AC dan konsumsi daya tidak dapat diukur secara langsung dengan tester, kombinasi yang benar adalah D.

Jawaban: D

(2) Amperemeter

Alat ukur untuk mengukur besar arus yang mengalir melalui suatu rangkaian listrik. Alat ukur dihubungkan secara seri ke rangkaian listrik. Cara penyambungan saat mengukur arus yang mengalir melalui beban L ditunjukkan pada Gambar 10-2.



Gambar 10-2 Penyambungan untuk Mengukur Arus pada Beban L

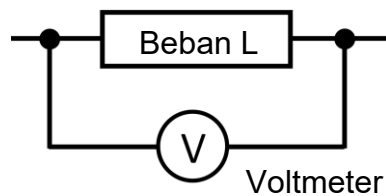




Gambar 10-3: Contoh Amperemeter

(3) Voltmeter

Alat ukur untuk mengukur tegangan (beda potensial) pada rangkaian listrik. Alat ukur dihubungkan secara paralel ke rangkaian listrik. Cara penyambungan saat mengukur tegangan yang bekerja pada beban L ditunjukkan pada Gambar 10-4.



Gambar 10-4: Penyambungan untuk Mengukur Tegangan pada Beban L



Gambar 10-5: Contoh Voltmeter





(4) Kapasitansi meter

Alat untuk mengukur kapasitansi elektrostatik suatu benda. Kapasitansi adalah besaran yang menunjukkan kemampuan untuk menyimpan muatan listrik diantara konduktor yang terisolasi. Dahulu, ada kapasitansi meter yang hanya bisa mengukur kapasitansi secara tunggal, tetapi saat ini fungsi pengukuran kapasitansi telah ditambahkan pada LCR-meter yang akan dijelaskan pada Bagian (5) berikut, sehingga LCR-meter menjadi lebih umum digunakan.

Ada alat ukur yang dapat mengukur perubahan kapasitansi akibat perubahan fisik pada benda yang diukur, sehingga pengukuran seperti ketebalan, pergeseran atau level objek menjadi mungkin.

(5) Pengukur Impedansi (LCR-meter)

Alat ukur untuk mengukur nilai komponen (elemen) listrik: resistor, kumparan dan kapasitor. Diberi nama LCR-meter karena simbol L melambangkan kumparan, C melambangkan kapasitor dan R melambangkan resistor.





Soal Latihan 10-2

■ Tulis A jika benar, dan B jika salah.

- 1) () Untuk mengukur tegangan, hubungkan voltmeter secara seri dengan rangkaian.
- 2) () Pengukur impedansi dapat mengukur nilai resistansi, kumparan dan kapasitor.



Penjelasan

- 1) Untuk mengukur tegangan, voltmeter dihubungkan paralel ke rangkaian, dan untuk mengukur arus, ammeter dihubungkan seri ke rangkaian.

Jawaban: B

- 2) Pengukur impedansi atau disebut juga LCR-meter, dapat mengukur nilai resistor, kumparan dan kapasitor.

Jawaban: A



1.2 Pengukuran Resistansi



Secara umum, pengukuran resistansi dapat dibagi menjadi metode jembatan dan metode penurunan tegangan. Metode jembatan umum digunakan pada dekade 1980-an, tetapi akhir-akhir ini metode penurunan tegangan lebih umum digunakan.

Prinsipnya arus diukur dengan amperemeter dan tegangan diukur dengan voltmeter, kemudian berdasarkan hukum Ohm, nilai resistansi dihitung dari nilai tegangan dibagi nilai arus.

Saat mengukur resistansi, penting untuk diingat bahwa catu daya, alat ukur, kabel dan bagian sambungan yang digunakan dalam pengukuran semuanya memiliki resistansi. Nilai yang diukur bukanlah murni nilai resistansi objek yang diukur, tetapi didalamnya termasuk nilai resistansi perangkat pengukuran. Akibat pengaruh resistansi perangkat pengukuran tersebut, nilai yang diukur akan sedikit menyimpang dari nilai resistansi yang sebenarnya dari objek yang diukur.

1.3 Pengukuran Tegangan

Tergantung apakah besaran yang akan diukur adalah DC atau AC, alat ukur yang digunakan perlu disesuaikan. Ada voltmeter khusus untuk DC, voltmeter khusus untuk AC, dan ada pula alat ukur, seperti tester, yang dapat digunakan baik untuk AC maupun DC, dan oleh karena itu pastikan untuk memilih alat ukur yang sesuai.

Saat mengukur tegangan menggunakan voltmeter, voltmeter harus dihubungkan secara paralel dengan bagian yang diukur.



1.4 Pengukuran Arus



Sama seperti voltmeter, ada juga amperemeter yang dirancang khusus untuk DC, atau khusus untuk AC. Tester dapat mengukur arus DC secara langsung, tetapi tidak dirancang untuk mengukur arus AC secara langsung. Untuk mengukur arus AC, digunakan alat ukur yang disebut tang ampere. Pilihlah alat ukur secara tepat.

Saat mengukur arus menggunakan amperemeter, amperemeter harus dihubungkan seri dengan bagian rangkaian yang diukur.

1.5 Kebocoran Listrik dan Pembumian

(1) Kebocoran Listrik

Kabel dan peralatan listrik diberikan lapisan pelindung berupa bahan isolasi, seperti PVC, pada jalur aliran arus dan pada bagian yang bermuatan listrik, agar listrik tidak bocor ke luar.

Namun, jika bahan isolasi tersebut usang atau rusak, sehingga kinerja isolasinya menurun, listrik dapat menyimpang dari jalur yang seharusnya, seperti bocor ke kasing logam peralatan listrik. Kondisi ini disebut kebocoran listrik.

(2) Pembumian

Pembumian adalah menghubungkan elektroda arde yang terkubur di bawah tanah dengan peralatan listrik menggunakan kabel arde.

Jika pada peralatan listrik yang mengalami kebocoran listrik terpasang kabel arde, sebagian besar listrik yang bocor akan mengalir melalui kabel arde ke dalam tanah. Hal tersebut akan mencegah terjadinya musibah besar saat orang menyentuhnya. Meskipun demikian, kondisi kebocoran listrik akan terus berlanjut, sehingga situasinya tetap berbahaya.

Jika tidak ada kabel arde yang terpasang dan hanya menggunakan perangkat ELCB, listrik tidak akan mengalir ke dalam tanah. Akibatnya, perangkat ELCB juga dimungkinkan tidak berfungsi. Dalam kondisi tersebut, jika seseorang menyentuh perangkat yang mengalami kebocoran listrik, tubuhnya akan bertindak sebagai kabel arde, menyebabkan listrik mengalir melalui tubuh dan berakibat sengatan listrik. Pada saat tersebut, ELCB beroperasi dan rangkaian listrik diputus.

Demi keselamatan, perlu dipasang baik kabel arde maupun ELCB.



2. Perakitan Komponen



2.1 Persiapan Sebelum Pekerjaan

Saat merakit perangkat elektronik dan sejenisnya, persiapan yang matang sebelum bekerja dapat meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi terjadinya produk cacat. Memastikan lingkungan kerja yang aman juga dapat mengurangi risiko terjadinya kecelakaan atau cedera.

Secara konkretnya, hal-hal berikut ini perlu dilaksanakan:

(1) Pakaian Kerja

- Kenakan pakaian kerja yang dilengkapi perlindungan antistatik, serta tutup rapat manset lengan dan ujung celana.
- Kenakan alat pelindung diri seperti kaca mata pelindung, sarung tangan, dan jika perlu, helm dan sepatu keselamatan.
- Saat menggunakan alat yang suhunya menjadi panas, seperti alat solder, untuk mencegah luka bakar, kenakan pakaian kerja berlengan panjang dan celana panjang sehingga kulit tak terpapar secara langsung.
- Hindari mengenakan dasi atau syal, serta membiarkan rambut panjang, yang dapat tersangkut pada bagian peralatan yang berputar.
- Selain itu, jika melakukan pekerjaan yang berhubungan dengan tegangan tinggi, sedapat mungkin lepaskan benda-benda logam, seperti cincin.

(2) Perkakas

- Siapkan perkakas yang dibutuhkan dalam pekerjaan seperti alat solder, pengupas kabel, obeng, tang potong, tang kombinasi dan pinset, kemudian susun secara teratur dan rapi diatas meja kerja agar mudah dijangkau saat bekerja.
- Periksa perkakas untuk mendeteksi adanya kerusakan atau keausan, dan ganti bila perlu.
- Akan lebih praktis jika alat solder disiapkan dengan 2 jenis atau lebih "ujung solder" yang berbeda ukuran ketebalannya.





(3) **Komponen dan Bahan**

- Kumpulkan komponen (resistor, kapasitor, IC, konektor, dan sebagainya) dan bahan (solder, kawat, kabel, dan sebagainya) yang diperlukan.
- Periksa komponen untuk mendeteksi adanya kerusakan atau keausan, dan ganti bila perlu.
- Atur komponen berdasarkan jenisnya dan letakkan agar mudah dijangkau saat bekerja.

(4) **Area Kerja**

- Jaga agar area kerja tetap bersih dan bebas dari debu dan kotoran.
- Sediakan ruang dengan luasan yang memadai untuk pekerjaan, dan tata area tersebut agar pekerjaan dapat dilakukan dengan mudah.
- Pastikan pencahayaan cukup terang dan area kerja tangan terlihat jelas.

(5) **Prosedur kerja**

- Baca prosedur kerja dengan seksama dan pahami konten dan prosedur dalam pekerjaan.
- Jika ada pertanyaan atau ketidakpastian mengenai prosedur kerja, pastikan terlebih dahulu sebelum melakukan pekerjaan.
- Utamakan keselamatan selama bekerja dan hindari melakukan pekerjaan diluar kewajaran.

(6) **Pencegahan Kerusakan Akibat Elektrostatik**

- IC dan komponen elektronik dapat mengalami gangguan karakteristik akibat listrik statis, dan untuk itu gunakan meja kerja yang dilengkapi perlindungan antistatik atau alas konduktif.
- Pekerja harus bekerja di lantai berbahan konduktif, serta mengenakan sepatu dan sarung tangan konduktif dan pakaian antistatik untuk menghindari muatan listrik statis. Selain itu, saat mengangkat produk, gunakan kantong tahan kelembaban atau kantong antistatik.

