

Ujian Evaluasi Pekerja Berketerampilan Spesifik Bidang Manufaktur Tingkat 1

Kategori Perlakuan Permukaan Logam

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
Pencegahan Pencemaran Lingkungan



Bab 6
Pengukuran dan Inspeksi



Bab 7
Material



Bab 8
Kimia Umum



Bab 9
Listrik



Bab 10
Perlakuan Permukaan Logam



Bab 11
Pelapisan Logam



Bab 12
Anodisasi Aluminium



Bab 13
Pemolesan Buff

Daftar Isi

Bab 1

Garis besar Ujian dan Cara Belajar

1

- 1. Garis Besar Ujian 1
 - 1.1 Materi Ujian1
 - 1.2 Kesesuaian Kategori Perlakuan Permukaan Logam 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 Kerja (UU K3)5
 - 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 Kerja11
 - 2.1 Edukasi untuk Pekerja Baru dan saat Materi Pekerjaan Berubah11
 - 2.2 Pendidikan Khusus11
 - 2.3 On the Job Training (OJT)12
 - 2.4 Pelatihan Identifikasi Bahaya (Kiken Yochi Training / KYT)12

3.	APD (Alat Pelindung Diri).....	15
4.	Pengetahuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	16
4.1	Hukum Heinrich	16
4.2	Asesmen 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 Reduksi	38
1.3	Berat Jenis	39
2.	Pemanfaatan Sumber Daya	39
2.1	Reduce, Reuse, Recycle	39
2.2	Ekonomi Sirkular.....	40
3.	Listrik	41

Bab 5

Pencegahan Pencemaran Lingkungan

42

1.	Pencemaran Lingkungan	42
1.1	Undang-Undang Pokok Lingkungan Hidup	42
1.2	Pencegahan Polusi Air.....	43
1.3	Pencegahan Polusi Udara	45
1.4	Pencemaran Lingkungan Lainnya	47
1.5	Proses Permukaan Logam dan Dampak Lingkungan.....	49
2.	Sistem Manajemen Lingkungan	50
2.1	ISO 14001	50
2.2	Direktif RoHS	51
2.3	Peraturan REACH.....	52

Bab 6

Pengukuran dan Inspeksi

53

1.	Pengukuran Larutan	53
1.1	Pengukuran Suhu	53

1.2	Pengukuran Berat Jenis	54
1.3	Pengukuran pH	55
1.4	Titrasi Netralisasi.....	56
2.	Pengukuran Listrik	58
2.1	Pengukuran Arus Listrik.....	58
2.2	Pengukuran Tegangan Listrik	59
3.	Pengukuran Ketebalan Lapisan	61
3.1	Pengukuran Ketebalan Pelapisan Logam	61
3.2	Pengukuran Tebal Lapisan Anodisasi.....	63
3.3	Pengetahuan lainnya	64
4.	Uji Ketahanan Korosi	66
4.1	Uji Semprot Air Garam	66
4.2	Uji Tetes Alkali	67
5.	Pengukuran dan Inspeksi Lainnya	69
5.1	Uji Visual	69
5.2	Pencocokan Warna.....	70
5.3	Pengukuran dan Inspeksi Lainnya	70

Bab 7

Material

72

1.	Bahan Logam	72
1.1	Baja dan Logam Non-Besi.....	72
1.2	Densitas Logam	72
1.3	Titik Leleh Logam.....	74
1.4	Konduktivitas Listrik Logam	74
1.5	Paduan Tembaga.....	76

1.6	Paduan Aluminium	76
1.7	Paduan Seng	77
2.	Korosi dan Pencegahannya	79
2.1	Korosi	79
2.2	Korosi Lapisan Logam dan Pencegahannya.....	80
2.3	Korosi Baja (Besi) dan Pencegahannya.....	81
2.4	Korosi Tembaga	81
2.5	Korosi Aluminium dan Pencegahannya.....	82
2.6	Korosi Seng	82
3.	Bahan Perlakuan Permukaan	86
3.1	Jig.....	86
3.2	Bahan Masking	87
3.3	Bahan Tangki Proses	87

Bab 8

Kimia Umum

89

1.	Asam dan Basa	89
1.1	Asam dan Basa.....	89
1.2	Ionisasi dan Derajatnya	89
1.3	Netralisasi	90
1.4	Garam	91
2.	Pelarutan dan Pengendapan	93
2.1	Pelarut, Zat Terlarut dan Larutan	93
2.2	Pengendapan.....	93
3.	Oksida	96
3.1	Klasifikasi dan Sifat Oksida	96

3.2	Oksidasi dan Reduksi	96
4.	Konsentrasi Molar dan Normalitas	98
4.1	Konsentrasi Molar	98
4.2	Normalitas	98
5.	pH.....	99
5.1	Konsentrasi Ion Hidrogen	99
5.2	Konsentrasi Ion Hidrogen dan pH	100
5.3	pH Meter	101
6.	Elektrolit dan Elektrolisis	103
6.1	Elektrolit	103
6.2	Elektrolit Kuat dan Elektrolit Lemah.....	103
7.	Kecenderungan Ionisasi	103
8.	Elektrolisis	107
8.1	Elektrolisis dan Reaksi Elektroda	107
8.2	Reaksi Elektroda dan Reaksi Kimia	108
9.	Pelapisan Logam dan Listrik	108
9.1	Pelapisan Logam dan Arus Listrik	108
9.2	Pelapisan Logam dan Tegangan Listrik.....	109
10.	Fenomena dalam Bak Pelapisan	110
10.1	Anoda dan Katoda	110
10.2	Distribusi Densitas Arus Listrik	111

Bab 9

Listrik

113

1.	Dasar-dasar	113
1.1	Arus Listrik, Tegangan dan Resistansi	113
1.2	DC dan AC	114

1.3	Simbol	115
1.4	Arus Listrik dan Medan Magnet.....	116
2.	Hukum Ohm.....	119
2.1	Hubungan Arus Listrik, Tegangan dan Resistansi.....	119
3.	Penggabungan Resistansi	122
3.1	Rangkaian Seri	122
3.2	Rangkaian Paralel.....	123
4.	Hukum Lainnya.....	125
4.1	Hukum Fleming.....	125
4.2	Hukum Kirchhoff	126

Bab 10

Perlakuan Permukaan Logam

128

1.	Tujuan dan Klasifikasi	128
1.1	Tujuan Perlakuan Permukaan	128
1.2	klasifikasi Perlakuan Permukaan.....	129
1.3	Karakteristik Berbagai Perlakuan Permukaan.....	131
1.4	Contoh Penerapan.....	131
2.	Pelapisan Logam	134
2.1	Pengertian Pelapisan Logam.....	134
2.2	Jenis-jenis Pelapisan Logam	134
3.	Anodisasi	135
3.1	Pengertian Anodisasi	135
3.2	Karakteristik Lapisan Anodisasi	135
4.	Perlakuan Konversi Kimia	137
4.1	Ringkasan dan Tujuan	137
4.2	Jenis Perlakuan Konversi Kimia	137

5.	Pengecatan.....	140
5.1	Ringkasan dan Tujuan	140
5.2	Metode Pengecatan.....	140
5.3	Jenis Cat	141

Bab 11

Pelapisan Logam

143

1.	Pelapisan Listrik.....	143
1.1	Metode dan Karakteristik	143
1.2	Jenis dan Fungsi.....	144
1.3	Tahap Proses dan Kontrol	146
1.4	Penggunaan Peralatan dan Jig	148
1.5	Bahan Dasar Pelapisan (Substrat)	153
1.6	Cacat Pelapisan Listrik	154
2.	Pelapisan Celup Panas.....	157
2.1	Metode dan Karakteristik	157
2.2	Jenis.....	158
2.3	Tahap Proses dan Kontrol	158
2.4	Cacat Pelapisan Celup Panas	160
3.	Pelapisan Logam Lainnya.....	162
3.1	Pelapisan Tanpa Elektrolisis	162
3.2	Pelapisan Kering.....	163

Bab 12

Anodisasi Aluminium

165

1.	Anodisasi	165
1.1	Prinsip Anodisasi.....	166

1.2	Prosedur Kerja Anodisasi	167
1.3	Peralatan dan Jig Anodisasi	168
2.	Struktur Lapisan Anodisasi.....	170
3.	Sifat Lapisan Anodisasi dan Evaluasinya	172

Bab 13

Pemolesan Buff

176

1.	Karakteristik Pemolesan Buff	176
1.1	Tujuan Pemolesan Buff.....	176
1.2	Penggunaan Pemolesan Buff	177
1.3	Material yang Dipoles dengan Buff.....	178
2.	Metode Pemolesan Buff.....	180
2.1	Proses Pemolesan Buff	180
2.2	Perubahan Permukaan Material dalam Pemolesan Buff	181
2.3	Jenis-jenis Buff.....	182
2.4	Jenis Bahan Abrasif untuk Pemolesan Buff.....	184
2.5	Peralatan Pemolesan	188
3.	Poin Perhatian dan Cacat Pemolesan Buff	192
3.1	Poin Perhatian Pemolesan Buff.....	192
3.2	Cacat Pemolesan Buff	193



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 atau 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 (18 tahun untuk warga negara Indonesia) pada hari ujian dan memiliki keinginan bekerja di Jepang jika lulus ujian



1.2 Kesesuaian Kategori Perlakuan Permukaan Logam dengan Jenis Pekerjaan



Tabel 1-2: Hubungan Kategori Ujian dengan Jenis Pekerjaan

Kategori Perlakuan Permukaan Logam	Pelapisan Listrik, Pelapisan Seng Celup Panas, Anodisasi, Pemolesan Buff
---	--

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 mencurigakan.

(3) Penanganan 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 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.

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) Baca berulang-ulang sampai paham tanpa harus memeriksa artinya.

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) Baca dengan seksama sampai akhir kalimat untuk mengetahui benar atau salah.

Makna bahasa Jepang tidak akan dapat dipahami jika tidak dibaca dengan baik hingga akhir. Jika membacanya dengan terburu-buru, ada kemungkinan memahami 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.

Panduan 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 di sekitarnya
- 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, lapor ke atasan, dan ikuti petunjuk yang diberikan.



1.2 Undang-Undang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (UU K3)



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

(1) Standar pencegahan bahaya untuk mencegah kecelakaan kerja

UU ini menetapkan pedoman untuk mencegah kecelakaan kerja. Baik perusahaan maupun pekerja wajib mematuhi pedoman 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 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. Bekerjasamalah di tempat kerja agar dapat melaksanakan 5S sebagai hal yang 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 barang A" hanya boleh diletakkan "barang 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 ditentukan dan dikontrol, misalnya "di rak ini ditempatkan sekrup 10-20 unit".



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 Edukasi untuk Pekerja Baru dan saat Materi 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. Umumnya digunakan metode KYT 4 putaran.

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?

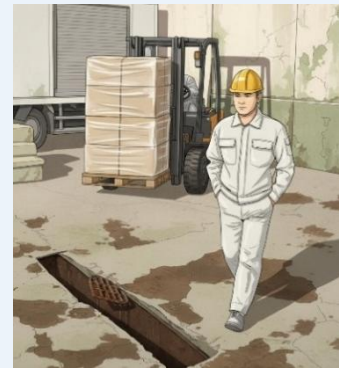
A. Melakukan pekerjaan pengepresan logam. (pengoperasian dengan menekan kedua tombol di kiri dan kanan)



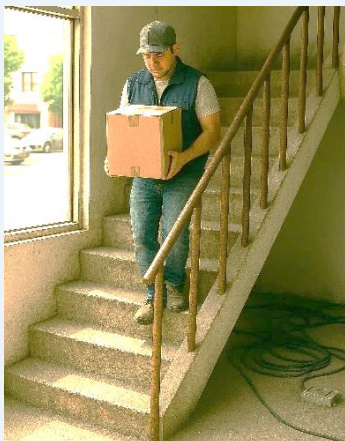
B. Memproses logam dengan bor duduk.



C. Berjalan pada jalur didalam pabrik.



D. Menurunkan barang dari lantai 2.



E. Membersihkan tangki yang digunakan untuk pekerjaan menghilangkan lemak pada logam. Cairan pembersih mengandung pelarut organik.





A	1) Karena sakelar kanan selalu diposisikan ON dengan menggunakan selotip, tangan dapat terjepit jika tangan kanan masih berada didalam mesin dan sakelar kiri tak sengaja ditekan. 2) Karena tak ada sensor pencegah masuk tangan dapat 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 pelindung, 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 ke parit. 3) Karena berjalan dengan tangan masuk di saku, dapat cedera serius saat terjatuh karena tangan tak dapat menopang tubuh.
D	1) Karena kaki tidak terlihat akibat ada barang bawaan, tergelincir karena salah menginjak tangga. 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 terakumulasi di dalam ruangan. 3) Karena penutup ember terbuka, pelarut organik menyebar kedalam ruangan. 4) Karena lantai basah, pekerja terpeleset dan terjatuh.



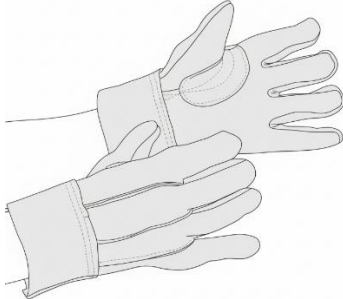
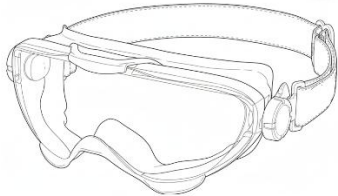
3. APD (Alat Pelindung Diri)



Perlengkapan yang dikenakan untuk melindungi tubuh dari kecelakaan dan bahaya selama bekerja. Pekerja wajib menggunakan APD 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.



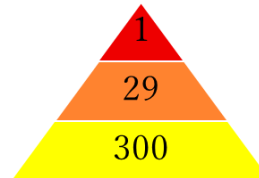
4. Pengetahuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja



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 Asesmen 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. Betapa pun 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 diatas 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 guard atau cover, 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 letak 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 dibawah 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), 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.

- **Mutu Logistik**

Tingkatan pemenuhan persyaratan atau harapan pelanggan dalam proses logistik hingga produk sampai ke 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 masing-masing 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 pertama dari setiap langkahnya.

- **Plan (Rencana)**

Tahap menentukan tujuan dan membuat rencana spesifik untuk mencapainya.

- **Do (Eksekusi)**

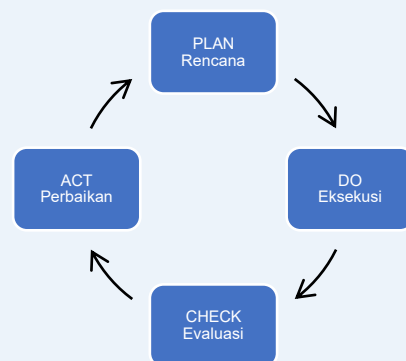
Tahap mengeksekusi tindakan atau pekerjaan yang spesifik berdasarkan rencana.

- **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. Dapat mengurangi biaya juga dengan produksi massal jika komponennya juga distandardisasi.

2.1 Standar Kerja

Standar kerja mengatur isi pekerjaan, prosedur, metode, peralatan yang digunakan, dan alat 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. Merujuk pada karakteristik yang berpengaruh terhadap 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 barang cacat, dsb).



Tabel 3-5: Contoh Bagan Proses QC

Nomor Proses	Nama Proses / Bagan Proses		Poin Kontrol		Metode Kontrol				
			Item Kontrol	Karakteristik Mutu	Petugas Kontrol	Waktu	Tempat	Pengujian/ Pengukuran	Inspeksi dan Frekuensi
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
2	Gudang material	▽	Jumlah stok per lot	Antikarat	Petugas gudang	Saat masuk gudang Saat masih stok	Gudang material	Label identifikasi Visual	Per lot masuk gudang
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 idem idem	Tergantung pemeriksaan karakteristik mutu di bawah ini Per mesin Barang pertama n=2 Setiap 30 menit n=1 Lembar periksa
4									

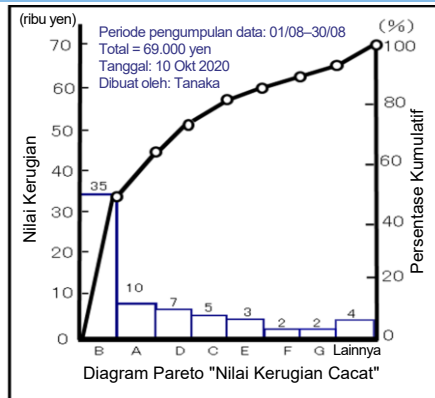
3. Tujuh Alat QC

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

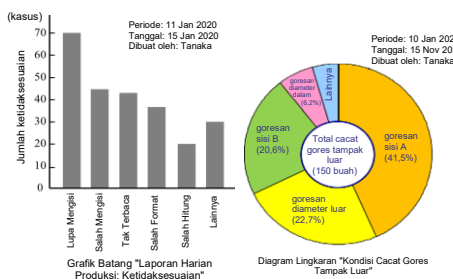
Lembar Periksa																																							
Lembar Periksa Item Cacat <table> <tr> <th></th><th>4/5</th><th>4/6</th><th>4/7</th><th>4/8</th></tr> <tr> <td>Retak</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td></tr> <tr> <td>Lubang jarum</td><td>///</td><td></td><td>///</td><td></td></tr> <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	/	///	///	///																																			
Tabel untuk mengumpulkan data yang sudah mencantumkan terlebih dahulu perihalnya. Data dapat diringkas secara efisien dengan merekam jenis cacat atau tempat kejadian.																																							

Diagram Pareto



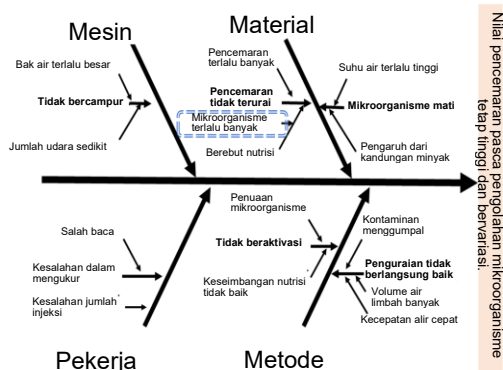
Bagan ini menggabungkan grafik batang yang menunjukkan penyebab masalah dan jenis cacat dalam urutan dari yang terbanyak dengan grafik garis yang menunjukkan rasio kumulatif. Item dengan tingkat penting yang tinggi dapat diidentifikasi untuk melakukan upaya perbaikan berdasarkan urutan prioritas.

Grafik



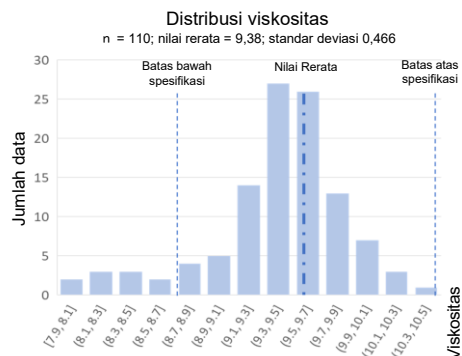
Merupakan alat dasar untuk menyajikan perubahan dan hubungan antar data secara visual. Berbagai jenis grafik, seperti grafik batang, grafik garis dan grafik lingkaran, digunakan sesuai dengan tujuan untuk memahami tren dan perubahan.