(7) **Lainnya**

- Pastikan area kerja berventilasi baik, dan jika pekerjaan menghasilkan gas atau debu berbahaya, gunakan perangkat ventilasi yang sesuai.
- Panel kontrol atau motor listrik menghasilkan panas dan meningkatkan suhu di sekitarnya, sehingga penting untuk menyediakan sarana pendingin yang memadai.
- Saat bekerja dalam jangka waktu lama, lakukan istirahat secara teratur untuk menjaga konsentrasi.





Soal Latihan 10-3

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Saat melakukan pekerjaan, penting agar gerakan terasa nyaman, dan untuk itu kenakan pakaian yang sudah biasa dipakai dan aksesoris yang sudah familiar, serta lakukan pekerjaan dengan tenang dan terkontrol.
- 2) () Sekalipun Anda sudah terbiasa dengan suatu pekerjaan, kelelahan akan muncul jika terus dilakukan dalam waktu lama, dan karena itu ambil istirahat secukupnya untuk menjaga konsentrasi.



Penjelasan

- 1) Dalam pekerjaan, sangat penting untuk mencegah timbulnya masalah atau kecelakaan dengan mengambil tindakan seperti perlindungan terhadap listrik statis, penggunaan APD dan menghindari tersangkut pada bagian mesin yang berputar, dan karena itu kenakan pakaian yang ditentukan, bukan pakaian yang biasa dipakai, dan hindari mengenakan aksesoris yang tidak diperlukan.

Jawaban: B

- 2) Sekalipun Anda sudah terbiasa dengan suatu pekerjaan, kelelahan akan muncul dan berisiko kehilangan konsentrasi jika terus dilakukan dalam waktu lama, dan karena itu perlu untuk mengambil istirahat secukupnya.

Jawaban: A



2.2 Penataan Setelah Pekerjaan



Setelah melakukan perakitan peralatan elektronik, sangat penting untuk mengembalikan alat, komponen dan instruksi kerja ke tempat semula, serta menjaga kebersihan area kerja. Singkirkan semua komponen dan dokumen dari area kerja. Selanjutnya, bersihkan area kerja, serta buang debu dan sampah.

Tabel 10-1: Alasan Pentingnya Penataan Setelah Pekerjaan

Efek Penataan	Penjelasan
Mengurangi produk cacat	Lingkungan kerja yang bersih mencegah masuknya benda asing kedalam produk, sehingga mengurangi terjadinya produk cacat.
Mencegah kesalahan kerja	Lingkungan yang rapi dan terorganisir mengurangi kemungkinan mengambil perkakas atau suku cadang yang salah, dan membantu mencegah kesalahan kerja.
Meningkatkan kesadaran akan kualitas	Menjaga lingkungan kerja yang bersih akan meningkatkan kesadaran pekerja terhadap kualitas dan mendorong untuk bekerja lebih hati-hati.
Menjaga kondisi aman	Alat dan bahan yang berserakan dapat menyebabkan tergelincir atau cedera, sehingga menata area kerja dengan rapi penting untuk menjaga kondisi aman.

Tabel 10-2: Ikhtisar Prosedur Penataan Setelah Pekerjaan

Item dan Prosedur	Rincian
1) Penyortiran dan penyingkiran	Singkirkan semua komponen yang digunakan dalam pekerjaan, instruksi kerja, dan lain-lain dari area kerja dan kembalikan ke tempat yang telah ditentukan.
2) Pembersihan	Bersihkan debu, sampah dan sisa timah solder yang berserakan diatas meja kerja atau lantai.
3) Mengembalikan alat ke tempatnya	Simpan alat yang telah digunakan di tempat yang telah ditentukan.
4) Inspeksi area kerja	Periksa apakah meja kerja sudah bersih dan siap untuk pekerjaan berikutnya agar dapat dilakukan dengan nyaman.





Soal Latihan 10-4

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Setelah pekerjaan selesai, alat serta komponen yang digunakan, dsb harus dikembalikan ke tempatnya, dan meja kerja, lantai, dan lainnya harus dibersihkan dengan baik dan dijaga dalam kondisi bersih.
- 2) () Setelah pekerjaan selesai, wajib segera meninggalkan area kerja dalam kondisi apa adanya, dengan alat dan sejenisnya tetap di tempatnya, agar pekerja berikutnya dapat memulai pekerjaan secepat mungkin.



Penjelasan

- 1) Setelah pekerjaan selesai, kembalikan alat, komponen dan instruksi kerja yang digunakan dalam pekerjaan ke tempat penyimpanannya masing-masing. Dan, meja kerja harus dijaga kebersihannya agar orang yang akan melakukan pekerjaan berikutnya dapat bekerja dengan nyaman.

Jawaban: A

- 2) Setelah pekerjaan selesai, penting untuk segera meninggalkan tempat kerja demi kenyamanan orang berikutnya. Meskipun demikian, alat dan komponen tetap harus dibereskan. Kita tidak tahu apakah orang berikutnya akan menggunakan alat yang sama. Selain itu, jika meja kerja kotor, ada risiko cedera, sehingga harus dijaga kebersihannya.

Jawaban: B



2.3 Papan Sirkuit Cetak (PCB)



PCB digunakan untuk memasang komponen listrik dan elektronik seperti resistor, kapasitor dan IC pada papan isolasi yang tidak menghantarkan listrik, serta menghubungkan komponen dengan jalur penghantar dengan menggunakan penyolderan atau metode lainnya.

Tabel 10-3: Jenis-jenis PCB

Papan Sirkuit Cetak (PCB)	Rincian
Papan Sirkuit Kaku (PWB) (Printed Wiring Board)	PCB dimana pola konduktor dibentuk pada papan isolasi yang keras dan berbentuk lempengan.
Papan Sirkuit Fleksibel (FPC) (Flexible Printed Circuits)	PCB yang fleksibel, terbuat dari bahan isolasi tipis, sehingga dapat ditekuk. PCB berbentuk film yang dapat digunakan sebagai pengganti kawat.
Papan Sirkuit Fleksibel Kaku	PCB yang menggabungkan PCB kaku dan PCB fleksibel dalam satu kesatuan, sehingga memiliki keunggulan dari kedua jenis PCB tersebut. Strukturnya terdiri dari bagian kaku untuk memasang komponen dan bagian fleksibel yang dapat ditekuk, dan jenis PCB ini juga disebut fleksibel-kaku.
Papan Sirkuit Berbasis Logam	PCB yang dirancang untuk meningkatkan pembuangan panas. Konstruksi standarnya adalah pelat logam (aluminium atau tembaga) yang di atasnya diberi lapisan isolasi, lalu di atasnya lagi diberi lembaran tembaga yang berfungsi sebagai konduktor.



3. Gemuk



Gemuk adalah bahan semi-padat yang digunakan sebagai pelumas pada bagian poros mesin dan bantalan dari komponen mesin yang berputar dengan kecepatan rendah, serta pada permukaan tempat komponen mesin saling bersentuhan dan bergerak secara lambat.

Angka yang menunjukkan kekerasan (atau kelembutan) fisik dari gemuk yang semi-padat ini disebut "kelas NLGI". Semakin besar angka kelasnya, semakin lunak bahannya. Sebaliknya, semakin rendah angka kelasnya, semakin keras bahannya.

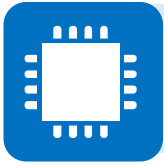


Kata Kunci

Pelumasan: Pemberian oli, gemuk, dan sejenisnya untuk mengurangi gesekan dan keausan yang terjadi akibat bagian-bagian logam mesin saling bersentuhan.

Semi-padat: Bersifat sebagai zat padat maupun zat cair, memiliki kekentalan atau kekenyalan tertentu.





Bab 11 Aplikasi Listrik dan Elektronik

1. Kontrol Sekuensial

Sekuensial berhubungan dengan urutan terjadinya sesuatu hal. Kontrol sekuensial adalah "pengontrolan yang menjalankan setiap tahap kontrol secara berurutan sesuai dengan urutan atau prosedur yang telah ditentukan sebelumnya".

Metode kontrolnya antara lain mencakup kontrol urutan relai (Relay Sequence) dan kontrol PLC (Programmable Logic Controller). Kontrol urutan relai adalah metode kontrol yang menggunakan kombinasi komponen mekanis seperti relai elektromagnetik dan pengatur waktu. Di sisi lain, kontrol PLC menggunakan perangkat kontrol yang dapat diprogram, yang disebut PLC, dan merupakan metode kontrol yang dijalankan berdasarkan program, sehingga memungkinkan perubahan kontrol yang fleksibel, kontrol tingkat lanjut dan kontrol yang kompleks.

1.1 Operasi Logika

Rangkaian yang hanya merespon sinyal yang memiliki nilai tidak kontinu disebut rangkaian digital atau rangkaian logika. Logika yang menyatakan sinyal masukan hanya menggunakan 2 nilai, "0 (OFF)" dan "1 (ON)", disebut "logika biner".

Operasi logika antara lain mencakup "perkalian logika atau AND ($\cdot$)", "penjumlahan logika atau OR (+)", dan "negasi atau NOT ($\neg$)". Tabel 11-1 menunjukkan aturan umum untuk operasi logika. Dengan menggunakan aturan-aturan tersebut, ekspresi logika yang panjang dapat dinyatakan dalam ekspresi yang lebih sederhana.



Tabel 11-1: Aturan-aturan Operasi Logika

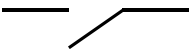
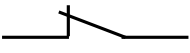
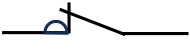
Aturan	Rincian
Hukum Komutatif	Hasil operasi logika dari dua nilai logika tidak berubah meskipun urutannya ditukar. $x + y = y + x$ $x \cdot y = y \cdot x$
Hukum Asosiatif	Posisi tanda kurung pada variabel logika yang dihubungkan dengan operator logika yang sama dapat diubah dengan bebas. $x + (y + z) = (x + y) + z$ $x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$
Hukum Distributif	$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$ $x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)$
Hukum Identitas	$x + 1 = 1$ $x \cdot 1 = x$ $x + 0 = x$ $x \cdot 0 = 0$
Hukum Idempoten	$x + x = x$ $x \cdot x = x$
Hukum Komplemen	$x + \bar{x} = 1$ $x \cdot \bar{x} = 0$
Hukum Absorpsi	$x + x \cdot y = x$ $x \cdot (x + y) = x$
Hukum De Morgan	Aturan yang digunakan untuk mengubah perkalian logika menjadi penjumlahan logika, atau penjumlahan logika menjadi perkalian logika. $\overline{x + y} = \bar{x} \cdot \bar{y}$ $\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y}$
Hukum Involusi (negasi ganda)	Penegasian 2 kali akan mengembalikan ke semula. $\bar{\bar{x}} = x$

1.2 Simbol Diagram Sekuensial



Simbol diagram urutan ditetapkan secara internasional (IEC 60617), dan di Jepang diatur dalam standar yang identik, yaitu JIS C 0617: Simbol-simbol Listrik. Simbol-simbolnya yang umum ditunjukkan pada Tabel 11-2.

Tabel 11-2: Simbol Diagram Sekuensial

Nama	Simbol (JIS C0617)	Penjelasan
relai (simbol: R) (*) Simbol untuk kontak relai dinyatakan dengan menambahkan (m) atau (b) ke simbol relai, seperti "R-m".		Kontak a: (normal terbuka: m) Kontak yang biasanya terbuka, dan saat sakelar dioperasikan, rangkaian menjadi tertutup dan arus mengalir.
		Kontak b (normal tertutup: b) Kontak yang biasanya tertutup, dan saat sakelar dioperasikan, rangkaian menjadi terbuka sehingga arus terputus.
Kontaktor magnetik (kontaktor) (simbol: MC)		Kontak a Beroperasi saat arus mengalir melalui kumparan
		Kontak b Beroperasi saat arus mengalir melalui kumparan
Relai termal (simbol: THR)		Mendeteksi kenaikan suhu akibat arus berlebih dan mengaktifkan kontaktor magnetik untuk memutus rangkaian
Koil kontaktor Koil relai		Koil elektromagnetik untuk kontrol
Pengatur waktu tunda-ON		Kontak a Beroperasi dalam waktu terbatas, pulih secara instan
		Kontak b Beroperasi dalam waktu terbatas, pulih secara instan



Nama	Simbol (JIS C0617)	Penjelasan
Sakelar batas		Kontak a Beroperasi dengan mendeteksi posisi
		Kontak b Beroperasi dengan mendeteksi posisi
Saklar tombol tekan (simbol: BS)		Kontak a Reset otomatis setelah kontak dioperasikan dengan menekan tangan
		Kontak b Reset otomatis setelah kontak dioperasikan dengan menekan tangan
lampu (simbol: L)		lampu Lampu indikator

1.3 Komponen

(1) Saklar tombol tekan

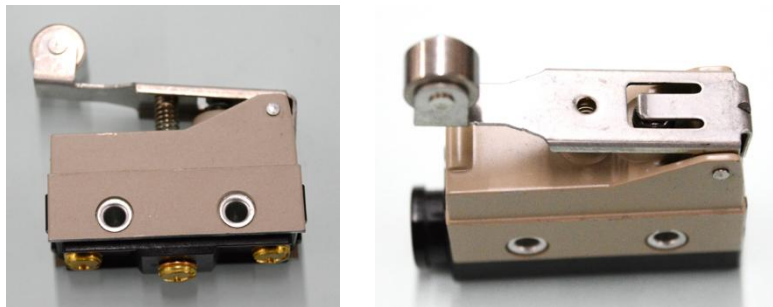
Ada 2 tipe saklar tombol tekan: tipe reset otomatis secara instan, dan tipe non-reset yang mempertahankan status. Secara umum, jenis reset otomatis instan yang sering digunakan.



Gambar 11-1: Contoh Saklar Tombol Tekan

(2) Sakelar batas

Saklar batas adalah sensor untuk mendeteksi posisi suatu objek dan mengirimkan sinyal ON/OFF untuk menunjukkan apakah objek tersebut "ada" atau "tidak ada", atau apakah itu "batas atas" atau "batas bawah". Contoh sakelar batas antara lain adalah sakelar fotolistrik, sakelar kedekatan, sakelar mikro, sakelar pelampung dan sakelar tekanan.



Gambar 11-2: Contoh Sakelar Batas

(3) Relai

Relai adalah komponen untuk menerima sinyal listrik dari luar dan melakukan ON/OFF terhadap sirkuit listrik. Juga dikenal sebagai relai elektromagnetik, komponen ini mengalirkan arus ke kumparan untuk membentuk elektromagnet yang akan menarik pelat besi bergerak, dan mengoperasikan kontak yang terhubung untuk membuka/menutup sirkuit.

(4) Kontaktor Magnetik (Kontaktor)

Prinsip kerjanya sama seperti relai, tetapi kapasitas kontakannya lebih besar, dan umumnya digunakan pada peralatan listrik industri seperti motor listrik dan sarana penerangan. Karena dilengkapi fungsi pemadaman busur listrik yang terjadi saat sirkuit diputus, komponen ini sangat cocok untuk pengoperasian beban tegangan tinggi dan arus besar.

(5) Sakelar Elektromagnetik



Perangkat yang menggabungkan kontaktor dengan relai termal disebut sakelar elektromagnetik atau sakelar magnet. Jika arus yang melebihi nilai setelan relai termal mengalir selama waktu tertentu, suhu akan naik, dan bimetal akan bekerja untuk menandai kondisi beban berlebih.

Komponen ini digunakan pada motor listrik untuk mencegah motor terbakar akibat beban berlebih. Reset sinyal dilakukan secara manual setelah memastikan kondisi aman.



Gambar 11-3: Contoh Sakelar Elektromagnetik



Kata Kunci

Relai termal: Juga disebut relai arus lebih termal. Saat arus berlebih yang abnormal mengalir melalui motor listrik, perangkat ini akan mendeteksi panas yang ditimbulkan oleh arus tersebut dan memutuskan sirkuit untuk mencegah peralatan listrik terbakar atau rusak. Relai termal tidak memiliki fungsi menghentikan arus, sehingga biasanya digunakan bersamaan dengan kontaktor magnetik.

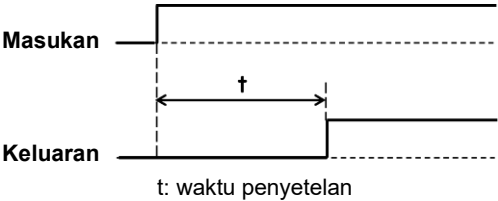
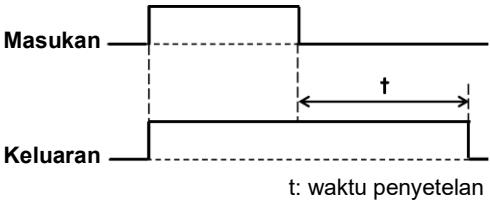
Bimetal: Bahan berbentuk lempengan yang dibuat dengan menempelkan 2 jenis logam dengan koefisien ekspansi termal (koefisien pemuaian akibat kenaikan suhu) yang berbeda. Saat suhu sekitar berubah, bahan tersebut akan mengalami deformasi dan melengkung karena kedua jenis logam memiliki koefisien pemuaian termal yang berbeda. Sifat tersebut digunakan untuk fungsi pensakelaran.



(6) Pengatur Waktu



Perangkat kontrol yang mengeluarkan sinyal keluaran dalam interval waktu yang telah disetel setelah menerima sinyal masukan.

Operasi tunda-ON	Sinyal keluaran akan menjadi ON dengan penundaan selama interval waktu yang telah disetel setelah sinyal masukan menjadi ON, dan akan menjadi OFF bersamaan dengan saat sinyal masukan menjadi OFF.  Gambar 11-4: Bagan Waktu Operasi Tunda-ON
Operasi tunda-OFF	Sinyal keluaran akan menjadi ON bersamaan dengan saat sinyal masukan menjadi ON, dan akan menjadi OFF dengan penundaan selama interval waktu yang telah disetel setelah sinyal masukan menjadi OFF.  Gambar 11-5: Bagan Waktu Operasi Tunda-OFF



1.4 Rangkaian Dasar



Kontrol sekuensial yang kompleks juga dapat diwujudkan dengan mengkombinasikan rangkaian-rangkaian dasar. Di sini akan dijelaskan rangkaian AND (logika AND), rangkaian OR (logika OR), dan rangkaian NOT (logika NOT) yang paling dasar.

(1) Rangkaian AND

Rangkaian dimana keluaran hanya akan menjadi ON jika semua masukan adalah ON (Tabel 11-3).

Tabel 11-3: Rangkaian AND

Diagram Rangkaian Sekuensial	Bagan Waktu															
Tabel Operasi	Ekspresi Logika															
<table><tr><th>BS1</th><th>BS2</th><th>L</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	BS1	BS2	L	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$BS1 \cdot BS2=L$ Rangkaian seri adalah perkalian logika
BS1	BS2	L														
0	0	0														
0	1	0														
1	0	0														
1	1	1														

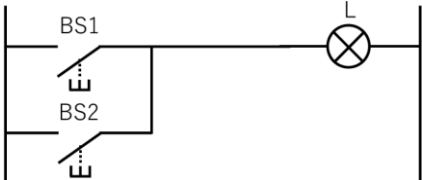
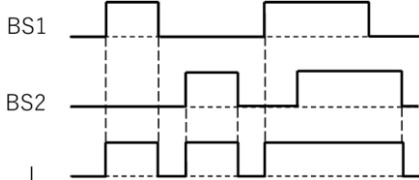




(2) Rangkaian OR

Rangkaian dimana keluaran akan menjadi ON jika satu atau lebih masukan adalah ON (Tabel 11-4).

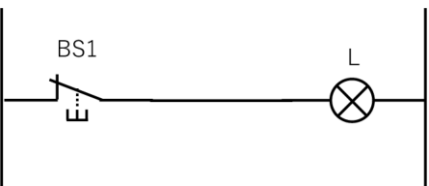
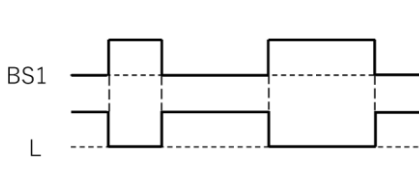
Tabel 11-4: Rangkaian OR

Diagram Rangkaian Sekuensial	Bagan Waktu															
																
Tabel Operasi	Ekspresi Logika															
<table border="1" data-bbox="376 775 694 952"><thead><tr><th>BS1</th><th>BS2</th><th>L</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></tbody></table>	BS1	BS2	L	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$BS1 + BS2 = L$ Rangkaian paralel adalah penjumlahan logika
BS1	BS2	L														
0	0	0														
0	1	1														
1	0	1														
1	1	1														

(3) Rangkaian NOT

Rangkaian dimana keluaran akan menjadi OFF saat masukan ON, dan menjadi ON saat masukan OFF.