Bagan Sebab-Akibat



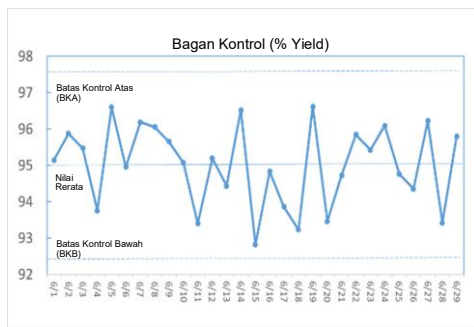
Bagan yang menyusun faktor-faktor yang mempengaruhi suatu masalah dalam bentuk seperti "tulang ikan". Berguna untuk mengidentifikasi penyebab sesungguhnya dengan menggali penyebab dari perspektif 4M, seperti orang, mesin, material, dan metode.

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

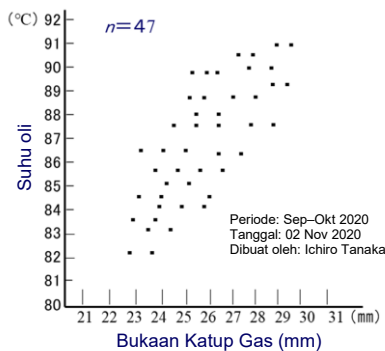


Diagram yang menggambarkan hubungan antara dua variabel (item) yang berbeda dalam sumbu vertikal dan horizontal.

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



Soal Latihan 3-2

■ Menjelaskan metode Tujuh Alat QC yang manakah kalimat berikut ini?

- 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 aman.

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)

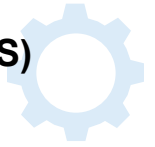
Mekanisme untuk terus menyediakan mutu produk dan layanan serta kepuasan pelanggan.

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, hal itu berarti alat tersebut memberikan hasil pengukuran yang akurat dan stabil. Melakukan inspeksi dengan alat ukur yang 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 basa.

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 sumber daya secara terus-menerus, sebagai pengganti sistem ekonomi satu arah yang selama ini mengandalkan produksi massal, konsumsi massal dan pembuangan massal.



Contoh:

Menghilangkan limbah dan polusi

Menghilangkan bahan penyebab limbah dan polusi 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)

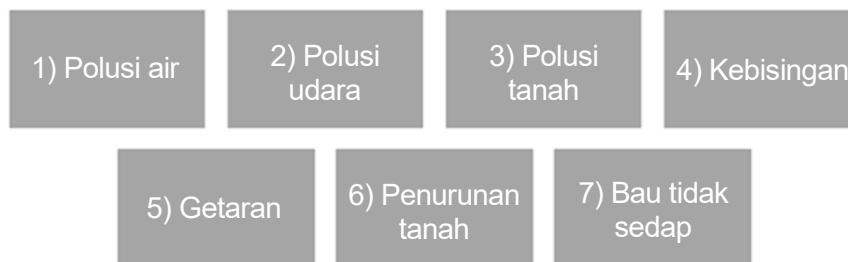




Bab 5 Pencegahan Pencemaran Lingkungan

1. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan adalah kerugian bagi kesehatan manusia maupun lingkungan hidup, yang timbul dari kegiatan produksi maupun kehidupan manusia di pabrik. Terdapat 7 macam pencemaran lingkungan.



1.1 Undang-Undang Pokok Lingkungan Hidup

UU Pokok Lingkungan Hidup menetapkan dasar kebijakan lingkungan di Jepang. Pemikiran dasarnya terdiri atas empat poin berikut:

- 1) Prinsip pencemar membayar (pihak pencemar lingkungan wajib melakukan perbaikan)
- 2) Efisiensi lingkungan (mewujudkan lingkungan yang lebih baik)
- 3) Langkah-langkah preventif (menggunakan metode agar tidak terjadi masalah)
- 4) Pengurangan risiko lingkungan (memakai metode kemungkinan risiko yang rendah)

Berdasarkan UU Pokok Lingkungan Hidup, diberlakukan UU dan peraturan yang menetapkan langkah-langkah konkret dari masing-masing ketujuh jenis pencemaran lingkungan. Gambar 5-1 adalah logo SDGs yang menunjukkan "Tujuan Pembangunan Berkelanjutan" yang ditetapkan PBB. SDGs mencakup perbaikan lingkungan.



Gambar 5-1: Logo SDGs



1.2 Pencegahan Polusi Air



Jika air pencuci dari proses pelapisan logam maupun anodisasi langsung dibuang ke sungai atau meresap ke tanah, maka dapat menimbulkan kerusakan lingkungan dan membahayakan kesehatan.

Untuk mencegah polusi air, diberlakukan UU Pencegahan Polusi Air yang mengatur pencegahan polusi akibat limbah cair dan menetapkan standar pembuangan limbah cair.

(1) Standar Limbah Cair

Pemerintah pusat maupun daerah menetapkan standar zat berbahaya dalam air buangan agar dampaknya terhadap pengguna air dan lingkungan menjadi minimal. Standar ini disebut **standar limbah cair**. Pabrik wajib mengolah dan mengelola limbah cair sesuai standar tersebut.

Contoh Standar Emisi

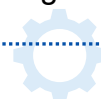
Konsentrasi ion hidrogen pH (standar: 5,8–8,6), Konsentrasi unsur logam (misalnya Cu 3 ppm), COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biochemical Oxygen Demand), SS (Suspended Solids), Zat beracun (sianida), Zat berbahaya (kromium heksavalen/ Cr^{6+})

Air limbah dari pabrik diolah di instalasi pengolahan limbah cair, misalnya dengan penguraian sianida dan reduksi kromium heksavalen. Setelah diolah hingga konsentrasinya berada di bawah standar limbah cair, air tersebut dibuang. Pemerintah melakukan analisis limbah dari pabrik secara berkala.

Fasilitas pengolahan limbah cair

Fasilitas untuk menjernihkan air limbah dari pabrik hingga kualitasnya memenuhi standar untuk dialirkan ke sungai. Tiga metode pengolahan berikut digunakan secara kombinasi:

- 1) Pengolahan fisik
- 2) Pengolahan kimia
- 3) Pengolahan biologis





(2) Pencegahan Resapan ke Tanah

Air limbah harus dicegah agar tidak meresap ke dalam tanah. Jika meresap, maka dapat mencemari air sumur dan membahayakan kesehatan orang yang menggunakannya.

Pada fasilitas yang melakukan proses pelapisan logam maupun anodisasi, diperlukan konstruksi yang dapat memastikan larutan pelapisan, larutan proses, dan air pencuci tidak bocor ke luar.

(3) Dampak Polusi Air

Pembuangan air limbah ke sungai dapat mencemari air irigasi dan ikan, sehingga menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia yang mengonsumsinya. Contoh yang dikenal adalah penyakit Itai-itai akibat limbah yang mengandung kadmium masuk ke sungai.



Soal Latihan 5-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Larutan elektrolit asam sulfat dapat langsung dibuang ke sungai.
- 2) () Air limbah meluap dan meresap ke tanah, lalu mengering jadi dibiarkan begitu saja.

- 1) Larutan elektrolit asam sulfat sangat asam, sehingga pH-nya harus disesuaikan ke nilai standar sebelum dibuang.

Jawaban: B

- 2) Ada kemungkinan air tanah tercemar akibat meresapnya air limbah ke tanah. Tanah yang telah menyerap limbah harus diangkat untuk memastikan tidak ada zat berbahaya.

Jawaban: B



1.3 Pencegahan Polusi Udara



Jika asap, pelarut volatil, dan debu dari pabrik dilepaskan ke udara, hal itu dapat menjadi penyebab hujan asam dan kabut fotokimia, sehingga berdampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Untuk mencegah polusi udara, ditetapkan UU Pencegahan Polusi Udara yang mengatur pencegahan polusi udara dan menetapkan standar emisi.

(1) Standar Emisi

Untuk pencegahan polusi udara ditetapkan 2 standar utama: "standar lingkungan" dan "standar emisi".

Standar lingkungan: Standar yang diharapkan dipertahankan agar pencemar udara tidak menimbulkan dampak terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan hidup.

Standar emisi: Standar yang menetapkan batas maksimum emisi setiap jenis pencemar udara dari pabrik atau fasilitas lainnya, serta untuk jenis dan skala fasilitas.
Sasaran: fasilitas yang menghasilkan asap (termasuk NO_x dan SO_x) serta kendaraan bermotor.

(2) Kewajiban Pabrik Subjek Regulasi:

Saat bahan bakar dibakar pada boiler atau kendaraan bermotor, akan timbul NO_x (oksida nitrogen) dan SO_x (oksida sulfur). Saat memasang fasilitas semacam ini, wajib dilakukan pelaporan kepada pemerintah daerah. Jika diperlukan, dilakukan pengukuran emisi gas buang untuk memastikan bahwa nilai ambang batas telah dipenuhi.





(3) Dampak Polusi Udara

- Kesehatan: peningkatan jumlah penderita asma
- Hujan Asam: SO_x dan NO_x yang dilepaskan ke udara larut dalam air hujan sehingga menjadikannya bersifat asam.
- Kabut Fotokimia: Senyawa organik volatil (VOCs) dan NO_x bereaksi dengan sinar ultraviolet dari sinar matahari, berubah menjadi zat berbahaya seperti ozon (oksidan fotokimia)



Soal Latihan 5-2

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Sebagai penyebab utama hujan asam terdapat SO_x dan NO_x.
- 2) () Dari kendaraan bermotor tidak dihasilkan zat pencemar udara berbahaya.



Penjelasan

- 1) Penyebab utama hujan asam adalah SO_x dan NO_x yang dilepaskan dari pabrik maupun kendaraan bermotor.

Jawaban: A

- 2) Regulasi terhadap kendaraan bermotor telah diperketat sehingga emisi berkurang, tetapi tetap masih terjadi.

Jawaban: B



1.4 Pencemaran Lingkungan Lainnya



(1) Polusi Tanah

Polusi tanah adalah meresapnya zat berbahaya ke dalam tanah yang dapat memberikan dampak besar terhadap kesehatan manusia, lingkungan hidup dan ekosistem. Polusi tanah dapat menimbulkan penyakit maupun gangguan fungsi. Jika air tanah tercemar, maka air minum tidak layak diminum. Pertumbuhan tanaman pangan dan lainnya menjadi buruk, dan makhluk hidup dapat mati.

(2) Kebisingan

Kebisingan yang timbul di pabrik maupun lokasi konstruksi dapat mempengaruhi lingkungan hidup manusia. Di sekitar fasilitas yang membutuhkan suasana tenang seperti rumah sakit dan sekolah, kebisingan harus dikendalikan secara khusus. Kebisingan pada malam hari juga perlu dikendalikan. Di lokasi yang ditetapkan oleh gubernur prefektur atau di sekitar permukiman, berlaku pembatasan berdasarkan Undang-Undang Pengendalian Kebisingan.

Kebisingan di pabrik pelapisan logam umumnya berasal dari kipas angin berukuran besar dan peralatan pencuci gas buang.

(3) Getaran

Getaran timbul akibat mesin di pabrik atau tempat usaha, pekerjaan konstruksi, maupun lalu lintas jalan.

Pabrik atau proyek yang menimbulkan getaran besar menjadi objek pengaturan. Di lokasi usaha yang telah ditetapkan, wajib dilakukan pemberitahuan sebelumnya dan harus mematuhi standar pengendalian getaran yang telah ditentukan.

(4) Penurunan Tanah

Penurunan tanah adalah fenomena ketika permukaan tanah secara bertahap turun. Penyebabnya antara lain penyusutan lapisan tanah liat akibat pengambilan air tanah yang berlebihan, serta likuifaksi lapisan tanah akibat gempa bumi.

Sebagai langkah penanggulangan, dilakukan survei terlebih dahulu dan perbaikan tanah yang diperlukan, serta pengaturan pengambilan air tanah dan penyesuaian volume air adalah langkah yang efektif.



(5) Bau Tak Sedap



Zat penyebab bau tidak sedap yang dihasilkan dari kegiatan produksi di pabrik dapat mempengaruhi lingkungan hidup manusia. Zat penyebab bau ini antara lain **amonia** dan **senyawa belerang**.

Dalam proses pelapisan logam, ketika limbah yang mengandung kromium heksavalen direduksi dengan natrium bisulfit, hasil penguraian tersebut berupa **senyawa belerang** yang mengeluarkan bau tidak sedap. Selain itu, dalam proses pelapisan tembaga tanpa listrik digunakan **amonia**. Zat-zat ini perlu dikendalikan agar tidak terlepas ke lingkungan.

Untuk mencegah bau tidak sedap semacam ini, telah diberlakukan Undang-Undang Pengendalian Bau.

Peralatan pencuci gas buang

Digunakan untuk menghilangkan gas beracun kuat dan zat berbau tidak sedap yang timbul dari tangki proses atau barang yang diproses. Karena mengalirkan udara dalam kapasitas besar, sering kali menimbulkan suara keras.



Soal Latihan 5-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

() Pengoperasian peralatan pencuci gas buang secara terus-menerus pada malam hari tidak menimbulkan masalah.



Penjelasan

Peralatan pembersih gas buang menimbulkan suara keras, maka harus diperiksa dulu untuk pengoperasian di malam hari apakah bunyi tersebut berada di dalam batas yang diizinkan, jika tidak ada masalah baru dioperasikan.

Jawaban: B



1.5 Proses Permukaan Logam dan Dampak Lingkungan



Proses permukaan logam dapat menjadi penyebab timbulnya pencemaran lingkungan seperti berikut:

(1) Pelapisan Logam (termasuk anodisasi)

- Pembuangan bahan kimia dari berbagai jenis proses
- Emisi gas yang berasal dari bahan kimia
- Kebisingan dari peralatan pengolah gas yang dihasilkan

(2) Proses Pengecatan

- Penguapan pelarut dari cat
- Kebisingan dari peralatan pengecatan

Selain itu, polusi tanah akibat limbah cair dan bau pelarut juga dapat dianggap sebagai pencemaran lingkungan. Dengan demikian, dalam proses perlakuan permukaan logam, pencegahan pencemaran lingkungan menjadi tantangan besar.



2. Sistem Manajemen Lingkungan



2.1 ISO 14001

ISO 14001 adalah standar internasional yang membantu organisasi mengelola dampak terhadap lingkungan dan melakukan perbaikan berkelanjutan.

Kegiatan berikut dilaksanakan dengan tujuan meningkatkan kinerja lingkungan (mengurangi dampak) dan berkontribusi pada terwujudnya masyarakat berkelanjutan.

- 1) Menilai dampak kegiatan, produk, dan layanan organisasi terhadap lingkungan
- 2) Menyusun kebijakan lingkungan
- 3) Menetapkan tujuan
- 4) Melaksanakan perencanaan, penerapan, pemantauan, dan perbaikan (Plan/Do/Check/Act) untuk mencapai tujuan

Di pabrik pelapisan atau anodisasi logam, sering digunakan bahan kimia yang berdampak besar terhadap lingkungan, sehingga banyak yang memperoleh sertifikasi ISO 14001.

Sebagai prinsip dasar untuk mengurangi beban lingkungan, dikenal konsep "3R".

Reduce (mengurangi: cegah timbulnya limbah), Reuse (menggunakan kembali), dan Recycle (daur ulang).

Perusahaan yang menargetkan sertifikasi ISO 14001 dituntut untuk melakukan kegiatan dengan memperhatikan 3R.





Soal Latihan 5-4

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () 3R lingkungan adalah Reduce, Reuse, dan Recycle.
- 2) () Sistem manajemen mutu dan sistem manajemen lingkungan adalah hal yang sama.



Penjelasan

- 1) Untuk mengurangi beban lingkungan dilakukan 3R: Reduce (mengurangi: cegah timbulnya limbah), Reuse (gunakan kembali), dan Recycle (daur ulang).

Jawaban: A

- 2) ISO mutu adalah ISO 9001, sedangkan ISO lingkungan adalah ISO 14001 dengan ketentuan yang berbeda. Namun, di Jepang banyak lembaga sertifikasi yang dapat menangani kedua standar tersebut, sehingga perusahaan sering memperoleh sertifikasi keduanya sekaligus.

Jawaban: B

2.2 Direktif RoHS

Direktif RoHS adalah singkatan dari "Restriction of Hazardous Substances", yaitu sebuah arahan dari Uni Eropa (EU) yang membatasi penggunaan zat berbahaya tertentu dalam peralatan listrik dan elektronik. Dalam bahasa Jepang disebut "Direktif Pembatasan Penggunaan Zat Berbahaya".

Direktif ini bertujuan untuk mengurangi polusi lingkungan dan dampak buruk terhadap kesehatan. Oleh karena itu, hal ini juga diatur dalam sistem manajemen lingkungan.

Khususnya ketika mengekspor "komponen" ke Eropa, perlu menyatakan dan menjamin bahwa jenis serta prosedur penggunaan bahan kimia sesuai dengan Direktif RoHS.



2.3 Peraturan REACH



Peraturan REACH juga merupakan regulasi Uni Eropa (EU) mengenai bahan kimia. Mengatur pengelolaan informasi bahan kimia dan menetapkan kewajiban pendaftaran.



Soal Latihan 5-5

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

() REACH adalah peraturan yang membatasi penggunaan zat berbahaya di Eropa.



Penjelasan

Direktif RoHS adalah arahan dari Uni Eropa (EU) yang membatasi penggunaan zat berbahaya tertentu dalam peralatan listrik dan elektronik. Peraturan REACH adalah regulasi untuk mendaftarkan informasi tentang bahan kimia yang terkandung dalam produk.

Jawaban: B





Bab 6 Pengukuran dan Inspeksi

1. Pengukuran Larutan

Untuk menstabilkan kualitas lapisan logam maupun anodisasi, sangat penting untuk mengendalikan kondisi seperti suhu dan konsentrasi larutan proses. Di sini akan dijelaskan metode untuk mengukur berbagai kondisi proses.

1.1 Pengukuran Suhu

(1) Tujuan

Suhu larutan pelapisan maupun larutan anodisasi mempengaruhi tebal lapisan serta tampilan (warna, kecerahan) lapisan logam dan lapisan anodisasi. Pengukuran untuk memastikan apakah kondisi telah diatur sesuai nilai yang ditentukan. Hal ini penting untuk mencegah cacat kualitas.

(2) Alat dan Perangkat Ukur

Alat dan perangkat ukur meliputi jenis berikut:

- Termometer digital tipe sensor (termokopel, resistor platinum, dll.)
- Termometer kolom cairan (alkohol, merkuri)

Melihat secara horizontal seperti pada Gambar 6-1.



Gambar 6-1: Pembacaan Termometer



Perangkat untuk memanaskan atau mendinginkan larutan proses antara lain sebagai berikut:

- **Pipa pendingin:** mendinginkan larutan dengan mengalirkan air atau cairan lain melalui pipa.
- **Alat penukar panas di luar tangki:** dipasang di luar bak pelapisan untuk mengatur suhu.
- **Pemanas listrik celup (heater):** dimasukkan langsung ke dalam larutan untuk memanaskan.