Tabel 11-5: Rangkaian NOT

Diagram Rangkaian Sekuensial	Bagan Waktu						
							
Tabel Operasi	Ekspresi Logika						
<table><tr><th>BS1</th><th>L</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	BS1	L	0	1	1	0	$BS1 = \bar{L}$
BS1	L						
0	1						
1	0						



1.5 Rangkaian Aplikasi



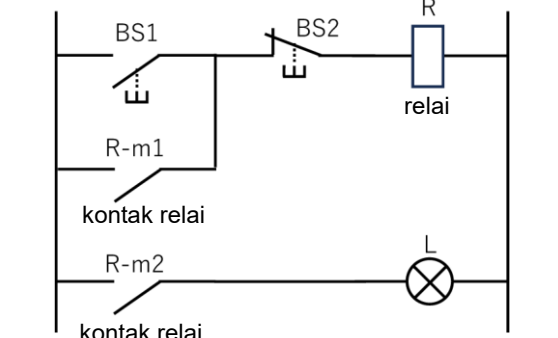
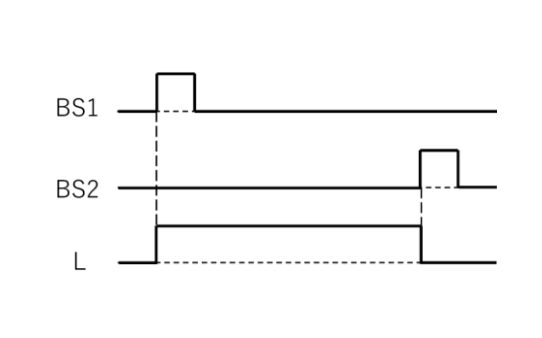
Rangkaian aplikasi disusun dari kombinasi rangkaian dasar. Sebagai salah satu rangkaian penting yang representatif dan sering digunakan, akan dijelaskan mengenai rangkaian pengunci (self-hold).

(1) Rangkaian pengunci diri

Contohnya ditunjukkan pada diagram rangkaian sekuensial di Tabel 11-6. Bagan waktu juga ditampilkan. Saat sakelar BS1 di-ON-kan, relai menjadi ON, sehingga kontak relai R-m1 dan R-m2 menjadi ON, dan lampu L menyala. Rangkaian dimana kontak relai dipasang paralel dengan sakelar BS1, sehingga meskipun sakelar BS1 di-OFF-kan, relai R tetap aktif melalui kontaknya sendiri R-m1, dan operasi rangkaian berlanjut.

Sinyal start (perintah memulai operasi) yang dipertahankan akan dikembalikan ke kondisi awal saat listrik padam dan pulih kembali, sehingga keselamatan lebih terjamin karena mencegah peralatan bergerak secara tiba-tiba saat kembali hidup.

Tabel 11-6: Rangkaian pengunci diri

Diagram Rangkaian Sekuensial	Bagan Waktu
	





Soal Latihan 11-1

- Dari pilihan A-D berikut, pilih satu pernyataan yang benar mengenai operasi rangkaian berdasarkan diagram rangkaian sekuensial pada Tabel 11-6.
- A. Jika BS1 ditekan, hanya R-m1 yang menjadi ON, dan lampu L tidak akan menyala.
 - B. Jika BS2 ditekan, R-m2 akan menjadi ON, dan lampu L akan menyala.
 - C. Jika BS1 ditekan, lampu L akan menyala, dan meskipun BS1 dilepaskan, lampu L tidak akan padam.
 - D. Jika BS1 ditekan, lampu L akan menyala, dan meskipun BS2 ditekan, lampu L tidak akan padam.



Penjelasan

- A. Jika BS1 ditekan, maka relai R beroperasi, R-m1 dan R-m2 menjadi ON, dan lampu L menyala. Sehingga, pilihan A salah.
- B. Meskipun BS2 ditekan, relai R tidak akan beroperasi. Oleh karena itu, R-m1 atau R-m2 tidak akan beroperasi, dan lampu L tidak akan menyala. Sehingga, pilihan B salah.
- C. Jika BS1 ditekan, maka relai R beroperasi, R-m1 dan R-m2 menjadi ON, dan lampu L menyala. Dalam kondisi ini, meskipun Anda melepaskan BS1, BS2 dan R-m2 tetap menyala, sehingga relai R tetap aktif dan L tetap menyala. Sehingga, pilihan C benar.
- D. Jika BS1 ditekan, maka relai R beroperasi, R-m1 dan R-m2 menjadi ON, dan lampu L menyala. Dalam kondisi ini jika BS2 ditekan, relai R menjadi tidak beroperasi, R-m1 dan R-m2 menjadi OFF, dan lampu L padam. Sehingga, pilihan D salah.

Jawaban: C





2. Peralatan Listrik

2.1 Motor Listrik

Fungsi utamanya adalah mengubah energi listrik menjadi energi mekanik rotasi.

Ada motor listrik DC dan motor listrik AC, dan motor listrik AC antara lain mencakup motor induksi dan motor sinkron.

(1) Jenis Motor Induksi 3-Fasa

Berdasarkan jenis rotornya, ada tipe sangkar dan tipe belitan.

(2) Kecepatan Putar dan Daya Keluaran

Kecepatan putar N [min^{-1}] pada motor induksi 3-fasa, yang memiliki makna sama dengan kecepatan rotor, berbanding lurus dengan frekuensi catu daya f [Hz] dan berbanding terbalik dengan jumlah pasang kutub p pada motor induksi. Daya keluaran P [W] berbanding lurus dengan torsi T [$\text{N}\cdot\text{m}$] dikalikan kecepatan putaran N . Dalam bentuk persamaan, kecepatan putar dan daya keluaran dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$N = \frac{120f}{p} [\text{min}^{-1}]$$
$$P = 2\pi \frac{N}{60} \cdot T [\text{W}]$$

(3) Metode Start

Metode start motor induksi tipe sangkar 3-fasa meliputi: start tegangan penuh, start bintang-delta, start kompensator dan start reaktor. Pada start bintang-delta, arus start dapat dikurangi menjadi $1/3$.

(4) Motor Servo

Motor yang dapat dikontrol untuk beroperasi pada posisi dan kecepatan yang tepat sesuai dengan instruksi. Beberapa fiturnya ditunjukkan pada Tabel 11-7.



Tabel 11-7: Fitur Motor Servo

Jenis Kontrol	Fungsi
Kontrol penentuan posisi	Sinyal umpan balik dari enkoder memungkinkan motor berhenti secara akurat pada sudut atau posisi yang ditentukan. Digunakan pada persendian lengan robot industri dan untuk menggerakkan meja mesin perkakas.
Kontrol kecepatan	Motor dapat dikontrol untuk berputar pada kecepatan tertentu. Karena akselerasi dan deselerasi dapat dilakukan secara halus, dapat digunakan untuk mengatur kecepatan alat pengangkut dan konveyor, atau kecepatan umpan mesin perkakas.
Kontrol torsi	Motor dapat digerakkan dengan torsi (gaya putar) tertentu sesuai dengan fluktuasi beban. Digunakan misalnya pada alat penggulung dan mesin pres untuk menekan komponen dengan gaya konstan atau aplikasi serupa lainnya.
Kontrol umpan balik	Motor servo dilengkapi enkoder, dan berdasarkan sinyal enkoder ini, posisi dan kecepatan saat ini terus dipantau, sambil dilakukan kontrol dengan mengoreksi selisih terhadap nilai perintah. Hal ini memungkinkan kontrol yang sangat presisi.

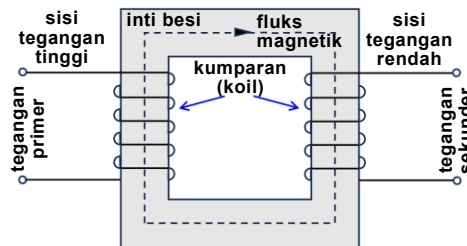


Kata Kunci

Enkoder: Sensor yang mengkodekan sudut putar atau perpindahan linier. Enkoder digunakan pada robot industri yang ada di pabrik, seperti robot perakitan, robot pengelasan, kendaraan pengangkut tanpa awak, dan pusat pemesinan.

2.2 Trafo

Trafo digunakan untuk mengubah tegangan masukan menjadi tegangan operasional. Trafo terdiri dari inti besi dan dua atau lebih kumparan (Gambar 11-6), dan tegangan ditentukan oleh rasio jumlah lilitan kedua kumparan tersebut.



Gambar 11-6: Struktur Trafo

(1) Kerugian Daya Trafo

Secara garis besar meliputi kerugian besi, kerugian tembaga dan kerugian beban tak terkendali.

- Kerugian besi, juga disebut kerugian daya tanpa beban, terjadi saat sisi sekunder trafo dibuka dan tegangan diberikan ke sisi primer.
- Kerugian tembaga adalah kerugian Joule (kerugian akibat panas Joule) akibat resistansi kumparan, dan berbanding lurus dengan kuadrat arus, atau dengan kata lain, kuadrat beban. Disebut juga kerugian beban.
- Kerugian beban tak terkendali adalah kerugian daya yang sulit dihitung dan besarnya sekitar 5-30% dari kerugian tembaga.

(2) Jenis Trafo

Berdasarkan bahan isolasi yang digunakan, ada trafo minyak, trafo cetakan dan trafo berisolasi gas.

Trafo berisolasi gas menggunakan gas SF_6 (sulfur heksafluorida) sebagai bahan isolasi. Gas SF_6 adalah gas isolasi tak berwarna dan berbau yang memiliki sifat isolasi sangat baik, antara lain kemampuan pendinginan, stabilitas termal, tak mudah terbakar, dan tidak meledak. Namun, pelepasannya ke atmosfer berdampak pada lingkungan karena nilai potensial pemanasan global yang sangat tinggi.

2.3 Pemutus Sirkuit



(1) Fungsi Pemutus Sirkuit

Pemutus sirkuit adalah perangkat yang digunakan di lokasi dengan peralatan yang menyalurkan atau menerima energi listrik. Secara konkretnya, di lokasi seperti gardu induk, pabrik, kantor dan panel distribusi listrik rumah. Penggunaannya luas, untuk berbagai macam aplikasi. Fungsi utamanya adalah untuk memutus arus beban yang mengalir pada kondisi normal serta arus hubung singkat yang sangat besar saat terjadi insiden hubung singkat.

(2) Fungsi "Pemadaman Busur Listrik"

Saat mencoba memutus arus besar seperti arus hubung singkat, akan muncul percikan (busur listrik) diantara elektroda. Pemutus sirkuit memiliki fungsi penting "memadamkan busur listrik", yaitu untuk menghilangkan busur listrik yang berbahaya ini.