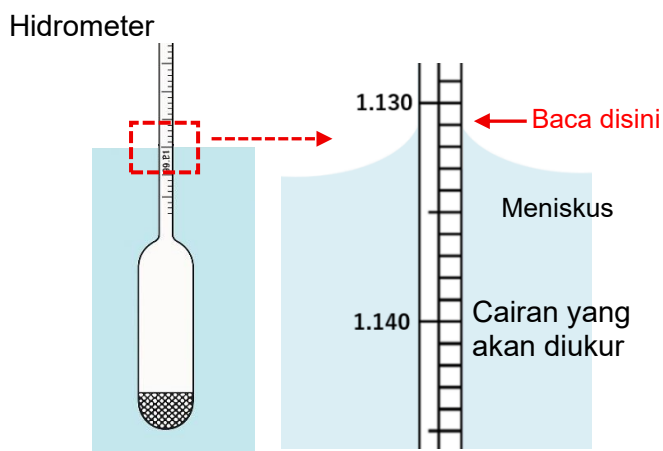
1.2 Pengukuran Berat Jenis

(1) Tujuan

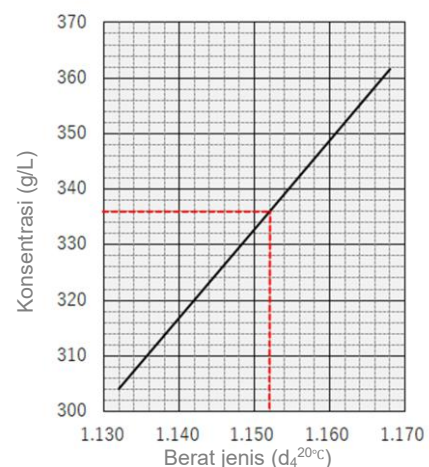
Konsentrasi komponen logam yang terkandung dalam larutan pelapisan maupun larutan anodisasi mempengaruhi tebal lapisan serta tampilan (warna, kecerahan) dari lapisan tersebut. **Semakin tinggi konsentrasi, semakin besar berat jenis**, sehingga dilakukan pengukuran berat jenis untuk memastikan apakah konsentrasi telah diatur sesuai nilai yang ditentukan. Hal ini penting untuk mencegah cacat kualitas.

(2) Metode Pengukuran

- Pengukuran berat jenis dilakukan dengan mengapungkan **hidrometer** untuk cairan ke dalam wadah berisi larutan yang akan diukur, lalu membaca skala pada permukaan cairan. Pada saat membaca, skala **dibaca pada bagian atas meniskus** (pembacaan tepi atas). Dalam contoh pada Gambar 6-2, nilainya adalah 1,131.
- Dari grafik hubungan berat jenis dan konsentrasi, dapat diketahui konsentrasinya. Dalam contoh pada Gambar 6-3, ketika berat jenis adalah 1,152, konsentrasinya menjadi 336 g/L. (Garis putus-putus merah)



Gambar 6-2: Pembacaan Hidrometer



Gambar 6-3: Hubungan Konsentrasi dan Berat Jenis



Soal Latihan 6-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Termometer dapat dibaca dengan melihat dari atas, bawah, maupun arah miring.
- 2) () Pada Gambar 6-3, ketika berat jenis adalah 1,142, konsentrasi larutan uji adalah 330 g/L.



Penjelasan

- 1) Termometer harus dibaca secara horizontal agar skala terbaca dengan tepat.

Jawaban: B

- 2) Pada berat jenis 1,142, konsentrasinya menjadi 320 g/L.

Jawaban: B

1.3 Pengukuran pH

(1) Tujuan

pH larutan pelapisan maupun anodisasi memengaruhi tebal lapisan serta tampilan (warna, kecerahan) dari lapisan yang dilapisi dan lapisan anodisasi. Pengukuran untuk memastikan apakah kondisi telah diatur sesuai nilai yang ditentukan. Hal ini penting untuk mencegah cacat kualitas.





(2) Metode dan alat pengukuran

- **Kertas lakmus:** dengan mencelupkan larutan dapat diketahui apakah bersifat asam atau basa. **Jika berubah merah berarti asam, jika berubah biru berarti basa.**
- **Kertas uji pH:** dapat memeriksa pH dalam rentang luas dari asam hingga basa. Jika berubah merah berarti asam, jika berubah biru berarti basa, jika tidak berubah berarti netral.
- **pH meter:** pH elektroda (sensor) dicelupkan ke dalam larutan bisa mengukur pH secara langsung. Karena dipengaruhi oleh suhu, perlu memperhatikan suhu pengukuran. Tersedia tipe industri, meja, maupun portabel.

1.4 Titrasi Netralisasi

(1) Tujuan

Titrasi netralisasi adalah metode pemeriksaan yang memanfaatkan reaksi antara asam dan basa yang saling menetralkan untuk menentukan konsentrasi asam atau basa secara akurat. Misalnya digunakan ketika menganalisis konsentrasi asam sulfat dalam larutan pelapisan tembaga sulfat. Hal ini penting untuk mencegah cacat kualitas.

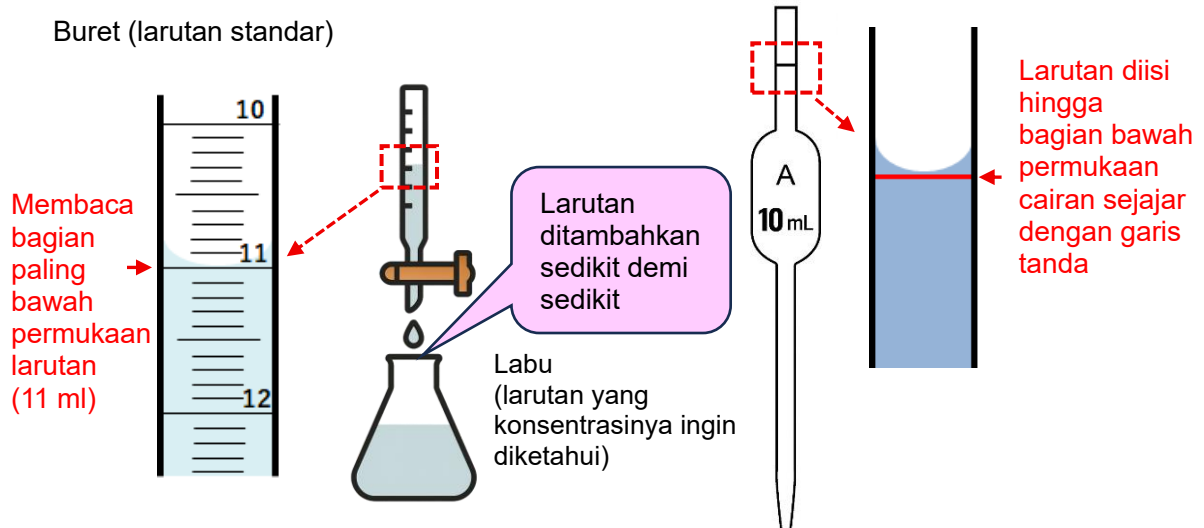
(2) Metode dan Alat Ukur

- **Larutan standar** dengan konsentrasi yang sudah diketahui (misalnya natrium hidroksida) ditambahkan sedikit demi sedikit ke dalam larutan yang konsentrasinya ingin diketahui (misalnya larutan asam sulfat). "Titik netralisasi", yaitu saat asam dan basa bereaksi tepat habis, ditentukan dengan menggunakan indikator melalui perubahan warna.
- Dari jumlah larutan standar pada titik netralisasi, konsentrasi larutan yang ingin diketahui dihitung.
- Alat ukur, perangkat, dan bahan kimia yang digunakan antara lain:
 - **Buret:** diisi dengan larutan standar, lalu diteteskan sedikit demi sedikit.
 - **Pipet Volumetrik:** untuk mengukur larutan yang konsentrasinya ingin diketahui.
 - **Labu, gelas Erlenmeyer:** untuk menampung larutan yang konsentrasinya ingin diketahui bersama indikator.
 - **Larutan standar:** larutan dengan konsentrasi yang sudah diketahui. Ditambahkan sedikit demi sedikit.



- **Indikator:** pada titik netralisasi terjadi perubahan warna. Berikut beberapa contohnya:

Fenolftalein	tidak berwarna (asam), merah (basa)
Metil oranye	merah (asam), kuning (basa)
BTB	kuning (asam), hijau (netral), biru (basa).



Gambar 6-4: Titrasi Netralisasi, Buret

Gambar 6-5: Pipet Volumetrik

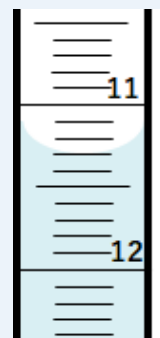


Soal Latihan 6-2

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Ketika kertas uji pH berubah menjadi biru, larutan bersifat basa.
- 2) () Fenolftalein berwarna merah dalam suasana asam.
- 3) () Ketika buret seperti pada gambar di sebelah kanan, volume titrasi adalah 11,3 mL.

satuan: mL





1) Benar.

Jawaban: A

2) Dalam suasana asam, tidak berwarna.

Jawaban: B

3) Benar.

Jawaban: A

2. Pengukuran Listrik

Dalam pelapisan listrik dan anodisasi, arus listrik dan tegangan sangat penting karena mempengaruhi ketebalan dan struktur lapisan. Di sini akan dijelaskan cara mengukur arus listrik dan tegangan listrik.

2.1 Pengukuran Arus Listrik

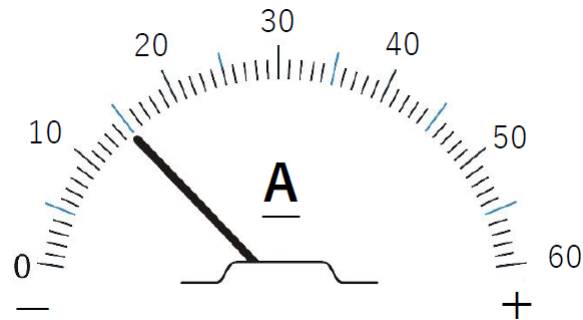
(1) Tujuan

Arus listrik pada pelapisan listrik maupun anodisasi mempengaruhi tebal lapisan serta tampilan (warna, kecerahan) lapisan logam dan lapisan anodisasi. Pengukuran untuk memastikan apakah kondisi telah diatur sesuai nilai yang ditentukan. Hal ini penting untuk mencegah cacat kualitas.





(2) Alat dan Perangkat Ukur serta Metode Penyambungan



Gambar 6-6: Membaca Amperemeter

- Amperemeter analog: Menunjukkan nilai arus dengan jarum. Pada Gambar 6-6 nilainya adalah 15 A.
- Amperemeter digital: Menampilkan nilai arus dalam bentuk angka sehingga kesalahan pembacaan lebih sedikit.
- Clamp meter: Mengukur arus dengan menjepit kabel. Dapat digunakan tanpa memutuskan rangkaian.
- **Amperemeter dihubungkan secara seri.**

2.2 Pengukuran Tegangan Listrik

(1) Tujuan

- Dalam proses pelapisan listrik, tegangan berfluktuasi karena degradasi larutan elektrolit atau masuknya kotoran. Untuk mendeteksi lebih awal adanya anomali proses, dilakukan pengukuran tegangan.
- Pada anodisasi, tegangan mempengaruhi ketebalan dan struktur lapisan oksida. Pengukuran untuk memastikan apakah kondisi telah diatur sesuai nilai yang ditentukan.

(2) Alat dan Perangkat Ukur serta Metode Penyambungan

- Voltmeter analog: Menunjukkan nilai tegangan dengan jarum.
- Voltmeter digital: Menampilkan nilai tegangan dalam bentuk angka sehingga kesalahan pembacaan lebih sedikit.
- **Voltmeter dihubungkan secara paralel.**

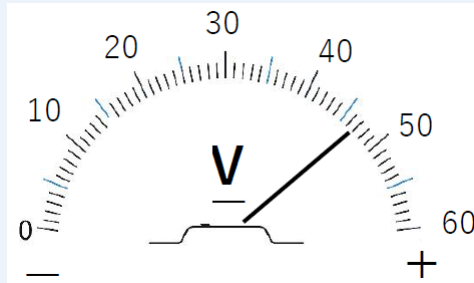




Soal Latihan 6-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Jika voltmeter seperti pada gambar di bawah, maka tegangan adalah 47 V.



- 2) () Amperemeter dihubungkan secara paralel.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Amperemeter dihubungkan secara seri.

Jawaban: B



3. Pengukuran Ketebalan Lapisan



Dalam proses pelapisan listrik dan anodisasi, **tebal lapisan** sangat penting karena mempengaruhi mutu. Di sini akan dijelaskan metode pengukuran tersebut.

3.1 Pengukuran Ketebalan Pelapisan Logam

(1) Tujuan

Ketebalan pelapisan logam mempengaruhi sifat-sifat seperti tampilan (warna, kecerahan), ketahanan korosi, dan kemudahan penyolderan. Pengukuran dilakukan untuk memastikan apakah ketebalan pelapisan sesuai nilai yang ditentukan. Hal ini penting untuk memastikan cacat mutu.

(2) Metode dan Alat Ukur

- **Pengukur ketebalan sinar-X fluoresen:** Mengukur ketebalan dengan menggunakan sinar-X.
- **Pengukur ketebalan lapisan arus eddy:** Ketebalan lapisan diukur dengan menempelkan probe berarus frekuensi tinggi. Pada logam magnetik (seperti baja), dapat diukur lapisan konduktif non-magnetik (seperti pelapisan seng, tembaga, aluminium).
- **Pengukur ketebalan magnetik:** Mengukur ketebalan dengan menempelkan probe yang memancarkan garis gaya magnet. Pada logam magnetik (seperti baja), dapat diukur lapisan logam non-magnetik (seperti pelapisan seng, tembaga, maupun lapisan cat).
- **Metode uji penampang mikroskopis:** Membuat sampel penampang pelapisan dan mengukur ketebalan dengan memperbesar menggunakan mikroskop.
- **Metode massa lapisan:** Melarutkan lapisan dan menghitung massa lapisan serta ketebalan dari selisih berat sebelum dan sesudah pelarutan.

(3) Evaluasi Hasil Pengukuran

- Untuk memeriksa **ketidakmerataan** keseluruhan, ketebalan biasanya diukur pada beberapa titik.
- Memastikan apakah nilai maksimal dan minimal berada dalam rentang target. Dalam contoh pada tabel 6-1, B dan C meleset dari target dan karenanya barang cacat.



Tabel 6-1: Penilaian Barang Cacat

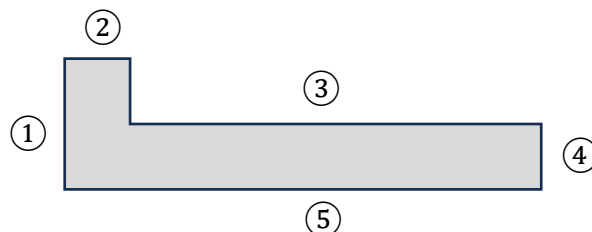
Sampel	Nilai maksimal	Nilai minimal	Rentang target	Penilaian
A	4,8 μm	2,3 μm	2,0 - 5,0 μm	Barang bagus
B	5,2 μm	3,5 μm	2,0 - 5,0 μm	Barang cacat
C	4,5 μm	1,7 μm	2,0 - 5,0 μm	Barang cacat

- **Menghitung nilai rerata** dan membandingkan selisih antar sampel. Nilai rerata dihitung dengan rumus berikut. Pada contoh di tabel 6-2, jumlah poin 1 - 5 (jumlah total pengukuran) dibagi dengan 5 (jumlah pengukuran).

Nilai rerata = Total poin pengukuran ÷ Jumlah pengukuran

Tabel 6-2: Perhitungan Nilai Rerata (satuan: μm)

Sampel	①	②	③	④	⑤	Rerata
D	5,3	4,7	4,5	5,0	5,5	5,0
E	4,5	4,2	4,8	4,3	4,7	4,5



Gambar 6-7: Titik Pengukuran Ketebalan Lapisan



Soal Latihan 6-4

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Sebagai alat pengukur ketebalan lapisan logam, terdapat pengukur ketebalan sinar-X fluoresen.
- 2) () Tebal lapisan rerata sampel F, didapat dari pembulatan ke satu angka desimal dari tabel di bawah ini.
Bila dicari nilai bilangan bulatnya adalah 11 μm .

Satuan : μm

Sampel	①	②	③	④	⑤	Rerata
F	10	12	15	11	9	



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Benar. $(10 + 12 + 15 + 11 + 9) \div 5 = 11,4$, dibulatkan menjadi 11.

Jawaban: A

3.2 Pengukuran Tebal Lapisan Anodisasi

(1) Tujuan

Tebal lapisan anodisasi mempengaruhi sifat-sifat seperti tampilan (warna, kecerahan), ketahanan korosi. Pengukuran dilakukan untuk memastikan apakah tebal lapisan sesuai dengan nilai yang telah ditentukan. Hal ini penting untuk memastikan cacat mutu.



(2) Metode dan Alat Ukur

- **Pengukur ketebalan lapisan arus eddy:** Mengukur ketebalan dengan menempelkan probe berarus frekuensi tinggi.
- Sebelum diukur, alat pengukur ketebalan lapisan arus eddy dikalibrasi dahulu dengan **pelat standar ketebalan lapisan**.



pengukur ketebalan lapisan arus eddy



pelat standar

Gambar 6-8: Pengukur Ketebalan Lapisan Arus Eddy dan Pelat Standar

- **Metode uji penampang mikroskopis:** Membuat sampel penampang pelapisan dan mengukur ketebalan dengan memperbesar menggunakan mikroskop.
- **Metode massa lapisan:** Melarutkan lapisan dan menghitung massa lapisan serta ketebalan dari selisih berat sebelum dan sesudah pelarutan.

3.3 Pengetahuan lainnya

- Alat ukur **bertanda JIS** mutunya dijamin sesuai Standar Industri Jepang. Gunakan hanya alat ukur yang bersertifikasi.
- **Pengujian non-destruktif** adalah metode pengukuran ketebalan lapisan tanpa merusak material (dipotong, dilelehkan, dll) seperti dengan alat pengukur ketebalan lapisan arus eddy.
- Metode pemeriksaan yang merusak material, seperti metode uji penampang mikroskopis dan metode massa lapisan, disebut sebagai **pengujian destruktif**.



Kata Kunci

Arus eddy: Kumparan yang menghasilkan medan magnet bolak balik akibat frekuensi tinggi, didekatkan ke permukaan logam konduktif non-magnetik maka arus eddy akan dihasilkan di permukaan logam tersebut oleh arus bolak balik frekuensi tinggi.

Fluoresensi sinar-X: Ketika sinar-X dari tabung sinar-X diarahkan ke sampel, setiap elemen akan memancarkan sinar-X fluoresen dengan panjang gelombang khas.



Soal Latihan 6-5

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Sebagai metode pengukuran ketebalan lapisan anodisasi, terdapat metode uji penampang mikroskopis dan metode massa lapisan.
- 2) () Sebelum diukur, alat pengukur ketebalan lapisan arus eddy dikalibrasi dahulu dengan pelat standar.
- 3) () Pengukuran tebal lapisan memakai alat pengukur ketebalan lapisan arus eddy merupakan inspeksi destruktif.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Benar.

Jawaban: A

- 3) Inspeksi Non-destruktif

Jawaban: B

4. Uji Ketahanan Korosi



Ketahanan terhadap korosi (ketahanan atas karat atau korosi) adalah salah satu sifat yang diperlukan dari lapisan hasil pelapisan dan anodisasi. Uji ketahanan korosi dilakukan untuk memastikan apakah barang tersebut bisa mencapai kinerja yang diinginkan. Di sini akan dijelaskan beberapa metode pengujian yang umum.