(3) Jenis Pemutus Sirkuit

Ada beberapa jenis pemutus sirkuit, seperti pemutus sirkuit vakum dan pemutus sirkuit gas, yang dibedakan berdasarkan zat (media) yang digunakan untuk memadamkan busur listrik. Pemutus sirkuit digunakan secara luas pada instalasi tegangan tinggi.

"Pemutus sirkuit minyak", yang menggunakan minyak isolasi, kini tidak lagi digunakan karena risiko kebakaran.

(4) Pemutus Sirkuit Rumah Tangga (Breaker)

"Pemutus sirkuit instalasi" (MCB) pada panel distribusi rumah juga merupakan salah satu jenis pemutus sirkuit. Perangkat ini melindungi instalasi listrik rumah tangga dari arus berlebih akibat penggunaan listrik yang berlebihan (beban lebih) atau arus hubung singkat, dan kinerjanya diatur dalam standar JIS.

(5) Perbedaan dengan Perangkat Serupa

Ada perangkat mirip pemutus sirkuit, yaitu "sakelar" dan "pemutus arus", namun sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 11-8, perangkat tersebut berbeda dalam jenis arus yang dapat diputus.



Tabel 11-8: Perbedaan Pemutus Sirkuit, Sakelar, dan Pemutus Arus

Pemutus Sirkuit	Dapat memutus baik arus beban maupun arus hubung singkat.
Sakelar	Dapat memutus arus beban tetapi tidak dapat memutus arus hubung singkat.
Pemutus arus	Baik arus beban maupun arus hubung singkat tidak dapat diputus. Digunakan untuk memutus rangkaian listrik dalam kondisi tidak ada aliran listrik, misalnya untuk pemeriksaan keselamatan.



Soal Latihan 11-2

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Ada beberapa jenis pemutus sirkuit, seperti pemutus sirkuit jenis vakum, jenis udara, jenis minyak dan jenis gas, tetapi jenis yang paling umum digunakan saat ini adalah pemutus sirkuit minyak.
- 2) () Pemutus arus dan sakelar, seperti halnya pemutus sirkuit, dapat membuka-tutup rangkaian listrik (termasuk kabel penghantar), namun penggunaannya harus dibedakan sesuai fungsinya.



Penjelasan

- 1) Dahulu, pemutus sirkuit minyak yang menggunakan minyak isolasi banyak digunakan, tetapi kini tidak lagi dipakai karena risiko kebakaran yang ditimbulkan oleh minyak.

Jawaban: B

- 2) Pemutus sirkuit, sakelar, dan pemutus arus masing-masing memiliki fungsi berbeda, dan jika tidak digunakan di tempat yang sesuai, dapat menimbulkan kecelakaan.

Jawaban: A

3. Baterai



3.1 Sel Surya

Sel surya digunakan sebagai metode pembangkit listrik untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik.

Sel surya adalah elemen semikonduktor dimana, jika terkena cahaya, elektron akan bergerak dan menghasilkan arus listrik. Arus yang dihasilkan adalah arus DC, sehingga untuk digunakan di rumah dan gedung, harus diubah menjadi arus AC menggunakan pengkondisi daya.

Manfaat	Ramah lingkungan, dapat mengurangi biaya listrik, dan bermanfaat saat terjadi bencana.
Kelemahan	Antara lain ada biaya awal dan biaya perawatan, tergantung pada kondisi cuaca, serta tidak dapat menghasilkan listrik pada malam hari.

Jika dipasang bersama baterai penyimpanan, kelebihan listrik yang dihasilkan pada siang hari dapat disimpan didalam baterai dan digunakan pada malam hari. Dapat juga digunakan saat terjadi pemadaman listrik.

Pengkondisi daya: Perangkat ini mengubah daya DC yang diperoleh dari pembangkit listrik tenaga surya menjadi daya AC agar dapat digunakan di rumah tangga dan kantor. Memiliki fungsi untuk menyesuaikan arus dan tegangan agar selalu dapat mengambil daya maksimum dari fluktuasi sinar matahari, serta fungsi menghentikan sistem secara otomatis jika terdeteksi gangguan.





Soal Latihan 11-3

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Listrik yang diperoleh dari pembangkit listrik tenaga surya dapat dengan mudah digunakan sebagai listrik biasa di rumah dan kantor.
- 2) () Sel surya menghasilkan listrik saat terkena cahaya, sehingga pada saat mendung, hujan, atau malam hari, jumlah listrik yang dihasilkan menurun.



Penjelasan

- 1) Listrik yang diperoleh dari pembangkit listrik tenaga surya adalah arus DC. Karena listrik di stopkontak rumah tangga dan kantor berupa listrik AC, listrik DC tak dapat digunakan secara langsung.

Jawaban: B

- 2) Karena listrik dihasilkan oleh cahaya, maka pada hari mendung, hujan, atau malam hari saat cahaya tidak cukup, jumlah listrik yang dihasilkan sangat sedikit.

Jawaban: A





4. Kontrol Mesin

4.1 Sirkuit Hidrolik

- Teknologi hidrolik adalah teknologi yang menggunakan tekanan pada oli untuk menggerakkan mesin.
- Sirkuit hidrolik adalah representasi rancangan dan konfigurasi yang digunakan untuk mewujudkan operasi dengan teknologi hidrolik.
- Strukturnya secara garis besar dibagi menjadi 3 kategori: "pompa hidrolik", "aktuator (silinder dan motor)", dan "katup kontrol".
 - Pompa hidrolik memberikan tekanan pada oli.
Aktuator mengubah tekanan menjadi gerakan.
 - Katup kontrol mengatur tekanan, aliran dan arah oli. Contoh paling umum adalah "katup pengatur tekanan", "katup pengatur aliran" dan "katup pengatur arah". (Tabel 11-9)

Tabel 11-9: Jenis dan Fungsi Katup Kontrol

Jenis Katup Kontrol	Fungsi
Katup pengatur tekanan	Mengatur tekanan oli untuk mengendalikan tenaga aktuator
Katup pengatur aliran	Mengatur laju aliran oli untuk mengendalikan kecepatan gerak aktuator
Katup pengatur arah	Mengatur aliran oli untuk mengendalikan arah gerak aktuator





1. Inspeksi

1.1 Inspeksi Perakitan

(1) Tujuan

Inspeksi perakitan peralatan listrik dan elektronik merupakan proses pengendalian mutu yang penting untuk memastikan setiap komponen produk atau peralatan telah dirakit dengan benar sesuai gambar desain dan spesifikasi, serta produk tersebut memenuhi fungsi dan kinerja yang telah ditentukan.

Proses inspeksi peralatan listrik dan elektronik secara umum dibagi menjadi 3 kategori dibawah ini.

(2) Inspeksi Komponen Listrik dan Elektronik

Dilakukan inspeksi pada komponen-komponen penyusun peralatan listrik dan elektronik. Komponen yang digunakan, seperti resistor, kapasitor, IC, dan perangkat kontrol, diperiksa untuk memastikan item-item yang diperlukan seperti tampilan luar, dimensi dan karakteristik listrik. Namun, inspeksi komponen sering dilakukan oleh pabrikan komponen, dan jarang dilakukan oleh pabrikan peralatan listrik yang merakitnya.

(3) Inspeksi PCB Pasca Pemasangan Komponen

Memeriksa PCB yang telah dipasang komponen elektronik dan lainnya. Pada PCB dipasang banyak komponen elektronik, dan bisa dikatakan merupakan bagian terpenting dari peralatan listrik dan elektronik.

- 1) **Inspeksi penyolderan:** Memeriksa ada tidaknya cacat penyolderan (jembatan solder, solder kurang, retakan solder dan cacat lainnya) secara visual maupun dengan menggunakan peralatan inspeksi.
- 2) **Inspeksi pemasangan komponen:** Memeriksa secara visual maupun dengan menggunakan peralatan inspeksi apakah ada kesalahan pemasangan, seperti komponen kurang, polaritas salah, dan kesalahan lainnya.
- 3) **Inspeksi karakteristik listrik:** Memeriksa dengan penguji sirkuit atau alat serupa, apakah karakteristik listrik PCB secara keseluruhan sesuai dengan desainnya.





(4) Inspeksi Produk Jadi

Melakukan inspeksi terhadap produk jadi setelah pemasangan PCB dan komponen listrik. Memastikan apakah semua fungsi produk dapat bekerja secara normal, apakah memenuhi kinerja yang dipersyaratkan, serta apakah produk dapat digunakan dengan aman.

1) Inspeksi dimensi

Mengukur apakah dimensi produk jadi sesuai dengan yang ditentukan.

2) Inspeksi fungsi

Memeriksa apakah produk memenuhi fungsi sesuai dengan rancangan, dengan menggunakan peralatan pengujian khusus.

3) Uji lingkungan

Memeriksa apakah produk dapat berfungsi secara normal dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembaban, getaran dan guncangan.

4) Pemeriksaan keselamatan

Melakukan uji ketahanan isolasi, uji kebocoran listrik, dsb untuk memastikan produk memenuhi standar keselamatan, seperti UU Keselamatan Peralatan dan Material Listrik.

5) Inspeksi visual

Memeriksa secara visual atau dengan alat inspeksi, sensor, dsb, apakah produk jadi terdapat goresan, kotoran, deformasi, dan lainnya.



(5) Inspeksi Perakitan dan Inspeksi Kinerja



Rincian inspeksi berbeda-beda tergantung produk yang dirakit, namun secara garis besar seperti ditunjukkan Tabel 12-1.

Tabel 12-1: Uji Perakitan dan Uji Kinerja Utama

Item Inspeksi	Metode Inspeksi	Rincian
Inspeksi visual	Secara visual, dengan alat inspeksi dan sebagainya	Memeriksa apakah ada goresan, kotoran, deformasi, kerusakan atau cacat lainnya pada produk.
Inspeksi dimensi	Alat Ukur	Jangka sorong, mikrometer, mistar, dan lain-lain
Inspeksi struktur	Alat ukur dan lainnya	Memeriksa ukuran, berat, kekuatan dan parameter lainnya dengan alat ukur
Inspeksi karakteristik listrik	Tester, osiloskop, dan lain-lain	Memeriksa resistansi isolasi, ketahanan dielektrik, uji EMS, dan pengujian lainnya menggunakan tester dan alat ukur lainnya
Inspeksi fungsi	Peralatan uji	Memeriksa apakah benar-benar berfungsi dan beroperasi secara normal
Pemeriksaan keselamatan	Keselamatan produk	Pengujian berdasarkan standar keselamatan, termasuk UU Keselamatan Peralatan dan Material Listrik, dan lainnya
Inspeksi keandalan	Uji umur pakai dipercepat	Untuk memastikan apakah mutu dapat dipertahankan dalam kondisi dipercepat





2. Pemeliharaan

2.1 Pengertian Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah "melindungi dan membuat aman", dengan arti yang mirip dengan kata perawatan. Secara umum, pemeliharaan berarti "melakukan perlindungan dan inspeksi agar tidak terjadi kerusakan", dan merujuk pada tindakan yang dilakukan secara rutin untuk mencegah terjadinya masalah sejak dini.