4.1 Uji Semprot Air Garam

(1) Tujuan dan jenis

- Menyelidiki bagaimana karat terbentuk di "lingkungan kandungan garam tinggi" seperti pantai dan keringat.
- **Uji semprot air garam netral:** menyemprotkan larutan garam netral.
- **Uji semprot air garam asam asetat:** menyemprotkan larutan garam yang ditambahkan asam asetat.
- **Uji semprotan CASS:** menyemprotkan larutan garam yang ditambahkan asam asetat dan tembaga klorida.

(2) Kondisi uji semprot air garam netral

- Larutan garam dibuat menjadi kabut dan terus disemprotkan ke benda uji.
- Jenis garam yang digunakan adalah **natrium klorida (NaCl)**.
- Konsentrasi larutan garam adalah 50 g/L $\pm$ 5 g/L (sekitar 5%).
- Suhu larutan garam adalah 35°C $\pm$ 2°C.
- pH larutan garam adalah 6,5–7,2 (**netral**).

(3) Kondisi uji semprotan air garam asam asetat

- Larutan garam untuk uji semprot air garam netral ditambahkan **asam asetat** 1 mL/L.
- pH larutan garam adalah 3,0–3,1 (25°C, **asam**).

(4) Kondisi uji semprotan CASS

- Larutan garam untuk uji semprotan air garam asam asetat ditambahkan **tembaga(II) klorida** sebesar 0,205 g/L $\pm$ 0,015 g/L.
- pH larutan garam adalah 3,0–3,1 (25°C, **asam**).





(5) Metode evaluasi

- Diamati berapa lama waktu yang dibutuhkan karat muncul, bagaimana perubahan permukaan. Kadang-kadang diuji dengan membuat goresan.
- Uji semprotan CASS merupakan kondisi yang paling ketat, sedangkan uji semprotan air garam netral merupakan kondisi yang paling ringan.

4.2 Uji Tetes Alkali

(1) Tujuan dan jenis

- Ini adalah metode pengujian untuk mengevaluasi **ketahanan material terhadap alkali**.
- Digunakan, misalnya, pada uji ketahanan alkali (uji ketahanan korosi dalam alkali) dari lapisan anodisasi aluminium dan paduan aluminium.

(2) Kondisi uji

- Jenis alkalinya adalah **Natrium Hidroksida (NaOH)**.
- Konsentrasi alkalinya 100 g/L.
- Suhu larutan adalah $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

(3) Metode evaluasi

- Tambahkan larutan Natrium Hidroksida setetes demi setetes dengan interval 5 detik.
- **Kontinuitas diperiksa** menggunakan multimeter.
- Ketahanan terhadap alkali dievaluasi berdasarkan waktu hingga lapisan larut dan terjadi kontinuitas listrik.





Soal Latihan 6-6

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Uji semprotan CASS adalah menyemprotkan larutan garam yang ditambahkan asam sulfat dan tembaga klorida.
- 2) () Uji tetes alkali dengan cara meneteskan larutan kalium hidroksida.



Penjelasan

- 1) Tambahkan asam asetat, bukan asam sulfat.

Jawaban: B

- 2) Tambahkan natrium hidroksida setetes demi setetes, bukan kalium hidroksida.

Jawaban: B



5. Pengukuran dan Inspeksi Lainnya



Di sini akan dijelaskan metode pengukuran dan pemeriksaan penting lainnya.

5.1 Uji Visual

(1) Tujuan

Dilakukan untuk memeriksa adanya cacat seperti goresan, ketidakrataan, perubahan warna, dan lubang kecil di permukaan lapisan yang dilapisi dan lapisan anodisasi. Dilakukan sebelum pengiriman guna mencegah lolosnya produk cacat ke tangan pelanggan.

(2) Metode

- **Inspeksi visual:** Inspeksi yang dilakukan **dengan mata manusia**.
Digunakan sampel (**sampel terbatas**) yang menunjukkan contoh penampilan yang bisa diterima untuk mengurangi perbedaan individu.
- **Inspeksi peralatan:** Inspeksi dilakukan dengan menggunakan kamera dan peralatan pengolah gambar, dsb.

(3) Lingkungan pemeriksaan inspeksi visual

- Untuk pencahayaan, hindari sinar matahari langsung dan gunakan cahaya alami yang masuk dari jendela yang menghadap utara atau lampu putih xenon standar. Tingkat pencahayaan dalam inspeksi yang digunakan, untuk tugas normal **500 lux atau lebih**, sedang untuk tugas yang sangat presisi 1500 lux atau lebih.
- Gunakan latar belakang hitam atau warna serupa.
- Sudut pandang ditentukan dengan melihat dari arah vertikal, atau dengan menyinari cahaya dari arah vertikal dan mengamati dari sudut 45 derajat.





5.2 Pencocokan Warna

(1) Tujuan

Dilakukan untuk memastikan apakah lapisan berwarna hasil anodisasi mencapai warna yang ditargetkan. Memeriksa ada tidaknya ketidakmerataan warna.

(2) Metode

- **Pemeriksaan visual:** dilakukan dengan mata manusia. Untuk mengurangi perbedaan individu, digunakan contoh tingkat intensitas warna (**contoh warna**).
- **Pemeriksaan dengan alat:** dilakukan menggunakan spektrofotometer atau colorimeter.

(3) Poin-poin penting dalam pencocokan warna

- Cara melihat warna berbeda pada setiap orang (usia, penglihatan warna, kelelahan, dll).
- Pengaruh sumber cahaya sangat besar; warna akan berubah seperti pada cahaya siang, lampu fluoresen, maupun LED.
- Penting juga untuk mengkombinasikan pemeriksaan visual dengan pemeriksaan menggunakan alat.

5.3 Pengukuran dan Inspeksi Lainnya

(1) Uji adhesi

Mengevaluasi seberapa kuat lapisan logam melekat pada bahan dasar. Digunakan pengujian antara lain: uji pelepasan dengan pita perekat, uji tekuk, uji amplas, dan uji kejut termal.

(2) Pengukuran kekerasan

- **Dilakukan pengukuran kekerasan** pada lapisan logam yang membutuhkan **ketahanan aus** (tahan terhadap gesekan dan goresan).
- Digunakan pengujian antara lain: uji kekerasan mikro Vickers, uji kekerasan Rockwell, dan uji kekerasan Brinell.





Soal Latihan 6-7

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Uji tampak luar dilakukan pada pencahayaan ≤ 500 lux.
- 2) () Pencocokan warna dilakukan hanya dengan menggunakan alat ukur.



Penjelasan

- 1) Sesuai dengan isi pemeriksaan, dapat dilakukan pada pencahayaan ≥ 500 lux.

Jawaban: B

- 2) Pencocokan warna dilakukan secara visual juga.

Jawaban: B

(3) Uji keterbasahan solder

- Memverifikasi pada pelapisan timah, emas, dan lain-lain yang membutuhkan proses penyolderan.
- Ada metode memverifikasi penyebaran basah dengan mencelupkan sampel ke dalam bak solder.





Bab 7 Material

1. Bahan Logam

1.1 Baja dan Logam Non-Besi

Material logam secara umum dibagi menjadi baja dan logam non-besi. Penggunaannya dibedakan sesuai dengan tujuan.

(1) Baja

Baja bukanlah besi murni, melainkan paduan dengan besi sebagai komponen utama. Sebagai material paduan, ditambahkan unsur-unsur seperti karbon, nikel, dan krom. Baja memiliki keunggulan dibandingkan besi, yaitu lebih kuat dan lebih mudah diproses. Dengan mengubah bahan tambahan, dapat dibuat berbagai jenis baja.

Baja	Baja adalah logam yang memiliki kekuatan dan ketangguhan (daya tahan terhadap retak), serta kemampuan proses yang lebih baik dibandingkan besi. Besi adalah logam dengan kadar karbon kurang dari 0,02%, bersifat lunak dan memiliki kekuatan rendah sehingga tidak cocok untuk produk industri.
-------------	--

(2) Logam Non-Besi

Logam non-besi adalah logam selain besi, yaitu istilah umum untuk logam yang tidak termasuk besi maupun baja. Secara spesifik mencakup tembaga, aluminium, seng, timbal, timah, nikel, dan magnesium. Emas, perak, dan platina juga termasuk logam non-besi, tetapi sering disebut sebagai logam mulia.

1.2 Densitas Logam

Densitas (berat jenis) logam merupakan sifat penting yang sangat mempengaruhi penggunaan dan kinerjanya, serta menjadi informasi penting dalam pemilihan logam secara optimal. Namun, sifat lain seperti kekuatan, ketahanan korosi, dan ketahanan panas juga perlu dipertimbangkan.



Berat jenis logam yang umum ditunjukkan pada Tabel 7-1.



Tabel 7-1: Berat Jenis Logam Umum

Nomor	Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	Simbol	Berat Jenis	Karakteristik	Penggunaan
1	Litium	Lithium	Li	0,534	paling ringan	baterai, paduan logam
2	Magnesium	Magnesium	Mg	1,74	ringan dan kekuatan tinggi	industri kedirgantaraan, perangkat elektronik
3	Aluminium	Aluminium	Al	2,7	ringan, kuat, tahan korosi	otomotif, bahan bangunan
4	Natrium	Sodium	Na	0,971	ringan, sangat reaktif	baterai, paduan logam
5	Titanium	Titanium	Ti	4,51	kekuatan tinggi, sangat tahan korosi	industri kedirgantaraan, peralatan medis
6	Seng	Zinc	Zn	7,13	tahan korosi	pelapisan baja, paduan logam
7	Besi	Iron	Fe	7,87	kekuatan tinggi, mudah diproses	bahan bangunan, komponen mesin
8	Tembaga	Copper	Cu	8,93	konduktivitas listrik tinggi, tahan korosi	kabel listrik, bahan pipa
9	Nikel	Nickel	Ni	8,9	kekuatan tinggi, tahan korosi	baja tahan karat, paduan logam
10	Kobalt	Cobalt	Co	8,85	kekuatan tinggi, tahan panas	Paduan super, magnet
11	Perak	Silver	Ag	10,49	konduktivitas listrik tinggi	perhiasan, kontak listrik
12	Timbal	Lead	Pb	11,36	densitas tinggi, fleksibel	pelindung radiasi, baterai
13	Timah	Tin	Sn	7,3	sangat tahan korosi, mudah diproses	solder, kaleng makanan
14	Molibdenum	Molybdenum	Mo	10,22	kekuatan tinggi, tahan panas	paduan super, komponen elektronik
15	Platina	Platinum	Pt	21,45	sangat tahan korosi, tahan panas	perhiasan, katalis
16	Emas	Gold	Au	19,32	konduktivitas listrik tinggi, tahan korosi	perhiasan, komponen elektronik
17	Kromium	Chromium	Cr	7,19	tahan korosi, keras	baja tahan karat, pelapisan logam
18	Berilium	Beryllium	Be	1,85	ringan, kekuatan tinggi	paduan logam
19	Tungsten	Tungsten	W	19,3	tahan panas	industri kedirgantaraan
20	Mangan	Manganese	Mn	7,43	keras	baterai kering
21	Bismut	Bismuth	Bi	9,8	titik leleh rendah	solder



1.3 Titik Leleh Logam



Titik leleh logam adalah suhu ketika logam berubah dari keadaan padat menjadi cair.

Besi: sekitar 1.538°C, Tembaga: sekitar 1.085°C, Emas: sekitar 1.064°C.

Seng: sekitar 420°C Aluminium: sekitar 660°C

Timah: sekitar 232°C (Titik leleh rendah "solder 6:4": sekitar 180°C)

Titik leleh logam mempengaruhi metode pengolahan.

Logam dengan titik leleh rendah mudah dilelehkan dan diolah, sehingga sering digunakan untuk produksi massal seperti suku cadang mobil dan barang kebutuhan sehari-hari.

Logam dengan titik leleh tinggi cenderung mempertahankan kekuatannya pada suhu tinggi, sehingga digunakan dalam bidang konstruksi dan industri berat.

1.4 Konduktivitas Listrik Logam

Konduktivitas listrik logam berbeda-beda tergantung pada jenis logam (Tabel 7-2).

- Perak memiliki konduktivitas listrik paling tinggi dan sering digunakan untuk pelapisan komponen frekuensi tinggi.
- Tembaga relatif murah dan banyak digunakan dalam perangkat elektronik yang membutuhkan konduktivitas listrik tinggi.
- Aluminium memiliki konduktivitas listrik lebih rendah dibandingkan tembaga, tetapi karena ringan, dapat digunakan untuk arus besar dengan memperbesar luas penampang.





Tabel 7-2: Konduktivitas Listrik Logam Pada Umumnya

Peringkat	Nama material	Konduktivitas Listrik (10^6 S/m)
1	Perak (Ag)	62,1
2	Tembaga (Cu)	59,6
3	Emas (Au)	44,2
4	Aluminium (Al)	37,7
5	Magnesium (Mg)	22,7
6	Natrium (Na)	21
7	Tungsten (W)	18,2
8	Seng (Zn)	16,9
9	Nikel (Ni)	14,3
10	Litium (Li)	11
11	Kobalt (Co)	10,2
12	Besi (Fe)	10
13	Platina (Pt)	9,4
14	Timah (Sn)	9,1
15	Titanium (Ti)	2,38

Satuan konduktivitas listrik

Konduktivitas listrik adalah kebalikan dari resistivitas listrik ($\Omega \cdot m$). Artinya, semakin besar nilainya semakin mudah menghantarkan listrik. Dalam sistem satuan SI digunakan S/m (siemens per meter), namun bergantung pada besarnya objek, satuan mikro siemens atau mili siemens (mS) juga dipakai.

Kadang digunakan satuan ACS, yaitu konduktivitas relatif yang ditunjukkan dengan konduktivitas tembaga lunak sebagai acuan 100.



1.5 Paduan Tembaga



Tembaga mudah menghantarkan listrik dan panas sehingga banyak digunakan untuk keperluan perangkat elektronik. Tembaga murni jarang digunakan sebagai bahan konstruksi karena sifatnya lunak. Namun, kuningan (ditambahkan seng), perunggu (ditambahkan timah), dan cupronikel (ditambahkan nikel) memiliki ketahanan korosi dan konduktivitas panas yang lebih baik dibandingkan besi, serta kekuatan yang cukup tinggi sehingga menjadi logam yang penting dalam industri.

Misalnya, paduan berbasis kuningan maupun paduan berbasis cupronikel banyak digunakan sebagai bahan pipa penghantar panas. Selain itu, tembaga sering digunakan sebagai bahan pelapisan (pelapisan listrik) karena memiliki daya lekat yang baik dengan bahan dasar, sehingga umum dipakai sebagai lapisan dasar pelapisan.

1.6 Paduan Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan lunak, tetapi dengan dibuat paduan maka sifat-sifat seperti kekuatan dapat ditingkatkan.

Proses pengerjaan paduan aluminium dilakukan melalui pembentukan, pemesinan, dan pengecoran. Namun, pengelasan dan pemotongan dengan panas sulit dilakukan, sehingga pekerjaan modifikasi sesuai perubahan penggunaan maupun perbaikan dengan pengelasan atau pemotongan menjadi sulit.

(1) Duralumin

Ini adalah paduan aluminium sistem Al-Cu-Mg-Mn. Contoh penggunaannya yang tipikal adalah sebagai material pesawat terbang. Pengerjaannya dilakukan dengan proses pengecoran.

(2) Aluminium die-cast ADC12

Paduan logam aluminium dan silikon yang mengandung tembaga. Memiliki sifat fluiditas dan mekanis dalam pengecoran yang baik. Cocok untuk pengecoran die-casting.



Die-casting

Ini adalah salah satu metode pengecoran, yaitu cara membentuk dengan menyuntikkan logam cair ke dalam logam cetak dengan tekanan tinggi. Paduan logam non-besi dengan titik leleh rendah seperti aluminium, seng, dan magnesium digunakan dalam proses ini.

Die-casting banyak dimanfaatkan di berbagai bidang, termasuk komponen otomotif, produk elektronik rumah tangga, dan peralatan OA.

1.7 Paduan Seng

Karena memiliki titik leleh yang relatif rendah, digunakan dalam proses pelapisan seng celup panas. Paduan ini juga dipakai dalam pembentukan die-casting seng. Dalam proses pelapisan, sifatnya yang relatif murah dan memiliki kemampuan tinggi untuk mencegah karat pada besi membuatnya sering digunakan untuk melapisi material berbasis besi.



Soal Latihan 7-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Jika seng dilarutkan dalam asam klorida, gas oksigen akan dihasilkan.
- 2) () Untuk volume aluminium dan besi yang sama, aluminium lebih berat.
- 3) () Besarnya kecenderungan ionisasi berbeda-beda tergantung jenis logam.
- 4) () Dibanding tembaga, aluminium lebih mudah dialiri arus listrik.
- 5) () Aluminium die-cast ADC12 merupakan paduan dengan penambahan silikon dan besi.
- 6) () Perunggu merupakan paduan tembaga dan timah.
- 7) () Baja merupakan bahan utama yang murah dan memiliki sifat mekanis serta fisik yang unggul.



- 1) Jika seng dilarutkan dalam asam klorida, gas hidrogen akan dihasilkan.

Jawaban: B

- 2) Dibanding besi, aluminium memiliki berat jenis yang lebih rendah.

Jawaban: B

- 3) Kecenderungan ionisasi berbeda-beda tergantung jenis logam, dan hal ini sama dalam kemudahan mengalami korosi.

Jawaban: A

- 4) Tembaga memiliki konduktivitas lebih tinggi sehingga lebih mudah dialiri arus listrik.

Jawaban: B

- 5) Aluminium die-cast ADC12 merupakan paduan dengan penambahan silikon dan tembaga.

Jawaban: B

- 6) Paduan tembaga dengan timah disebut perunggu.

Jawaban: A

- 7) Baja merupakan material relatif murah dan memiliki sifat fisik yang unggul.

Jawaban: A



2. Korosi dan Pencegahannya



2.1 Korosi

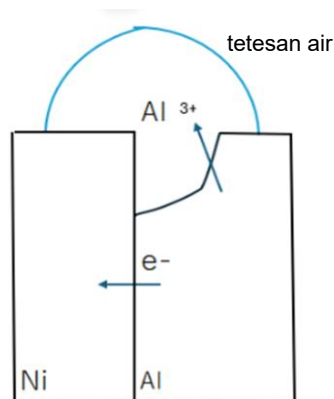
(1) Korosi Elektrokimia

Merupakan fenomena korosi saat logam mengalami reaksi elektrokimia dalam larutan elektrolit. Arus listrik mengalir antara logam dengan kecenderungan ionisasi berbeda, dan logam yang kecenderungan ionisasinya lebih tinggi mengalami korosi. Perlu berhati-hati jika logam yang berbeda jenis saling bersentuhan.

(2) Sel Lokal dan Korosi Lokal

Merupakan fenomena saat terjadi beda potensial pada bagian kecil permukaan logam, yang kemudian bekerja seperti sel listrik dan menyebabkan korosi. Khususnya, sel lokal mudah terbentuk dan korosi mudah berkembang pada tempat dimana logam berbeda jenis saling bersentuhan, atau saat ada goresan/kotoran di permukaan logam. Tingkat korosi berbeda-beda tergantung jenis logam, keberadaan pengotor, perbedaan suhu dan perbedaan konsentrasi larutan.

Gambar 7-1 menggambarkan terbentuknya sel lokal antara nikel dan aluminium.



Gambar 7-1: Sel Lokal



2.2 Korosi Lapisan Logam dan Pencegahannya

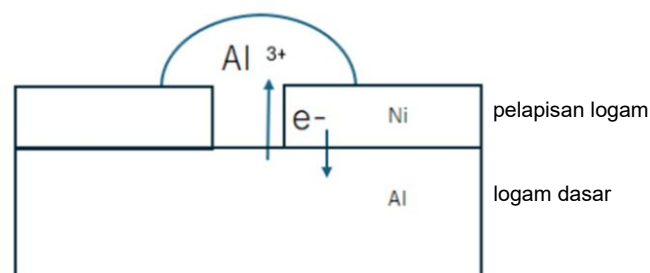


(1) Korosi Pinhole

Pinhole mengacu pada lubang kecil yang terbentuk pada permukaan logam. Pinhole dapat terjadi karena berbagai penyebab, seperti cacat pelapisan, cacat material, atau masalah dalam proses produksi.

Masuknya air atau oksigen melalui pinhole dan menyebabkan korosi pada logam dasar disebut korosi pinhole. Korosi dapat menyebar dari korosi pinhole.

Gambar 7-2 merupakan diagram skematis korosi pinhole dengan tetesan air pada pinhole.



Gambar 7-2: Korosi dari Pinhole

(2) Kontak dengan Logam Beda Jenis

Jika logam berbeda jenis saling bersentuhan dalam lingkungan elektrolit (larutan air, dsb), dapat terjadi fenomena dimana logam dengan kecenderungan ionisasi lebih tinggi mengalami korosi terlebih dahulu. Itu karena perbedaan kecenderungan ionisasi menyebabkan terjadinya pertukaran elektron. Oleh karena itu, korosi dapat terjadi akibat kontak antara komponen yang diberi lapisan berbeda atau menempelnya kotoran yang mengandung logam. Prinsipnya sama dengan sel lokal.



2.3 Korosi Baja (Besi) dan Pencegahannya



(1) Korosi Baja

Baja memiliki sifat mudah berkarat (mengalami korosi) karena bereaksi dengan oksigen dan kelembaban. Reaksi ini berlangsung sebagai reaksi elektrokimia.

Dengan adanya kelembaban, serta garam pada air laut atau dalam tanah, dan pada suhu tinggi, proses ini berlangsung lebih cepat.

(2) Pencegahan Korosi

Upaya untuk mencegah korosi disebut pencegahan korosi. Metode pencegahan korosi meliputi: 1) metode pelapisan, 2) secara elektrokimia, dan 3) meningkatkan ketahanan korosi material itu sendiri.

(3) Pencegahan Korosi Metode Pelapisan

- 1) Pengecatan: metode dengan memberikan cat pada permukaan baja untuk menghalangi masuknya oksigen dan kelembaban.
- 2) Pelapisan logam: meliputi pelapisan seng dan pelapisan nikel.

Karena seng memiliki kecenderungan ionisasi lebih tinggi daripada besi, seng dapat dikorbankan agar larut terlebih dahulu sebelum besi mengalami korosi, sehingga melindungi besi.

2.4 Korosi Tembaga

Tembaga adalah logam yang relatif stabil dibanding logam lain, dan sulit mengalami korosi dalam berbagai kondisi lingkungan. Itu karena terbentuknya lapisan oksida pada permukaan yang menyebabkan pasivasi.

Untuk memanfaatkan ketahanan korosi ini secara optimal, perlu mempertimbangkan sifat khusus tembaga (misalnya kelemahannya terhadap senyawa sulfida). Selain itu, meski ketahanan korosinya tinggi, warna tembaga dapat berubah sehingga sering diterapkan perlakuan pencegahan perubahan warna.



2.5 Korosi Aluminium dan Pencegahannya



Aluminium saat terpapar udara akan membentuk lapisan tipis oksida aluminium (Al_2O_3) pada permukaan. Lapisan ini rapat dan stabil, sehingga berperan melindungi aluminium dari korosi.

Namun, karena lapisan oksida alami sangat tipis, jika lapisan ini rusak atau larut, aluminium menjadi mudah mengalami korosi.

Sebagai langkah pencegahan, digunakan metode seperti pelapisan nikel atau perlakuan lapisan kimia (mereaksikan permukaan aluminium dengan asam kromat, dsb untuk membentuk lapisan oksida tipis yang stabil).

Perlakuan Lapisan Kimia

Merupakan proses pembentukan lapisan secara kimiawi pada permukaan aluminium dengan menggunakan larutan air yang bersifat asam atau basa. Lapisan tipis oksida atau garam anorganik yang terbentuk di permukaan dimanfaatkan sebagai pelindung korosi maupun untuk dasar pengecatan.

2.6 Korosi Seng

Seng merupakan material yang digunakan untuk melapisi baja melalui proses pelapisan seng celup panas maupun pelapisan listrik. Namun, seng mudah mengalami korosi di udara maupun didalam air.

Khususnya, korosi akan semakin cepat dalam lingkungan asam atau basa, serta yang mengandung klorida atau karbonat. Oleh karena itu, penggunaannya perlu dipertimbangkan sesuai peruntukannya.

Pelapisan seng melindungi besi dasar dengan mengorbankan seng untuk mengalami korosi. Dengan kata lain, seng sendiri akan mengalami korosi atau terkikis. Untuk itu, setelah pelapisan seng sering dilakukan "perlakuan kromat" dengan menggunakan asam kromat untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.



Gambar 7-3: Perlakuan Kromat pada Pelapisan Seng





Pelapisan Seng Celup Panas

Merupakan metode dengan mencelupkan baja ke dalam seng yang dilelehkan pada suhu tinggi untuk membentuk lapisan seng pada permukaan. Baja dengan pelapisan seng tak akan mengalami karat atau korosi. Berbeda dengan pengecatan atau pelapisan listrik, seng dan besi terikat kuat secara metalurgi melalui lapisan paduan seng-besi. Karena itu, baja berlapis seng banyak digunakan untuk komponen struktural pada penggunaan diluar ruangan.

Efek Perlindungan Korosi secara Pengorbanan

Merupakan metode melindungi logam seperti besi dari korosi dengan mengorbankan logam lain yang lebih mudah mengalami korosi, sehingga logam objek utama tetap terlindungi. Pada besi yang diberi lapisan seng, seng mengalami korosi lebih dahulu daripada besi sehingga mencegah besi mengalami korosi.





Soal Latihan 7-2

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Aluminium merupakan logam aktif dan bereaksi dengan oksigen di udara sehingga terbentuk lapisan oksida alami yang tipis.
- 2) () Baja mudah mengalami korosi akibat kelembaban dan partikel garam laut.
- 3) () Seng adalah logam yang lebih mudah tergores dibanding besi.
- 4) () Material aluminium perlu disimpan dengan menghindari debu dan kondensasi untuk mencegah korosi.
- 5) () Material aluminium memiliki ketahanan korosi yang baik sehingga tidak mengalami korosi meski disimpan diluar ruangan.
- 6) () Baja tidak mengalami korosi akibat partikel garam laut.
- 7) () Aluminium bereaksi dengan oksigen di udara sehingga terbentuk lapisan oksida yang tipis.
- 8) () Salah satu metode pencegahan korosi pada logam adalah perlakuan konversi kimia.





- 1) Aluminium merupakan logam aktif yang bereaksi dengan oksigen di udara, membentuk lapisan oksida alami yang tipis. Oleh karena itu, aluminium memiliki ketahanan korosi yang baik.

Jawaban: A

- 2) Baja mudah mengalami korosi akibat kelembaban (air) dan partikel garam laut (natrium klorida).

Jawaban: A

- 3) Seng merupakan logam yang lebih lunak dan mudah tergores dibanding besi.

Jawaban: A

- 4) Lapisan oksida pada aluminium memang stabil, tetapi mudah terpengaruh faktor eksternal. Untuk mencegah korosi, material perlu disimpan dengan menghindari debu dan kondensasi.

Jawaban: A

- 5) Aluminium memiliki ketahanan korosi yang baik, namun jika disimpan diluar ruangan, akan lebih mudah mengalami korosi akibat pengaruh cuaca.

Jawaban: B

- 6) Baja mengalami korosi akibat garam yang terkandung dalam partikel garam laut.

Jawaban: B

- 7) Aluminium bereaksi dengan oksigen di udara, membentuk lapisan oksida tipis (Al_2O_3).

Jawaban: A

- 8) Dalam pencegahan korosi aluminium, perlakuan konversi kimia sering diterapkan, meskipun tidak efektif untuk semua jenis logam.

Jawaban: B



3. Bahan Perlakuan Permukaan



3.1 Jig

Dalam proses pelapisan maupun anodisasi, digunakan alat "jig" untuk melakukan fiksasi produk serta mendukung pengerjaan, pra-perlakuan, dan pemindahan yang efisien. Jig juga memiliki sebutan lain, seperti pengait, gurita, dan rak.

Jig merupakan komponen penting yang mempengaruhi kualitas. Pemasangan produk pada jig rawan menyebabkan cacat seperti goresan, jejak benturan, deformasi, dan jejak jig. Jika digunakan untuk mengalirkan arus listrik ke produk, penurunan kondisi jig juga dapat menyebabkan cacat seperti tidak terlapisnya bagian tertentu, kurangnya ketebalan lapisan, dan Ketidakmerataan lapisan.

Penurunan kondisi tersebut karena setelah digunakan, logam pelapis yang menempel pada jig pada proses pelapisan dikupas menggunakan asam kuat. Setelah digunakan dalam jangka waktu tertentu, jig perlu diganti.

Untuk materialnya, karena diperlukan kekuatan, sering digunakan perunggu fosfor atau baja tahan karat. Untuk proses pelapisan dan anodisasi aluminium, digunakan aluminium. Titanium, yang tahan terhadap asam dan alkali, juga terkadang digunakan.

Untuk mencegah penempelan logam pelapis dan memperpanjang masa pakai jig, terkadang jig dilapisi bahan berbasis karet terklorinasi atau berbasis fluor.



Gambar 7-4: Jig Pengait



3.2 Bahan Masking



Masking adalah metode untuk melindungi bagian yang tidak akan dilapisi dari proses pelapisan, sehingga bahan kimia atau perlakuan tidak diterapkan pada area yang tidak diinginkan.

Dalam masking digunakan berbagai macam metode dan material.

(1) Bahan Masking

Cat resist, pita resist, karet silikon, dan pita tahan panas umum digunakan. Material tersebut dipilih agar dapat tahan terhadap kondisi lingkungan proses masing-masing (suhu maupun bahan kimia).

(2) Poin Perhatian Perlakuan Anodisasi (proses alumite)

Pada proses anodisasi aluminium (alumite), perlakuan permukaan dilakukan melalui elektrolisis anoda di dalam larutan asam. Namun, logam selain aluminium dan titanium berpotensi larut dalam asam. Oleh karena itu, masking sangat penting untuk bagian logam yang berbeda tersebut.

3.3 Bahan Tangki Proses

Pada proses pelapisan, jenis bahan kimia dan suhu yang digunakan pada setiap tahap berbeda-beda. Oleh karena itu, digunakan tangki proses yang dibuat dari material paling sesuai untuk setiap tahapan.

Sebagai contoh, pada suhu dibawah 70°C digunakan tangki PVC, pada suhu tinggi digunakan tangki baja tahan karat, dan untuk asam kuat digunakan tangki FRP.



Perunggu Fosfor	Merupakan salah satu jenis paduan tembaga yang dibuat dengan menambahkan fosfor pada perunggu, yang merupakan paduan tembaga dan timah. Dengan penambahan fosfor, maka kekuatan, kekerasan, ketahanan aus, elastisitas dan ketahanan korosi meningkat. Selain itu, karena memiliki konduktivitas listrik dan sifat pegas yang sangat baik, sering digunakan sebagai jig dalam proses pelapisan.
FRP	Merupakan material yang diperkuat dengan serat kaca atau sejenisnya menggunakan resin poliester atau resin epoksi. Memiliki berbagai keunggulan, seperti bobot ringan, kekuatan tinggi, ketahanan korosi dan ketahanan cuaca yang sangat baik, serta beragam kemudahan dalam pengolahan. Khususnya banyak digunakan untuk bahan tangki penyimpanan dan bak proses berbagai jenis cairan.



Soal Latihan 7-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Titanium tidak dapat digunakan sebagai jig pelapisan.
- 2) () Jika dibandingkan antara jig aluminium dan jig titanium, masa pakai jig titanium lebih lama.



Penjelasan

- 1) Titanium tahan terhadap asam dan alkali, serta digunakan tak hanya untuk pelapisan, tetapi juga untuk anodisasi.

Jawaban: B

- 2) Dibandingkan aluminium, titanium lebih tahan terhadap asam dan alkali serta memiliki masa pakai lebih lama.

Jawaban: A





Bab 8 Kimia Umum

1. Asam dan Basa

1.1 Asam dan Basa

- Asam adalah zat yang menghasilkan ion hidrogen (H^+) dalam larutan air.
- Basa adalah zat yang menghasilkan ion hidroksida (OH^-) dalam larutan air.
- Kekuatan asam dan basa ditentukan oleh seberapa banyak terionisasi (menjadi ion) dalam larutan air.

Ion

Molekul yang bermuatan listrik karena kehilangan atau memperoleh elektron.

Zat yang kehilangan elektron sehingga bermuatan positif disebut kation, sedangkan yang mendapatkan elektron sehingga bermuatan negatif disebut anion.

1.2 Ionisasi dan Derajatnya

- Ionisasi: fenomena dimana suatu zat terurai menjadi kation dan anion dalam larutan air.
(Contoh: hidrogen klorida $HCl \rightarrow$ ion hidrogen H^+ dan ion klorida Cl^-)
- Yang mengalami ionisasi disebut elektrolit, sedangkan yang tak mengalami ionisasi disebut nonelektrolit.
- Derajat ionisasi adalah persentase elektrolit yang benar-benar terurai menjadi ion dibandingkan dengan total elektrolit yang terlarut.
- Semakin besar derajat ionisasi, semakin banyak ion di dalam larutan air, sehingga kekuatannya sebagai asam atau basa semakin besar. Asam dan basa yang derajat ionisasinya mendekati 1 disebut asam kuat dan basa kuat.
(Contoh asam kuat: asam klorida HCl ; basa kuat: natrium hidroksida $NaOH$)



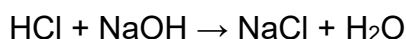
- Asam atau basa dengan derajat ionisasi yang kecil disebut asam lemah atau basa lemah.
(Contoh asam lemah: asam asetat CH_3COOH ; basa lemah: amonia NH_3)

1.3 Netralisasi

(1) Reaksi Netralisasi

Merupakan reaksi kimia dimana asam dan basa saling meniadakan sifat masing-masing serta menghasilkan air dan garam. Ion hidrogen H^+ dari asam dan ion hidroksida OH^- dari basa bergabung membentuk air H_2O ($\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$). Ion-ion lainnya bergabung membentuk garam.

Contoh: Pada reaksi netralisasi asam klorida HCl dan natrium hidroksida NaOH , dihasilkan natrium klorida NaCl dan air H_2O .



Dalam reaksi netralisasi terdapat suatu titik dimana asam dan basa tepat saling menetralkan (titik netralisasi). Mulai dari titik ini, sifat larutan berubah. Pada titik netralisasi, larutan sering kali menjadi netral ($\text{pH} = 7$), tetapi tergantung kekuatan asam atau basa, larutan tidak selalu menjadi netral.

(2) Titrasi Netralisasi

Titrasi netralisasi adalah metode yang memanfaatkan reaksi netralisasi antara asam dan basa untuk mengukur konsentrasi larutan. Untuk mengetahui titik netralisasi, digunakan indikator seperti fenolftalein. Lihat Gambar 8-2.

1. Tambahkan beberapa tetes larutan fenolftalein ke spesimen larutan asam.
2. Lakukan titrasi menggunakan larutan basa natrium hidroksida dengan konsentrasi telah diketahui.
3. Hentikan titrasi saat larutan menjadi warna merah muda. Jumlah ini merupakan titik netralisasi.
4. Hitung berdasarkan jumlah natrium hidroksida yang ditambahkan untuk menentukan konsentrasi asam.



Indikator

Merupakan pereaksi yang menunjukkan pH atau keberadaan zat tertentu melalui perubahan warna. Perubahan warna mengindikasikan titik berakhirnya titrasi. Dalam titrasi netralisasi, digunakan indikator seperti metil jingga dan fenolftalein.

1.4 Garam

- Garam adalah senyawa yang dihasilkan melalui reaksi netralisasi antara asam dan basa.
- Garam merujuk pada zat yang terbentuk melalui ikatan ion, antara anion dari ionisasi asam dan kation dari ionisasi basa.
- Garam terbagi menjadi 3 jenis: garam normal, yang dalam rumus kimianya tidak mengandung ion hidrogen dan hidroksida; garam asam, yang mengandung ion hidrogen; garam basa, yang mengandung ion hidroksida.





Soal Latihan 8-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Larutan dengan pH 7 bersifat asam.
- 2) () Cuka makan menunjukkan sifat basa.
- 3) () Analisis konsentrasi asam sulfat dalam bak elektrolisis asam sulfat dilakukan melalui titrasi netralisasi.
- 4) () Indikator fenolftalein menunjukkan warna merah dalam kondisi basa.
- 5) () Natrium klorida tidak mengalami ionisasi dalam larutan air.



Penjelasan

- 1) Larutan dengan pH 7 bersifat netral.

Jawaban: B

- 2) Cuka makan mengalami ionisasi dan menunjukkan sifat asam lemah.

Jawaban: B

- 3) Analisis konsentrasi asam sulfat dalam bak elektrolisis asam sulfat dilakukan melalui titrasi netralisasi.

Jawaban: A

- 4) Indikator fenolftalein menunjukkan warna merah dalam kondisi basa.

Jawaban: A

- 5) Natrium klorida mengalami ionisasi dan larut dalam larutan air.

Jawaban: B



2. Pelarutan dan Pengendapan



2.1 Pelarut, Zat Terlarut dan Larutan

Zat terlarut: zat yang larut (yang telah larut)

Pelarut: cairan yang melarutkan

Larutan: cairan homogen yang terbentuk saat zat terlarut larut dalam pelarut



Contoh: "Air garam"

Zat terlarut: garam dapur

- Pelarut: air
- Larutan: air garam

2.2 Pengendapan

Pengendapan adalah fenomena munculnya padatan tak larut didalam larutan akibat perubahan kimia.

Pengendapan terjadi jika produk reaksi yang terbentuk akibat perubahan kimia sulit larut dalam pelarut. Sifat ini juga dimanfaatkan pada metode analisis kuantitatif untuk menentukan jumlah senyawa yang terkandung dalam larutan pelapisan.



Contoh

- Ion klorida Cl^- + ion perak $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgCl}$, endapan putih
- Ion sulfat SO_4^{2-} + ion barium $\text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_4$, endapan putih





Analisa Kuantitatif	Analisis kuantitatif adalah metode untuk mengetahui jumlah komponen yang terkandung dalam spesimen. Dalam analisis larutan pelapisan, dilakukan analisis volumetrik. Dengan metode seperti 1) titrasi netralisasi, 2) analisis oksidasi-reduksi dan 3) analisis kelat.
Analisis Asam Sulfat	Analisis asam sulfat dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu analisis keasaman melalui titrasi netralisasi, atau memisahkan sulfat (SO_4^{2-}) sebagai endapan menggunakan ion barium, dsb dilanjut dengan analisis gravimetri. Penggunaannya disesuaikan dengan tujuannya.
Presipitasi	Presipitasi adalah fenomena dimana suatu zat terpisah dan muncul dalam bentuk padat dari dalam larutan atau padatan. Terjadi karena kelarutan menurun, misalnya akibat pendinginan larutan, perubahan jumlah pelarut, elektrolisis, atau pendinginan padatan.