- * Baik perawatan maupun pemeliharaan pada akhirnya merupakan tindakan penting untuk keselamatan. Secara umum, perawatan berarti **"mengembalikan barang yang rusak ke kondisi normal"**, yaitu tindakan reaktif saat terjadi gangguan.

2.2 Jenis Pemeliharaan

Ada berbagai jenis pemeliharaan, diantaranya termasuk pemeliharaan mesin, inspeksi harian, **inspeksi berkala** dan **pemeliharaan peralatan**. Di Jepang, konsep "**pemeliharaan preventif**", yaitu mencegah kerusakan atau gangguan sebelum terjadi masalah serius, telah banyak diterapkan.

(1) Pemeliharaan Preventif

- "Pemeliharaan preventif" dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan secara tiba-tiba, karena kerusakan mesin yang terjadi mendadak dapat berakibat terhentinya seluruh proses produksi maupun timbulnya produk cacat.
- Jika satu mesin berhenti bekerja di pabrik semikonduktor, misalnya, seluruh lini produksi terpaksa harus dihentikan, yang berdampak besar pada produksi.
- Oleh karena itu, konsep "pemeliharaan terencana" diterapkan untuk meningkatkan tingkat utilisasi keseluruhan lini produksi dengan melakukan penggantian suku cadang dan pemeliharaan secara terencana sebelum masa pakai mesin berakhir.
- Namun, ada pula kelemahan berupa timbulnya biaya yang tidak perlu akibat penggantian komponen yang sebenarnya masih layak digunakan, sehingga penetapan interval pemeliharaan yang tepat menjadi hal yang penting.





(2) Pemeliharaan Prediktif

- **"Pemeliharaan prediktif"** dilakukan dengan memantau peralatan produksi secara berkelanjutan dan melakukan pemeliharaan jika terdeteksi ada tanda-tanda degradasi atau kerusakan.
- Dengan metode ini, pemborosan akibat penggantian komponen yang masih dapat digunakan dapat dihindari sekaligus mencegah terjadinya kerusakan mendadak, meskipun diperlukan biaya awal untuk penetapan objek pemantauan dan nilai kontrol yang harus dimonitor berkelanjutan, serta untuk pengembangan sistem.

(3) Pemeliharaan Korektif

- **"Pemeliharaan korektif"** adalah pemeliharaan peralatan yang didasarkan pada pendekatan penanganan setelah terjadinya gangguan. Untuk gangguan yang dampaknya kecil, biaya yang terkait dengan pemeliharaan preventif dapat ditekan.

2.3 Lingkup Pekerjaan Pemeliharaan Peralatan

Secara garis besar, lingkup pekerjaan yang harus dilakukan dalam pemeliharaan peralatan dapat dibagi menjadi 3 kategori:

- **Melakukan perawatan peralatan secara berkala**
Perawatan dilakukan dengan melakukan penggantian suku cadang pada interval tertentu.
- **Melakukan inspeksi dan pemantauan peralatan**
Memantau dan mengukur kondisi peralatan untuk menilai kebutuhan perawatan.
- **Memperbaiki kerusakan peralatan**
Melakukan perbaikan jika terjadi gangguan pada peralatan.



2.4 Dampak Pemeliharaan Peralatan



Berikut ini adalah 4 manfaat utama yang dapat diharapkan dari pemeliharaan peralatan.

- Menjamin keselamatan melalui pencegahan kerusakan mesin
- Mengurangi tingkat cacat produk akibat kerusakan mesin
- Memperpanjang umur pakai mesin
- Mengurangi biaya dan meningkatkan keuntungan perusahaan



Soal Latihan 12-1

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Perawatan berarti "melakukan perlindungan dan inspeksi untuk mencegah kerusakan"
- 2) () Pemeliharaan preventif mengurangi pemborosan penggantian suku cadang dibandingkan pemeliharaan prediktif.



Penjelasan

- 1) Melakukan pemeriksaan agar tidak terjadi kerusakan bukanlah perawatan, melainkan pemeliharaan.

Jawaban: B

- 2) Komponen yang diganti lebih banyak pada pemeliharaan preventif.

Jawaban: B





3. Kemasan Industri

3.1 Pengertian Kemasan Industri

- Kemasan industri adalah kemasan untuk produk industri. Dalam standar JIS didefinisikan sebagai "kemasan yang digunakan terutama untuk pengiriman barang ke pihak perantara beserta penyimpanannya". Dengan kata lain, kemasan yang bertujuan hanya untuk melindungi produk dari kerusakan yang terjadi selama pengiriman dari pabrik hingga dipajang di toko.
- Produk industri seperti produk mesin, produk listrik dan produk elektronik memiliki ukuran, bentuk serta berat yang beragam, sehingga diperlukan pengemasan yang sesuai karakteristik produk.

3.2 Peran dan Fungsi Kemasan

- Peran kemasan industri adalah untuk **menjaga mutu produk industri, serta menyimpan dan mengirimkannya secara aman.**
- Karena cara pengiriman dan kondisi penyimpanan produk industri bervariasi, perlu melindungi mutu produk dari suhu dan kelembaban tinggi selama penyimpanan serta dari kerusakan selama pengiriman.
- Untuk itu, penting untuk menggunakan bahan kemasan yang sesuai bentuk dan sifat produk, sehingga terlindung dari kerusakan dan penurunan mutu, serta **tahan untuk penyimpanan jangka panjang maupun pengiriman.**
- Selain itu, karena kemasan industri tidak sampai ke konsumen secara langsung, kemasan yang mewah tidak diperlukan untuk konsumen, sekaligus perlu memiliki fungsi untuk menghemat biaya.

3.3 Bahan Kemasan

- Metode pengemasan antara lain meliputi pengemasan kotak kertas, kotak kardus, peti kayu, wadah logam, wadah kaca dan wadah plastik hasil injeksi.
- Bahan kemasan yang digunakan untuk melindungi produk meliputi bahan bantalan seperti kertas, kain atau busa polistiren, serta bahan penahan seperti kayu, kertas tebal dan selotip, dan pengemasan perlu dilakukan dengan kombinasi secara minimal dari bahan-bahan tersebut.



- **Kayu** yang digunakan sebagai bahan kemasan perlu memiliki penampang berbentuk persegi atau mendekati persegi.



3.4 Kualitas Logistik

Kualitas logistik berarti pengiriman produk kepada pelanggan dalam kondisi yang dikelola dengan baik.

(1) Elemen Dasar Kualitas Logistik

Penting untuk memenuhi **harapan pelanggan** seperti berikut, sekaligus meningkatkan kepuasan pelanggan.

- 1) Kualitas tenggat waktu (memenuhi **tenggat waktu yang dijanjikan**)
- 2) Kualitas produk (**menjaga kualitas** produk dengan mencegah kerusakan dan penurunan mutu selama pengiriman)
- 3) Kualitas pengiriman (akurasi dan kecepatan dalam memastikan barang, jumlah, dan tujuan pengiriman yang tidak salah)

(2) Evaluasi Kualitas Logistik

Menyatakan probabilitas terjadinya masalah pengiriman atau klaim pelanggan dalam bentuk angka. Sering digunakan besaran “**PPM** (parts per million)”, yaitu probabilitas terjadinya masalah per 1 juta pesanan pengiriman.

Meskipun berbeda-beda tergantung industri, objek dan sistemnya, untuk indikator umum logistik biasanya digunakan Level 3, 100 PPM atau kurang, sedangkan untuk gudang digital: Level 4, 50 PPM atau kurang, gudang atau pusat distribusi yang sepenuhnya otomatis: Level 5, 10 PPM, sebagai batas maksimum.



3.5 Label Kehati-hatian Penanganan (JIS Z0150)



Berikut adalah tanda petunjuk penanganan utama yang telah distandarisasi oleh JIS.

Tabel 12-2: Tanda Petunjuk Utama

	Kehati-hatian Penanganan	Menunjukkan bahwa kargo harus ditangani dengan hati-hati untuk menghindari benturan.
	Kehati-hatian Menangani Kehati-hatian Penanganan	Menunjukkan bahwa isi kargo mudah pecah dan harus ditangani dengan hati-hati.
	Jangan Terkena Air	Menunjukkan bahwa kargo harus dijaga agar tidak terkena air hujan.
	Batas Jumlah Tumpukan	Saat menumpuk kargo yang sama, tanda ini menunjukkan jumlah maksimum lapisan/tumpukan yang boleh ditumpuk. * Catatan notasi: Angka “n” tidak termasuk kargo paling bawah. Selain itu, koreksi dengan tulisan tangan diperbolehkan.
	Jangan Ditumpuk	Menunjukkan bahwa kargo tidak boleh ditumpuk satu sama lain.





4. Pembentukan Plastik

4.1 Pengertian Pembentukan Plastik

Pembentukan (injeksi) plastik adalah proses pembuatan plastik, terutama polimer seperti resin sintetis yang disintesis dari minyak bumi, dengan memanaskan hingga meleleh, dan menuangkan kedalam cetakan atau alat sejenis, serta mendinginkan hingga mengeras.

Dibanding logam, lebih ringan dan mudah diolah, sehingga digunakan secara luas.

- 1) Hampir semua bahan pembentukan plastik dapat dibagi menjadi 2 jenis: "resin termoplastik" dan "resin termoset".
- 2) Resin termoplastik adalah bahan seperti polietilena, yang menjadi lunak saat dipanaskan, dan mengeras saat didinginkan. Sisa bahan setelah pembentukan juga **dapat digunakan kembali**. Namun, meskipun mudah diolah, bahan ini lemah terhadap suhu tinggi dan kekuatan mekaniknya juga tidak tinggi.
- 3) Resin termoset menjadi keras saat dipanaskan karena terbentuk struktur jembatan antar molekul, sehingga memiliki ketahanan panas dan kekuatan yang lebih baik dibanding resin termoplastik. Namun, sekali mengeras, tidak akan menjadi lunak lagi meskipun dipanaskan ulang.
- 4) Selain itu, ada juga "**plastik biodegradable**" yang dapat terurai oleh bakteri jika dikubur didalam tanah.
- 5) Agar proses pembentukan plastik dapat dilakukan secara stabil, penting untuk mengelola kondisi pembentukan (seperti suhu, tekanan, jumlah bahan resin, kecepatan injeksi, dsb) serta mengendalikan benda asing pada setiap tahap proses.