Soal Latihan 8-2

- Manakah kombinasi 1)–3) yang benar dalam pernyataan ini? Pilih satu dari pilihan A-D.

Fenomena dimana cairan melarutkan zat lain (gas, cairan atau padatan) sehingga menjadi campuran yang homogen disebut (1), dan cairan itu disebut (2). Jika cairan tersebut adalah air, maka disebut (3).

- A.** 1) Larutan air 2) Pelarutan 3) Larutan
- B.** 1) Larutan 2) Pelarutan 3) Larutan air
- C.** 1) Pelarutan 2) Larutan 3) Larutan air
- D.** 1) Pelarutan 2) Larutan air 3) Larutan





Penjelasan



Fenomena dimana cairan melarutkan zat lain (gas, cairan atau padatan) sehingga menjadi campuran yang homogen disebut pelarutan, dan cairan itu disebut larutan. Jika cairan tersebut adalah air, maka disebut larutan air.

Jawaban: C



Soal Latihan 8-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

() Analisis konsentrasi asam sulfat dalam bak elektrolisis asam sulfat dilakukan melalui titrasi netralisasi.



Penjelasan

Analisis konsentrasi asam sulfat dalam bak elektrolisis asam sulfat dilakukan melalui titrasi netralisasi. Pada bak elektrolisis tersebut, asam sulfat adalah komponen utama, sehingga pengukuran tingkat keasaman dengan titrasi netralisasi tak menimbulkan kesalahan besar.

Jawaban: A



3. Oksida



Oksida adalah senyawa antara oksigen dan unsur lainnya.

3.1 Klasifikasi dan Sifat Oksida

Oksida diklasifikasikan menjadi oksida asam, oksida basa, oksida amfoter dan oksida netral.

- Oksida asam: Oksida yang bereaksi dengan basa menghasilkan garam
Karbon dioksida (CO_2), sulfur dioksida (SO_2), fosfor pentoksida (P_2O_3)
- Oksida basa: Oksida yang bereaksi dengan asam menghasilkan garam
Natrium oksida (Na_2O), kalsium oksida (CaO), besi oksida (FeO , Fe_2O_3)
- Oksida amfoter: Oksida yang bereaksi baik dengan asam maupun basa menghasilkan garam
Aluminium oksida (Al_2O_3), seng oksida (ZnO)
- Oksida netral: Oksida yang tak bereaksi baik dengan asam maupun basa
Karbon monoksida (CO)

3.2 Oksidasi dan Reduksi

Oksidasi adalah reaksi dimana suatu zat bersenyawa dengan oksigen. Dalam arti luas, oksidasi juga mencakup reaksi kehilangan elektron.

Reduksi adalah reaksi dimana suatu zat kehilangan oksigen. Dalam arti luas, reduksi juga mencakup reaksi memperoleh elektron.

Oksidasi dan reduksi selalu terjadi bersamaan. Jika salah satu zat mengalami oksidasi, zat lainnya pasti mengalami reduksi. Itu disebut reaksi oksidasi-reduksi (reaksi redoks).

Meskipun tak terjadi perpindahan oksigen, suatu reaksi tetap merupakan reaksi redoks jika terjadi perpindahan elektron. Sebagai contoh, ada reaksi dimana logam mengendap secara spontan akibat beda potensial redoks (kecenderungan ionisasi).

Contoh: $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$

Logam seng (Zn) kehilangan elektron dan menjadi ion seng (Zn^{2+}), sedangkan ion tembaga (Cu^{2+}) menerima elektron dan menjadi logam tembaga (Cu).



Dalam proses pelapisan dan anodisasi, reaksi redoks seperti itu berlangsung secara elektrokimia.



Redoks dan Reaksi Netralisasi	Dalam reaksi redoks, diantara unsur-unsur bereaksi pasti ada unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi. Dalam reaksi netralisasi, ion hidrogen dan ion hidroksida bereaksi, tetapi bilangan oksidasi tidak berubah.
Elektrokimia	Merupakan bidang yang mempelajari berbagai fenomena perpindahan elektron dari suatu zat ke zat lain, atau redoks.



Soal Latihan 8-4

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Jika lempeng besi dimasukkan ke larutan tembaga sulfat, logam tembaga mengendap di permukaan lempeng besi.
- 2) () “Oksidasi” berarti suatu zat bersenyawa dengan hidrogen.



Penjelasan

- 1) Jika lempeng besi dimasukkan ke larutan tembaga sulfat, permukaan lempeng besi mengalami oksidasi, sedangkan ion tembaga direduksi oleh besi sehingga logam tembaga mengendap.

Jawaban: A

- 2) Oksidasi berarti suatu zat berikatan dengan oksigen (oksidasi logam dalam arti sempit).
Oksidasi dalam pelapisan logam (elektrokimia) adalah reaksi kehilangan elektron (oksidasi dalam arti luas).

Jawaban: B



4. Konsentrasi Molar dan Normalitas



4.1 Konsentrasi Molar

Konsentrasi molar adalah satuan yang menyatakan jumlah (jumlah mol) zat terlarut dalam 1 liter larutan. Satuannya adalah mol/l, yakni berapa mol zat terlarut terkandung dalam 1 liter larutan.

Contoh: "Larutan natrium hidroksida dengan konsentrasi molar 2 mol/l"
Dalam 1 liter larutan natrium hidroksida, terkandung 2 mol natrium hidroksida.

4.2 Normalitas

Normalitas adalah jumlah gram-ekuivalen zat terlarut yang terkandung dalam 1 liter larutan.

Diperoleh dengan membagi konsentrasi molar dengan valensi asam atau basa, dan digunakan untuk menyatakan jumlah ekuivalen dalam suatu reaksi. Normalitas digunakan untuk mempermudah perhitungan ekuivalen dalam reaksi asam basa.

Contoh: Asam sulfat H_2SO_4 dengan konsentrasi 1 mol/l merupakan asam bervalensi 2, sehingga menjadi 2 normal (2N).

- 1) Asam sulfat H_2SO_4 adalah asam bervalensi 2, dan massa 1 molnya adalah, sesuai massa molekulnya, 98 g.
- 2) Satu gram-ekuivalen adalah $98 \text{ g} / 2 \text{ valensi} = 49 \text{ g}$.
- 3) Natrium hidroksida merupakan basa bervalensi 1, sehingga 1 gram-ekuivalen adalah 40 g.

Jumlah Mol	Satuan yang menyatakan jumlah suatu zat. 1 mol molekul hidrogen adalah sekitar $6,02 \times 10^{23}$ molekul hidrogen. Sesuai massa atomnya, memiliki massa 2 g.
Normalitas	Merupakan salah satu satuan konsentrasi larutan, yang dinyatakan sebagai jumlah gram-ekuivalen zat terlarut dalam 1 liter larutan. Normalitas dinyatakan dengan "N" dan digunakan antara lain dalam analisis volumetrik.





Soal Latihan 8-5

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Dalam 1 liter larutan natrium hidroksida 1 normal, ada sekitar 40 g natrium hidroksida yang terlarut.



Penjelasan

Massa molekul natrium hidroksida adalah Na: 23 dan OH: 17, sehingga sekitar 40.
Massa 1 mol juga 40 g.

Jawaban: A

5. pH

5.1 Konsentrasi Ion Hidrogen

- Konsentrasi ion hidrogen adalah konsentrasi ion hidrogen H^+ dalam larutan air.
- Semakin banyak ion hidrogen, semakin kuat sifat asamnya. Sebaliknya, semakin sedikit ion hidrogen, semakin banyak ion hidroksida OH^- .
- Jika ion hidroksida lebih banyak dari ion hidrogen, larutan menjadi bersifat basa.

Semakin banyak ion hidroksida, semakin kuat sifat basa.

Jika konsentrasi ion hidrogen sama dengan konsentrasi ion hidroksida, larutan menjadi netral.



5.2 Konsentrasi Ion Hidrogen dan pH



- pH adalah skala tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan air, berdasarkan konsentrasi ion hidrogen.

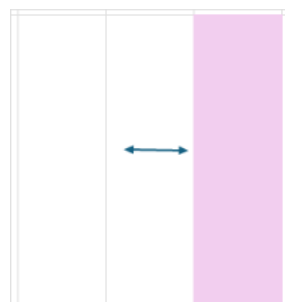
pH rendah = konsentrasi ion hidrogen tinggi = keasaman kuat

pH tinggi = konsentrasi ion hidrogen rendah = kebasaan kuat

- Jika pH turun 1 angka, konsentrasi ion hidrogen menjadi 10 kali lipat. Sebaliknya, jika naik 1 angka, konsentrasi ion hidrogen menjadi 1/10-nya.
- Indikator adalah bahan kimia yang ditambahkan dalam titrasi untuk mengetahui titik akhir reaksi.

Contohnya antara lain fenolftalein, bromtimol biru (BTB) dan metil merah.

Pada larutan fenolftalein, seperti ditunjukkan Gambar 8-1, dari tak berwarna berubah merah muda dalam kondisi basa. Dengan menggunakan indikator yang sesuai pH titik akhir titrasi netralisasi, analisis dapat dilakukan dengan akurat.



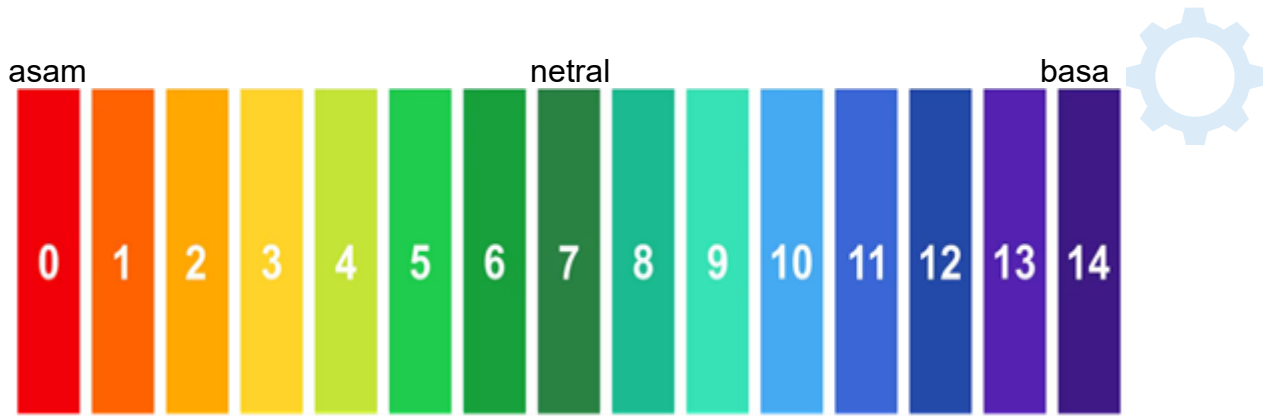
asam $\longleftrightarrow$ basa

Gambar 8-1: Perubahan Warna Fenolftalein

Selain itu, berbagai pereaksi pemberi warna, seperti bromtimol biru (BTB), juga digunakan dalam titrasi netralisasi.

- Kertas indikator pH dibuat dengan mengkombinasikan berbagai pereaksi. Karena indikator yang berbeda-beda menunjukkan warna pada pH tertentu, pH dapat diketahui. Gambar 8-2 menunjukkan hubungan antara warna kertas indikator pH dan nilai pH.





Gambar 8-2: Warna Kertas Indikator pH, dan pH

5.3 pH Meter

- pH meter adalah alat untuk mengukur pH.
- pH meter menggunakan elektroda kaca dan elektroda pembanding. Elektroda kaca adalah elektroda yang dilapisi membran kaca, dan bagian dalamnya diisi kalium klorida (KCl) yang pH-nya disesuaikan 7,0.
- Perbedaan pH antara larutan didalam dan diluar elektroda kaca menghasilkan gaya gerak listrik (60 mV untuk setiap perbedaan 1 pH). Elektroda pembanding dicelupkan ke larutan diluar elektroda kaca (larutan yang pH-nya ingin diketahui), dan pH larutan diukur dari perbedaan gaya gerak listrik.
- Sesuai penggunaannya, pH meter tersedia dalam berbagai jenis, seperti tipe tetap, tipe genggam, dan tipe meja. Gambar 8-3 menunjukkan contoh pH meter tipe meja.



Gambar 8-3: Contoh pH Meter Tipe Meja



Soal Latihan 8-6

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Meskipun larutan pH 4 dan pH 6 dicampur dalam jumlah yang sama, hasilnya tidak menjadi pH 5.
- 2) () Larutan air yang menunjukkan warna biru di kertas pH bersifat asam.
- 3) () Jika nilai pH lebih besar dari 7, disebut bersifat basa.
- 4) () pH meter tersedia dalam jenis untuk industri, tipe meja dan portabel.



Penjelasan

- 1) Karena larutan pH 4 dan 6 konsentrasi ion hidrogennya sangat berbeda (2 digit), meskipun dicampur dalam jumlah sama, hasilnya tidak menjadi nilai diantara keduanya.

Jawaban: A

- 2) Larutan air yang menunjukkan warna biru di kertas pH bersifat basa.

Jawaban: B

- 3) Jika nilai pH lebih besar dari 7, disebut bersifat basa.

Jawaban: A

- 4) pH meter diproduksi dalam berbagai jenis, seperti tipe untuk industri, tipe meja dan portabel.

Jawaban: A





6. Elektrolit dan Elektrolisis

6.1 Elektrolit

- Elektrolit adalah zat yang terdisosiasi menjadi ion dalam larutan air dan memiliki daya hantar listrik.
- Larutan elektrolit dapat dielektrolisis jika diberi tegangan listrik cukup tinggi (beberapa volt). Nama “elektrolit” diambil dari sifat tersebut.

6.2 Elektrolit Kuat dan Elektrolit Lemah

- Elektrolit dengan derajat ionisasi (lihat Bab 8, 1.2) tinggi disebut elektrolit kuat, sedangkan jika derajat ionisasi rendah disebut elektrolit lemah. Derajat pemisahan elektrolit menjadi ion dalam larutan berbeda-beda.
- Elektrolit kuat hampir sepenuhnya mengalami ionisasi dalam larutan air. Elektrolit lemah hanya mengalami ionisasi sebagian.
- Derajat ionisasi adalah indikator yang menunjukkan proporsi elektrolit yang terdisosiasi menjadi ion saat larut dalam air. Elektrolit kuat memiliki derajat ionisasi mendekati 1 (100%), sedangkan elektrolit lemah derajat ionisasinya kurang dari 1.

7. Kecenderungan Ionisasi

- Kecenderungan ionisasi adalah indikator yang menunjukkan kemudahan suatu logam mengalami oksidasi. Logam memiliki sifat untuk melepaskan elektron dan berubah menjadi ion. Kekuatan sifat itu disebut kecenderungan ionisasi. Kecenderungan ionisasi adalah salah satu faktor yang menentukan kemudahan terjadinya reaksi redoks.
- Kekuatan kecenderungan ionisasi berbeda-beda pada setiap logam. Hal inilah yang menyebabkan perbedaan kemudahan logam mengalami karat.

Contoh: Seng dan magnesium memiliki kecenderungan ionisasi lebih tinggi daripada besi.

⇒ Seng dan magnesium lebih mudah teroksidasi dibanding besi.



Gambar 8-4 menunjukkan kecenderungan ionisasi logam-logam umum. Jika logam yang memiliki kecenderungan ionisasi lebih tinggi dari hidrogen, dicelupkan ke larutan asam (misal: asam klorida), akan larut dan menghasilkan hidrogen.

Litium	Lithium	Li	 besar
Natrium	Sodium	Na	
Magnesium	Magnesium	Mg	
Aluminium	Aluminium	Al	
Seng	Zinc	Zn	
Besi	Iron	Fe	
Nikel	Nickel	Ni	
Timah	Tin	Sn	
Timbal	Lead	Pb	
Hidrogen	Hydrogen	H	
Tembaga	Copper	Cu	
Merkuri	Mercury	Hg	
Perak	Silver	Ag	
Platina	Platinum	Pt	
Emas	Gold	Au	kecil

Gambar 8-4: Kecenderungan Ionisasi Logam Umum

Kecenderungan Ionisasi dan Ketahanan Korosi

Kecenderungan ionisasi efektif digunakan sebagai indikator seberapa mudah suatu logam larut (atau mengalami korosi). Namun demikian, pada aluminium dan lainnya, selain kecenderungan ionisasi ada juga lapisan oksida yang melindungi permukaan, sehingga ketahanan terhadap korosi tampak tinggi.



Soal Latihan 8-7

■ Manakah urutan yang benar untuk besi, seng dan aluminium, jika disusun menurut kecenderungan ionisasi dari yang terbesar? Pilih satu dari pilihan A-D.

- A. Aluminium > seng > besi
- B. Besi > aluminium > seng
- C. Seng > besi > aluminium
- D. Besi > seng > aluminium



Penjelasan

Urutannya seperti pada Gambar 8-4, yaitu A.

Jawaban: A





Soal Latihan 8-8

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Natrium klorida tidak mengalami ionisasi dalam larutan air.
- 2) () Besarnya kecenderungan ionisasi sama untuk semua logam.



Penjelasan

- 1) Natrium klorida mengalami ionisasi dan larut dalam larutan air.

Jawaban: B

- 2) Besarnya kecenderungan ionisasi berbeda-beda pada setiap logam.

Jawaban: B

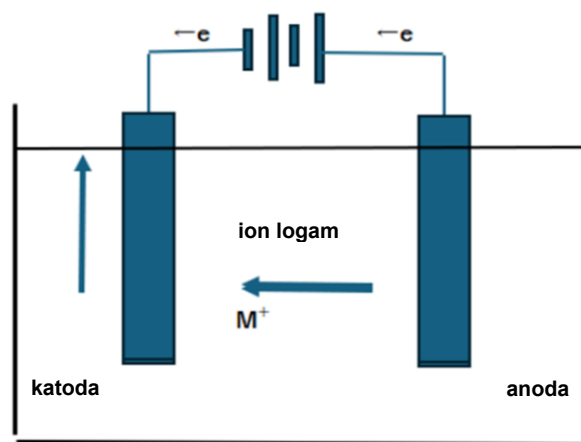


8. Elektrolisis



8.1 Elektrolisis dan Reaksi Elektroda

- Fenomena dimana, dengan memberikan tegangan dan mengalirkan arus listrik, senyawa diuraikan secara kimia menjadi komponen-komponennya pada elektroda.
- Jika arus searah dialirkan melalui larutan elektrolit atau garam cair, akan terjadi reaksi kimia diantara elektroda. Zat dapat terurai atau terbentuk zat baru (Gambar 8-5).
- Kutub positif disebut anoda, sedangkan kutub negatif disebut katoda.



Gambar 8-5: Ilustrasi Elektrolisis



8.2 Reaksi Elektroda dan Reaksi Kimia



Pada permukaan anoda, logam teroksidasi dan larut melalui reaksi berikut.



Ion logam yang terlarut bergerak di dalam larutan dari sisi anoda menuju katoda.

Pada permukaan katoda, melalui reaksi kebalikan dari reaksi anoda, logam mengendap.