Istilah

Pencetakan dan pembentukan: Dalam pengolahan resin, karena produk dibentuk menggunakan cetakan, istilah yang tepat seharusnya "pencetakan", tetapi "pembentukan" lebih banyak digunakan, sehingga disini akan digunakan istilah "pembentukan"



4.2 Pembentukan Injeksi

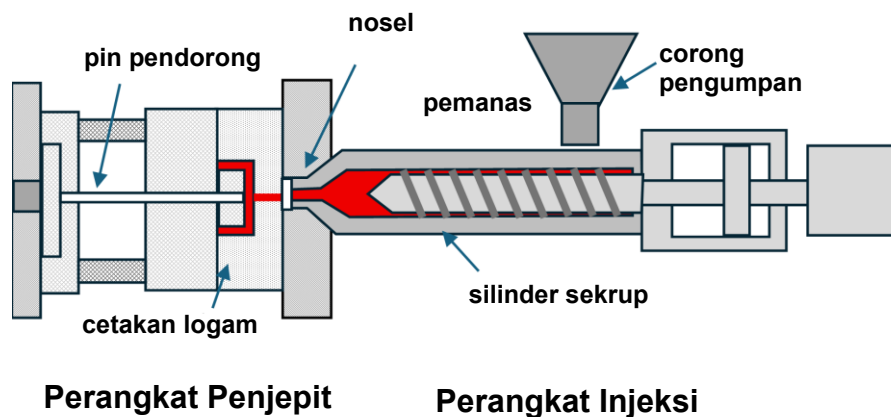


Metode pembentukan mencakup berbagai cara, seperti pembentukan injeksi dan pembentukan tiup dimana udara ditiupkan untuk mengembungkan bahan, namun disini akan dijelaskan pembentukan injeksi, yang paling umum.

- Pembentukan injeksi adalah proses dimana resin (plastik) dipanaskan dan dilelehkan, serta disuntikkan dan diisi kedalam cetakan, lalu dibentuk dengan pemberian tekanan.
- Metode ini terutama digunakan untuk pembentukan resin termoplastik, memungkinkan pembentukan secara cepat berbagai produk resin dengan ketebalan yang tipis atau bentuk yang kompleks, dan cocok untuk produksi massal.

(1) Struktur dan Mekanisme Pembentukan Injeksi

“Mesin pembentukan injeksi” utamanya terdiri dari 3 bagian: 1) perangkat injeksi, 2) perangkat penjepit, dan 3) cetakan logam.



Gambar 12-1: Konfigurasi Umum Mesin Pembentukan Injeksi

- 1) **Perangkat injeksi:** Bahan resin termoplastik dimasukkan kedalam corong pengumpan, kemudian dilelehkan didalam silinder yang dipanaskan dan dipindahkan ke bagian ujung oleh perangkat sekrup, lalu jumlah yang dibutuhkan ditekan dan disuntikkan kedalam cetakan. Volume injeksi diatur melalui kecepatan putaran perangkat sekrup.
- 2) **Perangkat penjepit:** Setelah resin disuntikkan kedalam cetakan yang dijepit, cetakan didinginkan melalui mekanisme pendingin, sehingga resin mengeras. Karena resin mengalami penyusutan, diperlukan penyetelan parameter mesin secara presisi.



- 3) **Cetakan:** Merupakan komponen kunci dalam pembentukan injeksi. Karena resin plastik dikenai tekanan tinggi saat diisi, cetakan harus memiliki struktur yang tahan tekanan tinggi serta tingkat presisi yang tinggi. Selain itu, semakin besar sudut keluar produk pembentukan dari cetakan, akan semakin mudah dilepas. Di sisi lain, struktur saluran (sprue) dimana produk otomatis lepas akibat gaya beratnya sendiri juga penting. Selain itu, pin pendorong juga dipasang untuk mengambil produk pembentukan dari cetakan.

Tantangan terbesar dalam menyimpan cetakan adalah “mencegah terjadinya karat”. Penyimpanan dilakukan di gudang khusus dengan kelembaban yang dikontrol tetap rendah.



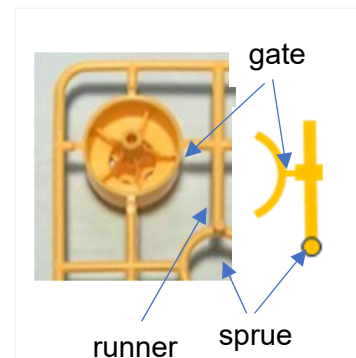
Keterangan Tambahan 12-1

Jalur Injeksi Internal Cetakan

- Resin tidak langsung disuntikkan kedalam cetakan, tetapi untuk memastikan pembentukan yang merata, dibuatlah saluran berupa "sprue", "runner" dan "gate". Sprue adalah saluran yang pertama kali diisi resin, dan sudut keluar produk pembentukan dirancang agar produk bisa dilepas dengan mudah setelah mengeras.

Jalur berikutnya, yaitu runner, adalah saluran tempat bahan leleh mengalir secara merata, sedangkan gerbang adalah titik masuk ke produk pembentukan yang merupakan bagian penting karena sangat mempengaruhi kualitas akhir produk.

- Kualitas produk pembentukan bisa terganggu jika kecepatan aliran resin ke runner atau gate tidak tepat, sehingga perancangan dan pembuatan cetakan yang presisi untuk setiap produk sangat penting.
- Cetakan digunakan tidak hanya untuk pembentukan plastik, tetapi juga untuk melakukan die casting (cetak tekan) logam dengan titik leleh rendah, seperti aluminium.



Gambar 12-2: Jalur Injeksi Internal Cetakan



(2) Karakteristik Pembentukan Injeksi

- Merupakan metode pembentukan plastik yang paling banyak digunakan
- Kualitas tinggi dan produktivitas tinggi, dimana jika bentuk produknya sama, memungkinkan produksi dalam jumlah besar dalam waktu singkat.
- Biaya pembuatan cetakan logam sangat tinggi, sehingga kurang cocok untuk produksi dalam jumlah kecil.
- Untuk produksi yang stabil, diperlukan penyesuaian secara presisi terhadap peralatan dan kondisi.



Soal Latihan 12-2

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Resin termoplastik dapat digunakan kembali jika dipanaskan kembali.
- 2) () Cetakan logam untuk pembentukan plastik dapat digunakan untuk produk yang berbeda.
- 3) () Sudut keluaran (draft angle) pada produk pembentukan diterapkan pada bagian gate.



Penjelasan

- 1) Jika dipanaskan lagi, akan melunak dan dapat digunakan kembali.

Jawaban: A

- 2) Cetakan memerlukan perancangan yang presisi, seperti kecepatan injeksi dan volume injeksi, sehingga tidak dapat digunakan bersama untuk produk yang berbeda.

Jawaban: B

- 3) Kemiringan (draft angle) dibuat pada sprue di bagian saluran masuk.

Jawaban: B



4.3 Pembentukan Plastik FRP



- Bahan plastik diperkuat umumnya disebut FRP (Fiber Reinforced Plastics), yaitu plastik yang ditambahkan serat kaca atau karbon untuk meningkatkan kekuatannya.
- Penggunaan utamanya meliputi bodi mobil dan kapal mewah, kolam renang dan bak mandi, tangki industri, baling-baling turbin angin, serta pada PCB epoksi kaca.



bodi kapal



bak mandi



baling-baling kincir

Gambar 12-2: Penggunaan FRP

(1) Metode Pembentukan

Ada berbagai metode, tetapi pada dasarnya, serat kaca diberi impregnasi dengan resin cair berbasis epoksi, kemudian diproses dan dibentuk dengan pengepresan pada suhu dan tekanan tinggi.

(2) Karakteristik

Fitur utamanya adalah dapat dirancang secara bebas sesuai penggunaan. Berikut adalah keunggulan dan kelemahannya.

Tabel 12-3: Keunggulan dan Kelemahan FRP

Keunggulan	Kelemahan
• Lebih kuat dari besi dan lebih ringan dari aluminium • Tahan korosi dan bahan kimia. • Jika bahan penguat menggunakan serat kaca: unggul dalam isolasi listrik; jika menggunakan serat karbon: unggul dalam konduktivitas listrik. • Dibanding logam, lebih mudah membuat bentuk yang rumit.	• Karena terbuat dari plastik, mudah terbakar • Permukaannya mudah tergores. • Sulit didaur ulang dan dibuang.



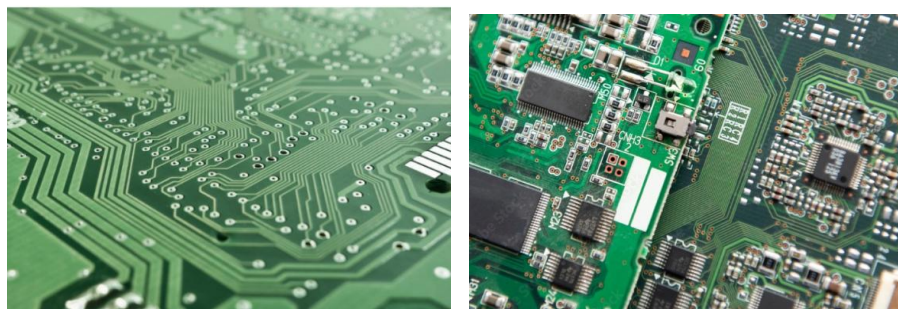


5. Pembuatan Papan Sirkuit Cetak (PCB)

5.1 Pengertian Papan sirkuit cetak (PCB)

PCB adalah papan berbahan dasar isolator, seperti epoksi, di atasnya dibentuk pola jalur konduktor (pola jalur cetak) untuk jalur listrik, yang menjadi komponen dasar untuk membuat rangkaian elektronik. Digunakan hampir di semua peralatan elektronik.