- Proses pengendapan logam melalui reaksi reduksi seperti ini disebut proses pelapisan.
- Sementara itu, pada anodisasi (ANODIZE), saat aluminium di sisi anoda melepaskan elektron, aluminium bereaksi dengan ion oksigen (O^{2-}), sehingga lapisan Al_2O_3 tumbuh.

9. Pelapisan Logam dan Listrik

Pelapisan logam adalah metode proses dengan mereduksi atau mengoksidasi ion logam melalui elektrolisis.

9.1 Pelapisan Logam dan Arus Listrik

- Dalam reaksi elektrokimia pada proses pelapisan, jumlah zat yang mengendap atau larut berbanding lurus dengan jumlah listrik yang dialirkan (Hukum Faraday). Jika jumlah listriknya sama, jumlah zat yang mengendap atau larut berbanding lurus dengan ekuivalen kimia zat tersebut.
- Dengan memanfaatkan sifat ini, jumlah endapan pelapisan dapat diperkirakan. Namun, dalam reaksi pelapisan yang aktual, terjadi reaksi samping seperti pembentukan hidrogen, sehingga jumlah endapan lebih rendah dari nilai teoritis. Faktor yang digunakan untuk koreksi disebut efisiensi arus.

$$\text{Jumlah endapan aktual} = \text{ekuivalen elektrokimia logam} \times \text{arus listrik} \times \text{waktu} \times \text{efisiensi arus}$$



9.2 Pelapisan Logam dan Tegangan Listrik



Pada proses pelapisan logam, dengan memberikan tegangan listrik, ion logam menerima elektron dan mengendap sebagai logam.

Jika tegangan dinaikkan, arus listrik juga menjadi lebih besar. Jika densitas arus melebihi batas tertentu, pengendapan dapat menjadi tidak stabil.

Dalam hal logam, potensial redoks menunjukkan kemudahan logam dalam larutan air untuk melepaskan elektron atau berubah menjadi ion. Dengan kata lain, berkaitan dengan kecenderungan ionisasi.

Kecenderungan Ionisasi	Urutan logam yang disusun berdasarkan kemudahan larut dan menjadi ion dalam larutan asam ($\text{pH} = 0$).
Potensial Redoks	Nilai numerik kecenderungan ionisasi, dengan potensial pembentukan hidrogen sebagai acuan. Demikian pula untuk zat dalam larutan, nilai ini menjadi indikator mudah tidaknya suatu senyawa melepaskan elektron.

Dalam proses pelapisan yang aktual, jig, kabel dan lainnya juga bertindak sebagai resistansi, sehingga tegangan perlu diatur agar arus listrik sesuai. Tabel 8-1 menunjukkan potensial redoks berbagai jenis logam.

Tabel 8-1: Potensial Redoks Berbagai Jenis Logam (V)

Fe/Fe ²⁺	-0.44
Co/Co ²⁺	-0.27
Ni/Ni ²⁺	-0.23
Pb/Pb ²⁺	-0.126
H ₂ /2H ⁺	0
Cu/Cu ²⁺	0.34
Ag/Ag ⁺	0.799
Pt/Pt ²⁺	1.2
Au/Au ⁺	1.7



10. Fenomena dalam Bak Pelapisan



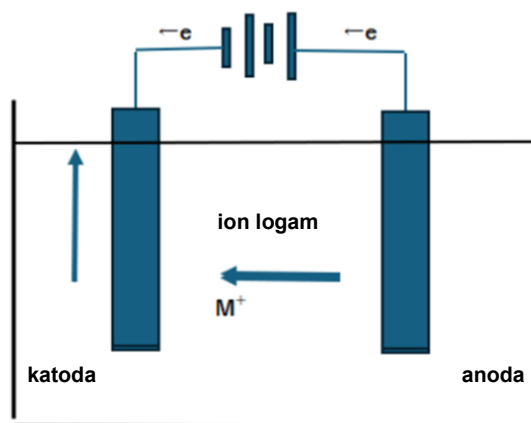
10.1 Anoda dan Katoda

Dalam pelapisan listrik, anoda dan katoda memiliki peran yang berbeda.

anoda [elektroda +]	Logam bahan pelapis ditempatkan di anoda. Berperan melalui elektrolisis sebagai tempat logam terionisasi dan larut ke dalam larutan pelapisan.
katoda [elektroda -]	Benda yang dilapisi ditempatkan di katoda. Merupakan tempat ion logam menerima elektron dan mengendap sebagai logam.

Catatan: Elektroda yang tidak larut, seperti elektroda platina atau iridium oksida, juga dapat digunakan.

Gambar 8-6 merupakan diagram skematis proses pelapisan listrik. Pada anoda, logam larut dalam bentuk ion. Pada katoda, ion tereduksi dan berubah menjadi logam.



Gambar 8-6: Diagram Skematis Proses Pelapisan Listrik



10.2 Distribusi Densitas Arus Listrik



Distribusi densitas arus pada proses pelapisan menunjukkan bagaimana arus listrik terdistribusi pada permukaan benda yang dilapisi didalam larutan elektrolit.

Pada bagian dengan densitas arus tinggi, pelapisan mengendap lebih cepat sehingga lapisan lebih tebal.

Pada bagian dengan densitas arus rendah, pelapisan mengendap lebih lambat sehingga lapisan lebih tipis.

Jika distribusi densitas arus tak merata, tebal lapisan juga menjadi tak merata. Itu karena beda potensial yang timbul bervariasi bergantung pada bagian benda yang dilapisi.

Pada bagian tepi yang tajam, intensitas medan listriknya tinggi sehingga lapisan pada bagian tersebut lebih tebal. Sebaliknya, pada bagian datar, intensitas medan listrik rendah sehingga lapisan lebih tipis (Gambar 8-7). Oleh karena itu, lapisan pada bagian cembung lebih tebal dari bagian cekung.



Gambar 8-7: Contoh Distribusi Pelapisan

Intensitas Medan Listrik

Menunjukkan kuat medan listrik. Jika intensitas medan listrik tinggi, ion akan tertarik lebih kuat. Oleh karena itu, pada bagian dengan intensitas medan listrik tinggi, lapisan menjadi lebih tebal.





Soal Latihan 8-9

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Tebal lapisan yang menempel berbanding lurus dengan tegangan.
- 2) () Jika banyak hidrogen terbentuk dalam proses pelapisan, lapisan menjadi lebih tebal.



Penjelasan

- 1) Tebal lapisan yang menempel berbanding lurus dengan arus yang dialirkan.

Jawaban: B

- 2) Jika banyak hidrogen terbentuk, efisiensi arus memburuk dan lapisan menjadi lebih tipis dari nilai teoritis.

Jawaban: B





Bab 9 Listrik

1. Dasar-dasar

Pada pelapisan listrik dan anodisasi, listrik digunakan untuk membentuk lapisan. Disini akan dijelaskan hal-hal dasar mengenai listrik.

1.1 Arus Listrik, Tegangan dan Resistansi

Akan dijelaskan mengenai **arus listrik**, **tegangan** dan **resistansi**, yang merupakan unsur-unsur dasar listrik.

(1) Arus Listrik

- Arus listrik adalah "**aliran listrik**". Jika diibaratkan pipa air, arus listrik adalah aliran air. Seperti air mengalir melalui pipa, listrik mengalir didalam rangkaian.
- Simbolnya dinyatakan dengan "I". Satuannya ampere (A).
- Jika arus listrik semakin besar, "listrik yang mengalir" semakin banyak.

(2) Tegangan

- Tegangan adalah "**gaya yang mengalirkan listrik**". Jika diibaratkan pipa air, tegangan adalah gaya yang mendorong air keluar. Air akan mengalir lebih kuat jika dialirkan dari tempat yang lebih tinggi. Ketinggian ini sepadan dengan tegangan.
- Simbolnya dinyatakan dengan "E". Satuannya volt (V).
- Semakin tinggi tegangan, semakin kuat arus listrik mengalir (listrik yang mengalir semakin banyak).





(3) Resistansi

- Resistansi adalah **"sesuatu yang menghambat aliran listrik"**. Jika diibaratkan pipa air, "ukuran pipa" merupakan resistansi. Misalnya, jika pipa sempit, air lebih sulit mengalir (jumlah yang mengalir berkurang). Ini yang disebut resistansi.
- Simbolnya dinyatakan dengan "R". Satuannya ohm (Ω).
- Semakin besar resistansi, arus listrik semakin sulit mengalir.

1.2 DC dan AC

Arus listrik terdiri dari **arus searah (DC)** dan **arus bolak-balik (AC)**. Berikut dijelaskan karakteristik masing-masing.

(1) Arus Searah (DC)

- Ada kutub positif (+) dan negatif (-), dan arus listrik **mengalir hanya dalam satu arah, dari positif ke negatif. Besarnya tidak berubah.**
- Tegangan juga tak berubah terhadap waktu (konstan).
- Dinyatakan dengan DC. Semua arus listrik dari baterai (seperti baterai kering) adalah arus searah.

(2) Arus Bolak-balik (AC)

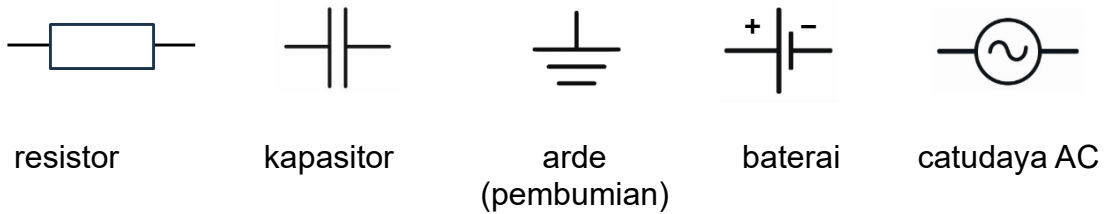
- **Arah arus listrik berubah secara periodik.** Misalnya, di Jepang arah arus berganti 50 atau 60 kali setiap detik. Besarnya juga berubah.
- Tegangannya juga berubah seperti gelombang.
- Dinyatakan dengan AC. **Sumber listrik komersial di Jepang adalah AC dengan tegangan 100 V dan 200 V.** Stopkontak rumah tangga terutama menggunakan 100 V.



1.3 Simbol



Simbol grafis kelistrikan yang digunakan dalam diagram rangkaian antara lain sebagai berikut.



Gambar 9-1: Simbol Grafis Kelistrikan



Soal Latihan 9-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Satuan arus listrik adalah V.
- 2) () Pada arus searah, arus listrik mengalir dari kutub negatif ke positif.



Penjelasan

- 1) Satuan arus listrik adalah A.

Jawaban: B

- 2) Pada arus searah, arus listrik mengalir dari kutub positif ke negatif.

Jawaban: B



1.4 Arus Listrik dan Medan Magnet



Arus listrik dan **medan magnet** memiliki hubungan yang erat. Disini akan dijelaskan mengenai keterkaitan keduanya.

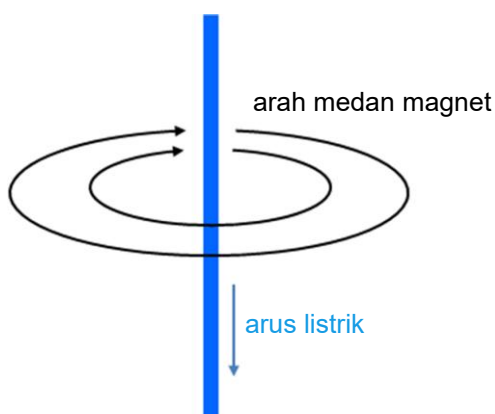
(1) Medan Listrik dan Medan Magnet

- **Medan listrik** adalah medan gaya yang dibentuk oleh listrik. Saat ada **muatan listrik (listrik positif atau negatif yang dimiliki suatu benda)**, maka disekitarnya terbentuk medan gaya.
- **Medan magnet** adalah medan gaya yang dibentuk oleh magnet maupun arus listrik.
- Perubahan medan listrik dapat menghasilkan medan magnet, dan perubahan medan magnet dapat menghasilkan medan listrik.
- Contoh aplikasinya adalah motor listrik yang menghasilkan gaya putar dengan memanfaatkan medan magnet yang dibentuk oleh arus listrik.

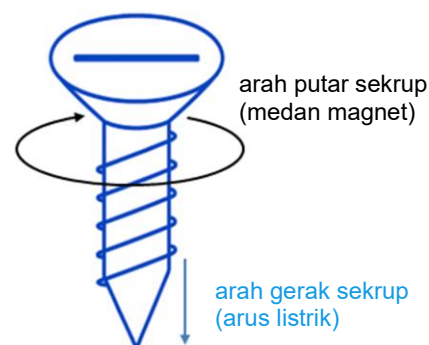
(2) Arus Listrik dan Medan Magnet

Jika arus listrik mengalir pada kawat listrik, medan magnet berbentuk seperti donat akan terbentuk disekitar kawat.

Medan magnet ini memiliki sifat yang sama dengan gaya magnet, dan dapat menggerakkan jarum magnet.



Gambar 9-2: Arus Listrik dan Medan Magnet



Gambar 9-3: Hukum Sekrup Kanan

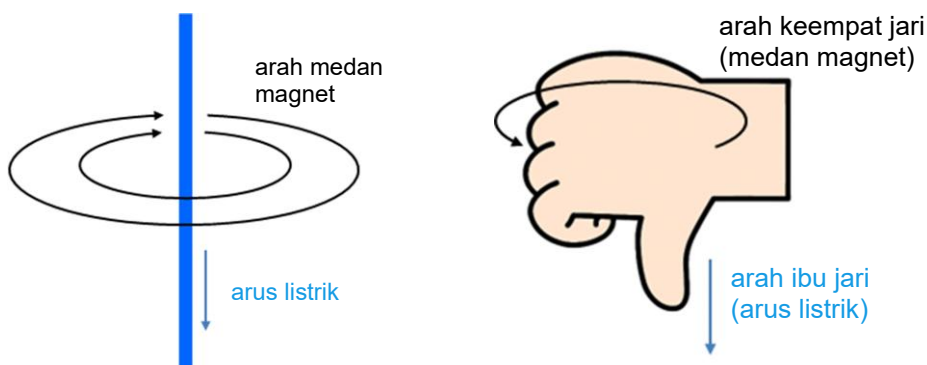


(3) Hukum Sekrup Kanan

Jika arus listrik mengalir ke arah bawah, maka arah medan magnet searah jarum jam. Karena hubungan arus listrik dan medan magnet sama dengan hubungan arah putar dan arah gerak sekrup, hubungan ini disebut **hukum sekrup kanan**.

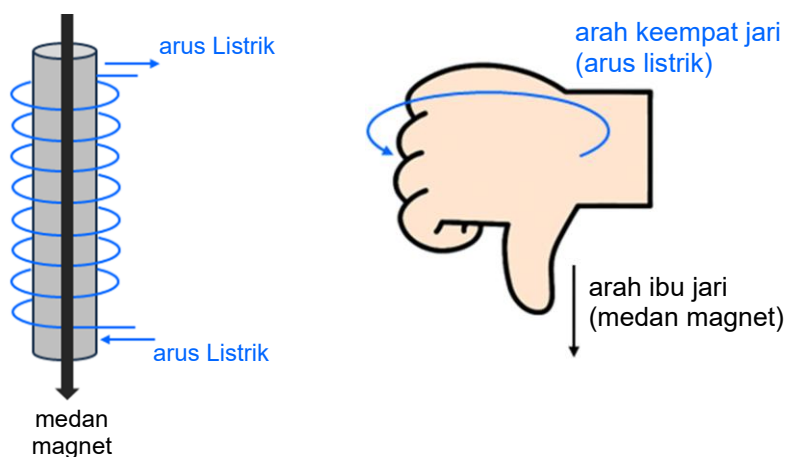
(4) Hukum Tangan Kanan

- Pada arus listrik yang lurus, hubungan arus listrik dan medan magnet dapat ditunjukkan dengan menyamakan ibu jari tangan kanan dengan arah arus dan keempat jari dengan arah medan magnet.



Gambar 9-4: Hukum Tangan Kanan (Arus DC)

- Pada koil, hubungan arus listrik dan medan magnet dapat ditunjukkan dengan menyamakan ibu jari tangan kanan dengan arah medan magnet dan keempat jari dengan arah arus listrik.



Gambar 9-5: Hukum Tangan Kanan (Koil)



Soal Latihan 9-2

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Jika arus listrik mengalir pada kawat listrik, medan magnet terbentuk sejajar dengan kawat listrik.
- 2) () Hukum sekrup kanan adalah hukum yang menunjukkan hubungan arah arus listrik dan arah medan magnet.



Penjelasan

- 1) Medan magnet berbentuk seperti donat di sekitar kawat listrik.

Jawaban: B

- 2) Benar.

Jawaban: A



2. Hukum Ohm



Hukum Ohm adalah hukum yang ditemukan oleh fisikawan Jerman Georg Simon Ohm dan merupakan konsep sangat penting untuk memahami dasar-dasar kelistrikan.

2.1 Hubungan Arus Listrik, Tegangan dan Resistansi

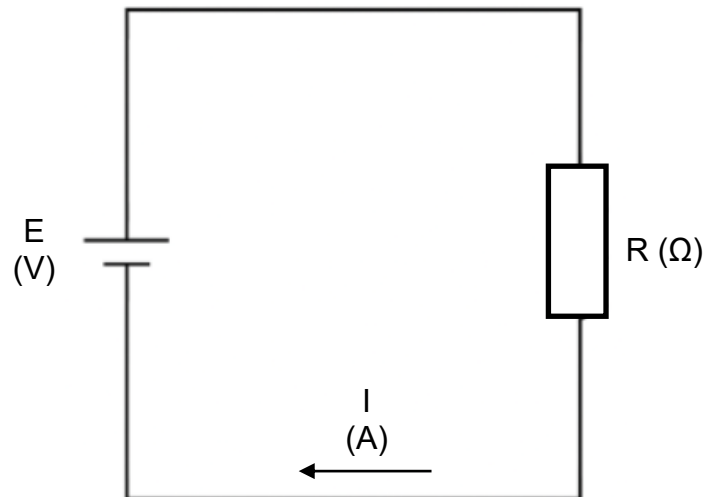
Pada rangkaian Gambar 9-6, ada hubungan berikut antara arus listrik (I), tegangan (E) dan resistansi (R).

$$\text{Tegangan (E) = Resistansi (R) } \times \text{ Arus (I) } \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$\text{Arus (I) = Tegangan (E) } \div \text{ Resistansi (R) } \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$\text{Resistansi (R) = Tegangan (E) } \div \text{ Arus (I) } \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

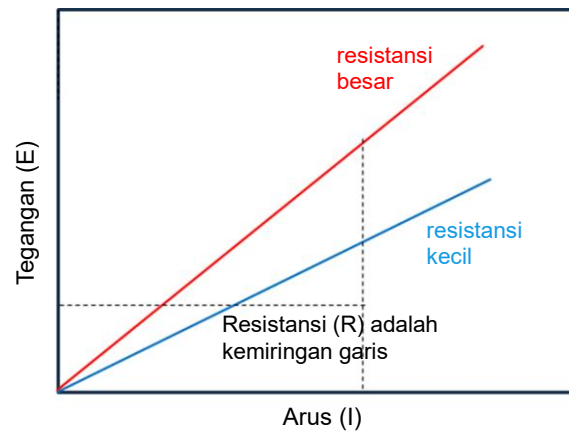
*(1), (2) dan (3) pada dasarnya hal yang sama, hanya penyajian berbeda.