- Berdasarkan strukturnya, ada PCB 1-sisi, PCB 2-sisi, dan PCB multi-lapis.
- Bahan yang digunakan antara lain kertas fenol (laminasi), epoksi kaca, dan keramik.
- Ada 3 jenis, sebagai berikut:
 - PCB kaku, yang menggunakan papan isolasi keras
 - PCB fleksibel, yang dibuat pada bahan isolasi tipis
 - Papan fleksibel-kaku, yang menggabungkan fitur kedua PCB
- PCB yang digunakan pada ponsel pintar adalah PCB multi-lapis.
- Papan induk (motherboard) adalah PCB yang disiapkan untuk memasang dan menghubungkan beberapa PCB terangkai utama, seperti CPU dan memori pada komputer.
- PCB terangkai tidak sama dengan PCB karena PCB terangkai adalah PCB yang telah dipasang komponen elektronik sehingga dapat berfungsi sebagai rangkaian elektronik.
- Komponen utama konduktor adalah tembaga, sedangkan emas terkadang digunakan sebagai pelapis untuk perlindungan.
- Film untuk produksi juga disebut film masker, yaitu film yang memiliki pola dalam ukuran sebenarnya. Film tersebut digunakan untuk membentuk pola konduktor.



Gambar 12-3: PCB (kiri) dan PCB Terangkai (kanan)

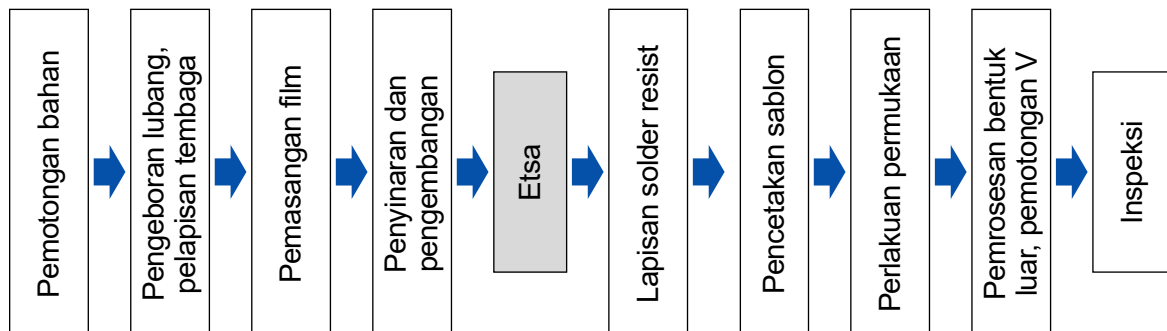


5.2 Metode Produksi PCB



Ada 2 metode produksi utama, sebagai berikut:

- 1) Metode produksi PCB dimana bagian pola sirkuit pada lapisan tembaga PCB di tutupi dengan film masker, kemudian setelah penyinaran, bagian yang tidak diperlukan dihilangkan dengan etsa (lihat Gambar 12-4). Dari segi biaya produksi, metode ini paling umum digunakan.



Gambar 12-4: Alur Produksi PCB

- 2) Metode membentuk pola sirkuit dengan membuat lapisan resist (lapisan pelindung) pada bagian selain pola sirkuit diatas papan isolator, kemudian membentuk pola sirkuit melalui proses pelapisan logam.



Istilah

Film untuk produksi: digunakan untuk membuat PCB dengan skala 1: 1, berupa film atau pelat kering yang memiliki pola.





5.3 Proses Etsa

(1) Etsa

Proses yang penting untuk membentuk pola jalur konduktor pada PCB.

- Setelah proses penyinaran dan pengembangan, bagian tembaga di luar pola sirkuit dihilangkan secara kimia dengan larutan etsa.
- Karena proses etsa adalah reaksi kimia, kontrol konsentrasi dan suhu larutan sangat penting.
- Ada 2 metode utama proses etsa. Pada PCB digunakan metode etsa basah.

(2) Etsa Basah

Metode untuk menghilangkan bagian di luar pola rangkaian. Proses penyinaran, pengembangan dan etsa ditunjukkan pada Gambar 12-5.

1) Pelapisan

Resist (bahan fotosensitif) dilapiskan pada lapisan tembaga PCB.

2) Penyinaran

Fotomasker (pola jalur konduktor) diletakkan di atasnya, lalu dilakukan penyinaran dengan sinar UV dari atas. Saat sinar UV mengenai bagian yang ingin dipertahankan polanya, resist akan mengeras.

3) Pengembangan

Direndam dalam larutan alkali untuk pengembangan. Resist pada bagian yang tidak mengeras setelah penyinaran (bagian yang tertutup fotomasker) dihilangkan melalui proses etsa, sehingga hanya bagian pola jalur yang tersisa.

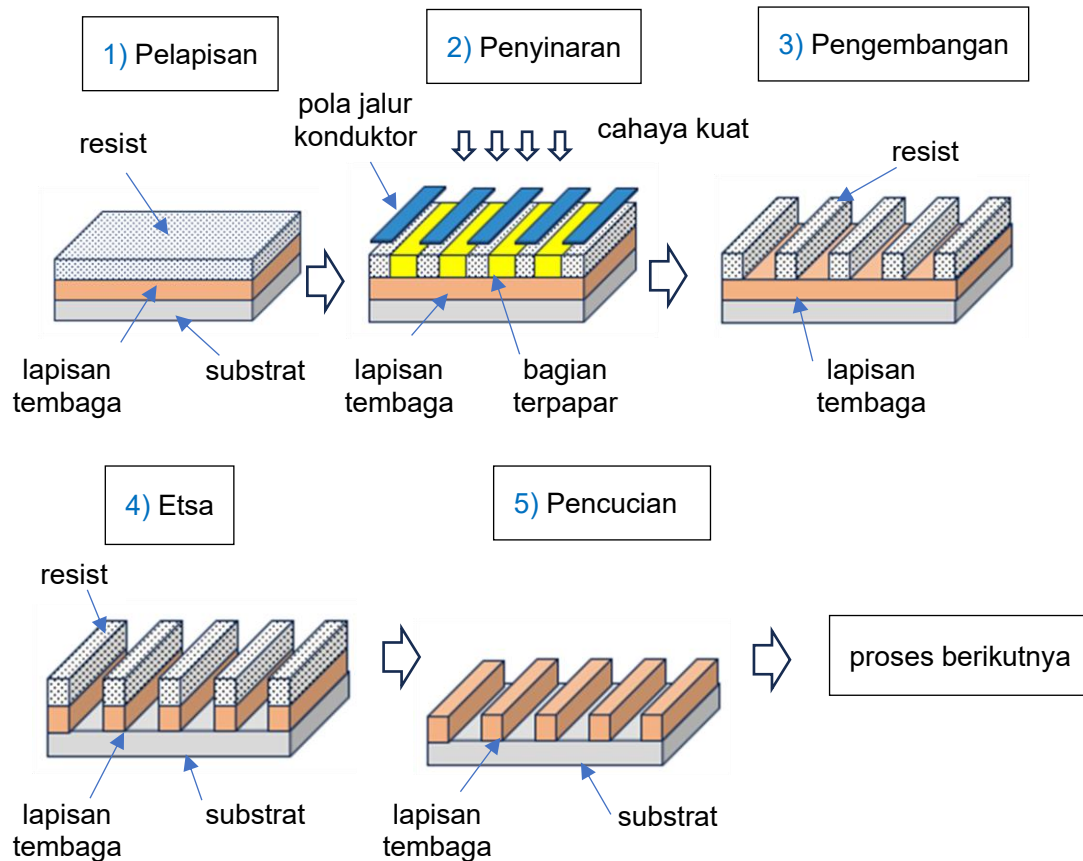
4) Etsa

Lapisan tembaga yang terekspos di etsa dengan cairan asam, bersama dengan resist pola jalur yang telah mengeras. Proses etsa mencapai hingga bahan dasar (substrat), sehingga yang tersisa hanyalah pola jalur dan sebagian resist yang telah mengeras.

5) Pencucian

Sisa resist yang mengeras dihilangkan, larutan etsa dibersihkan, kemudian PCB dilanjutkan ke proses berikutnya.





Gambar 12-5: Proses Penyinaran, Pengembangan dan Etsa



Keterangan Tambahan 12-2

Pola jalur konduktor yang digunakan pada IC dan LSI semikonduktor juga dietsa dengan cara yang sama. Perbedaan yang paling mencolok adalah pada lebar jalur sirkuit. Pada PCB, ukurannya berada pada orde sub-milimeter, sedangkan pada semikonduktor, berada pada orde nanometer (nm).





Soal Latihan 12-3

■ Pilih A jika benar dan pilih B jika salah.

- 1) () Dalam produksi PCB, proses etsa merupakan metode untuk menghilangkan bagian yang tidak diperlukan di luar pola jalur sirkuit, dengan menggunakan bahan kimia atau pengikisan mekanis.
- 2) () Pola jalur konduksi dilindungi oleh resist dan tidak akan dihilangkan dengan etsa.
- 3) () PCB terangkai adalah sirkuit elektronik yang dibuat dengan menyolder komponen-komponen elektronik ke PCB.



Penjelasan

- 1) Etsa adalah metode untuk menghilangkan logam secara kimia, bukan dengan cara pengikisan mekanis.

Jawaban: B

- 2) Seperti ditunjukkan Gambar 12-5, resist tetap berada di bagian pola jalur, sedangkan lapisan tembaga di bagian lainnya dietsa dan dihilangkan. Jadi pola jalur tidak ikut teretsa dan tetap tersisa.

Jawaban: A

- 3) Seperti dibedakan antara istilah PCB dan PCB terangkai, PCB terangkai adalah papan yang telah dibentuk menjadi suatu rangkaian elektronik.

Jawaban: A



Ujian Evaluasi Pekerja Berketerampilan Spesifik Bidang Manufaktur No. 1 (Kategori Perakitan Peralatan Listrik dan Elektronik) Buku Referensi Pembelajaran

Desember 2025 - Edisi Pertama

Juli 2026 - Edisi Kedua

Disunting: The Association for Overseas Technical Cooperation and Sustainable Partnerships (AOTS)

Ditulis: Akihiro Kitagawa
Noriyuki Sugiyama
Eiji Setoyama
Katsuhiko Majima
(berdasarkan urutan abjad Jepang)

Diterbitkan: Japan Association for Human Resources in Industrial Product Manufacturing (JAIM)
5-11-2 Toranomon, Distrik Minato, Tokyo 105-8501
URL <https://www.jaim-skill.or.jp/>

©2025 Japan Association for Human Resources in Industrial Product Manufacturing