Gambar 9-6: Rangkaian Arus Listrik, Tegangan dan Resistansi

- Jika Persamaan (1) dinyatakan dalam grafik, hasilnya seperti Gambar 9-7.
- Tegangan dan arus berbanding lurus. Semakin besar arus, semakin besar pula tegangan. (Semakin besar tegangan, semakin besar pula arus)
- Jika arus sama, semakin besar resistansi, semakin besar pula tegangan.
- Jika tegangan sama, semakin besar resistansi, semakin kecil arus.





Gambar 9-7: Hubungan Arus Listrik, Tegangan dan Resistansi



Soal Latihan 9-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pada Gambar 9-6, saat arus 10 A dan resistansi 2 Ω , tegangannya adalah 20 V.
- 2) () Pada Gambar 9-6, saat tegangan 30 V dan resistansi 5 Ω , arusnya adalah 5 A.
- 3) () Pada Gambar 9-6, saat tegangan 250 V dan arus 10 A, resistansinya adalah 24 Ω .
- 4) () Pada Gambar 9-6, saat tegangan 30 mV dan arus 1 mA, resistansinya adalah 30 Ω .
- 5) () Pada Gambar 9-6, saat arus 2 mA dan resistansi 5 Ω , tegangannya adalah 10 mV.





Penjelasan



- 1) Karena $E = R \times I$, maka $E = 2 \, \Omega \times 10 \, \text{A} = 20 \, \text{V}$.

Jawaban: A

- 2) Karena $I = E \div R$, maka $I = 30 \, \text{V} \div 5 \, \Omega = 6 \, \text{A}$.

Jawaban: B

- 3) Karena $R = E \div I$, maka $R = 250 \, \text{V} \div 10 \, \text{A} = 25 \, \Omega$.

Jawaban: B

- 4) Karena $R = E \div I$, maka $R = 0,03 \, \text{V} \div 0,001 \, \text{A} = 30 \, \Omega$.

Jawaban: A

- 5) Karena $E = R \times I$, maka $E = 5 \, \Omega \times 0,002 \, \text{A} = 0,01 \, \text{V} (= 10 \, \text{mV})$.

Jawaban: A



3. Penggabungan Resistansi

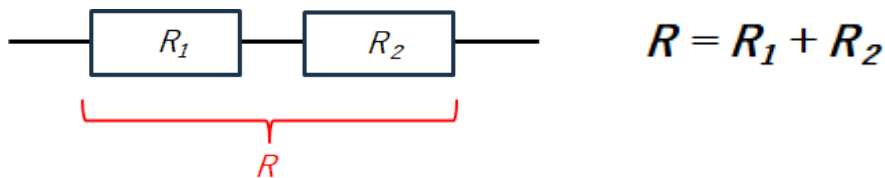


Jika pada rangkaian ada beberapa resistansi, maka resistansi-resistansi tersebut dapat dianggap sebagai satu resistansi, yang disebut **resistansi gabungan**. Disini akan dijelaskan cara menghitung resistansi gabungan.

3.1 Rangkaian Seri

(1) Penyambungan dan Perhitungan Resistansi Gabungan

- Seperti pada Gambar 9-8, penyambungan beberapa resistor dalam satu garis disebut **rangkaian resistor seri**.
- Jika resistansi gabungan dari R_1 dan R_2 pada Gambar 9-8 adalah R , maka R dapat dinyatakan sebagai jumlah R_1 dan R_2 .



Gambar 9-8: Rangkaian Resistor Seri

(2) Karakteristik

- Pada rangkaian seri, besar arus yang mengalir melalui semua resistor adalah sama.
- Pada rangkaian seri, tegangan pada masing-masing resistor berbeda-beda bergantung besarnya resistansi.
- Pada rangkaian seri, nilai resistansi total lebih besar dari masing-masing.

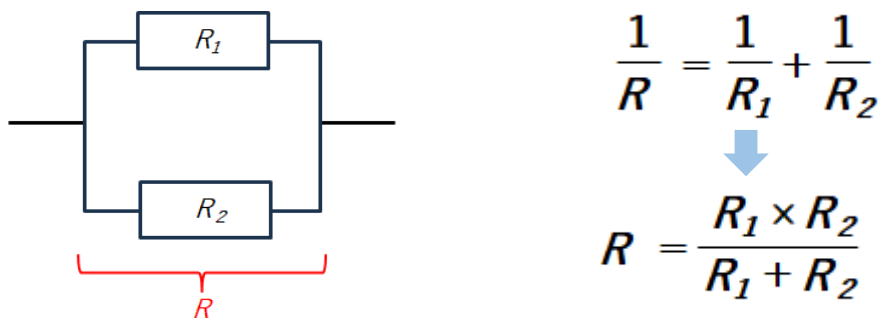


3.2 Rangkaian Paralel



(1) Penyambungan dan Perhitungan Resistansi Gabungan

- Seperti pada Gambar 9-9, penyambungan beberapa resistor secara berdampingan disebut **rangkaian resistor paralel**.
- Jika resistansi gabungan dari R_1 dan R_2 pada Gambar 9-9 adalah R , maka kebalikan R ($1/R$) dapat dinyatakan sebagai jumlah kebalikan R_1 dan R_2 ($1/R_1$ dan $1/R_2$).



Gambar 9-9: Rangkaian Resistor Paralel

(2) Karakteristik

- Pada rangkaian paralel, arus yang mengalir melalui masing-masing resistor berbeda-beda bergantung besarnya resistansi.
- Pada rangkaian paralel, besarnya tegangan pada semua resistor adalah sama.
- Pada rangkaian paralel, nilai resistansi total menjadi lebih kecil.





Soal Latihan 9-4

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pada Gambar 9-8, jika $R_1 = 10 \Omega$ dan $R_2 = 5 \Omega$, resistansi gabungan R adalah 15Ω .
- 2) () Pada Gambar 9-8, jika $R_1 = 10 \Omega$ dan $R_2 = 500 \text{ m}\Omega$, resistansi gabungan R adalah 15Ω .
- 3) () Pada Gambar 9-8, jika $R_1 = 70 \text{ m}\Omega$ dan $R_2 = 80 \text{ m}\Omega$, resistansi gabungan R adalah $150 \text{ m}\Omega$.
- 4) () Pada Gambar 9-9, jika $R_1 = 2 \Omega$ dan $R_2 = 2 \Omega$, resistansi gabungan R adalah 4Ω .
- 5) () Pada Gambar 9-9, jika $R_1 = 8 \Omega$ dan $R_2 = 2 \Omega$, resistansi gabungan R adalah $1,6 \Omega$.



Penjelasan

1) $R = R_1 + R_2 = 10 + 5 = 15(\Omega)$.

Jawaban: A

2) $R = R_1 + R_2 = 10 + 0,5 = 10,5(\Omega)$.

Jawaban: B

3) $R = R_1 + R_2 = 70 + 80 = 150(\text{m}\Omega)$.

Jawaban: A

4) $R = (R_1 \times R_2)/(R_1 + R_2) = (2 \times 2)/(2 + 2) = 4 / 4 = 1(\Omega)$.

Jawaban: B

5) $R = (R_1 \times R_2)/(R_1 + R_2) = (8 \times 2)/(8 + 2) = 16 / 10 = 1,6(\Omega)$.

Jawaban: A



4. Hukum Lainnya

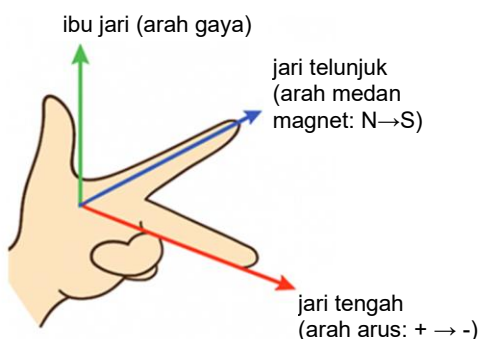


Dalam kelistrikan, selain hukum Ohm, ada juga hukum-hukum penting lainnya. Disini akan dijelaskan hukum-hukum tersebut.

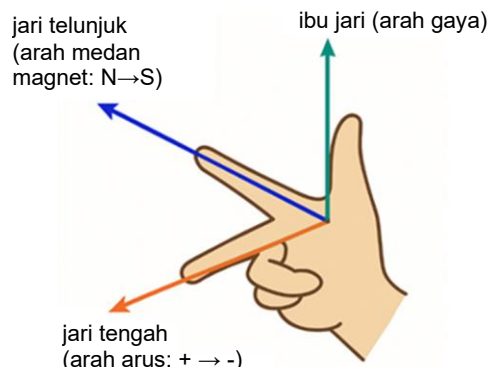
4.1 Hukum Fleming

(1) Hukum Tangan Kiri Fleming

- Jika kawat listrik yang dialiri arus ditempatkan di medan magnet, kawat akan mengalami gaya. "Penentuan arah gaya menggunakan tangan" ini disebut **hukum tangan kiri Fleming**.
- Dengan **jari tengah, telunjuk dan ibu jari** saling tegak lurus, arah masing-masing jari tersebut menunjukkan arah: "**arus listrik**", "**medan magnet**" dan "**gaya**".
- Hukum ini untuk menentukan arah gaya saat arah arus listrik dan medan magnet diketahui. (saat menggerakkan benda dengan arus listrik)



Gambar 9-10: Hukum Tangan Kiri Fleming



Gambar 9-11: Hukum Tangan Kanan Fleming





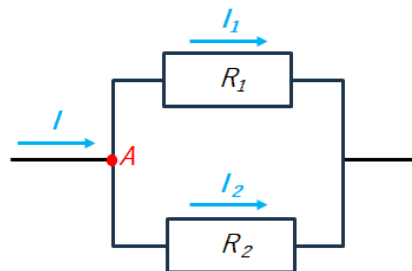
(2) Hukum Tangan Kanan Fleming

- Saat jari tengah, telunjuk dan ibu jari saling tegak lurus, arah masing-masing jari tersebut menunjukkan arah: "arus listrik", "medan magnet", dan "gaya". Ini sama dengan hukum tangan kiri Fleming.
- Digunakan untuk menentukan arah arus listrik **jika arah medan magnet dan gaya diketahui**. (saat menciptakan arus listrik dengan gerakan)

4.2 Hukum Kirchhoff

(1) Hukum Pertama Kirchhoff (Hukum Arus Kirchhoff)

Pada setiap titik dalam rangkaian, jumlah arus listrik yang mengalir masuk sama dengan jumlah arus listrik yang mengalir keluar.



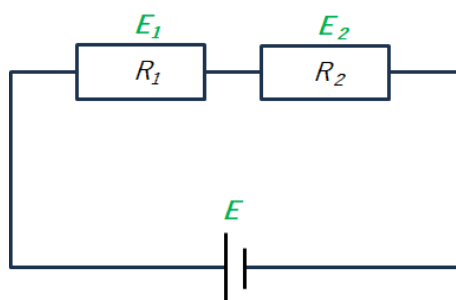
Pada titik A,

$$I = I_1 + I_2$$

Gambar 9-12: Hukum Pertama Kirchhoff

(2) Hukum Kedua Kirchhoff (Hukum Tegangan Kirchhoff)

Pada rangkaian tertutup, "jumlah gaya gerak listrik" dan "jumlah penurunan tegangan" adalah sama.



Pada rangkaian tertutup di kiri,

$$E = E_1 + E_2$$

Gambar 9-13: Hukum Kedua Kirchhoff





Soal Latihan 9-5

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Hukum tangan kiri Fleming menyatakan arah arus listrik, tegangan dan medan magnet dengan menggunakan tangan kiri.
- 2) () Pada hukum tangan kiri Fleming, ibu jari menunjukkan arah gaya.
- 3) () Dalam hukum pertama Kirchhoff, jumlah arus listrik yang mengalir masuk sama dengan jumlah arus listrik yang mengalir keluar.



Penjelasan

- 1) Hukum tangan kiri Fleming menunjukkan arah arus listrik, medan magnet dan gaya.

Jawaban: B

- 2) Benar.

Jawaban: A

- 3) Benar.

Jawaban: A





Bab 10 Perlakuan Permukaan Logam

1. Tujuan dan Klasifikasi

Berbagai jenis perlakuan permukaan seperti pelapisan dan anodisasi digunakan pada logam. Disini akan dijelaskan mengenai tujuan, klasifikasi, dan karakteristiknya.

1.1 Tujuan Perlakuan Permukaan

(1) Peningkatan Ketahanan Korosi (mencegah karat)

- Digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi logam dasar (mencegah karat logam dasar).
- Melindungi komponen otomotif, bahan atap dan dinding, serta produk elektronik rumah tangga dari oksidasi dan karat.

(2) Peningkatan Estetika (memperindah tampilan)

- Digunakan untuk meningkatkan estetika logam dasar (memperindah tampilan).
- Melalui proses pelapisan, memberikan kilau, nuansa logam dan kesan mewah pada aksesoris.
- Pada proses anodisasi, lapisan dapat diwarnai sehingga dapat menghasilkan tampilan warna-warni.

(3) Peningkatan Ketahanan Aus (mengeraskan permukaan, membuat sulit tergores)

- Digunakan untuk meningkatkan ketahanan aus pada permukaan logam dasar. Permukaan dibuat lebih keras dan sulit tergores.
- Digunakan untuk mengeraskan permukaan logam dasar pada peralatan, komponen otomotif, dan sebagainya.



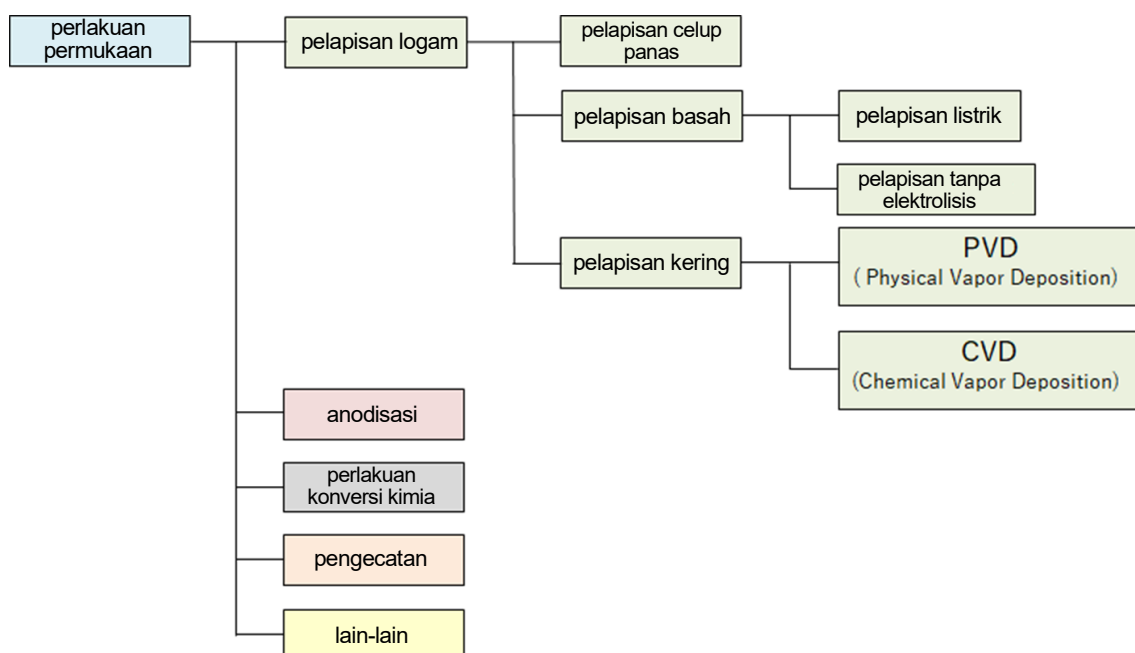


(4) Tujuan Lainnya

- Digunakan untuk mengubah konduktivitas listrik logam dasar.
- Digunakan untuk meningkatkan kemudahan penyambungan (penyolderan, bonding).
- Digunakan untuk membuat jalur konduktor PCB, komponen elektronik, dan sebagainya.
- Digunakan untuk meningkatkan kinerja, seperti sifat magnetik.

1.2 klasifikasi Perlakuan Permukaan

- Perlakuan permukaan mencakup metode seperti ditunjukkan Gambar 10-1.
- **Pelapisan logam** adalah metode membentuk **lapisan logam** pada permukaan logam, resin, dsb.
- **Anodisasi** adalah metode mengoksidasi permukaan logam dan membentuk **lapisan oksida**.
- **Perlakuan konversi kimia** adalah metode membentuk **lapisan senyawa** (seperti fosfat) pada permukaan logam melalui reaksi kimia.
- **Pengecatan** adalah metode membentuk **lapisan resin** pada permukaan logam.
- Metode lainnya mencakup penyemprotan termal, etsa, pemolesan, pengerasan (quenching), nitridasi, dan sebagainya.



Gambar 10-1: klasifikasi Perlakuan Permukaan





Soal Latihan 10-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Perlakuan permukaan logam hanya untuk meningkatkan ketahanan korosi.
- 2) () Perlakuan permukaan logam hanya mencakup metode pelapisan logam dan anodisasi.



Penjelasan

- 1) Selain meningkatkan ketahanan korosi, ada juga tujuan seperti meningkatkan estetika dan mengeraskan permukaan.

Jawaban: B

- 2) Selain pelapisan dan anodisasi, ada metode seperti perlakuan konversi kimia dan pengecatan.

Jawaban: B



1.3 Karakteristik Berbagai Perlakuan Permukaan



Karakteristik pelapisan, anodisasi, konversi kimia, pengecatan, dan lainnya dirangkum pada Tabel 10-1.

Tabel 10-1: klasifikasi Perlakuan Permukaan

Metode	Bahan Dasar	Lapisan		Fungsionalitas
		Jenis	Ketebalan	
Pelapisan logam	Logam (seperti baja, tembaga, paduan aluminium), resin, dsb	Logam (seng, kromium, nikel, emas, timah, dsb)	sekitar 0,1–150 μm	ketahanan korosi, ketahanan aus, konduktivitas listrik, dekoratif
Anodisasi	Aluminium, titanium, magnesium	Lapisan oksida (alumina, dsb)	sekitar 1–150 μm	ketahanan korosi, ketahanan aus, isolasi listrik, kemudahan pewarnaan, sifat katalitik
Perlakuan Konversi Kimia	Logam (baja, lembaran baja berlapis seng, baja tahan karat, aluminium, dsb)	Lapisan senyawa (fosfat, oksida kromat, dsb)	sekitar 0,01–20 μm	ketahanan korosi, kemudahan pelumasan, lapisan dasar pengecatan
Pengecatan	Logam (baja, baja tahan karat, aluminium, dsb), resin, kayu dan lainnya	Lapisan resin	sekitar 15–150 μm	ketahanan korosi, sifat kedap air, ketahanan cuaca, estetika, isolasi panas

1.4 Contoh Penerapan

Perlakuan permukaan logam diterapkan dalam berbagai bidang. Disini akan dijelaskan contoh aplikasinya.

(1) Otomotif

- Pada panel eksterior (seperti pintu dan spakbor), digunakan **pelapisan seng, perlakuan fosfat, pengecatan**, dsb untuk meningkatkan ketahanan korosi.
- Pada baut dan mur juga digunakan **pelapisan seng, perlakuan kromat**, dsb untuk meningkatkan ketahanan korosi.
- Pada gagang pintu dan grille (kisi depan mobil), digunakan **pelapisan nikel-kromium, pengecatan**, dsb untuk meningkatkan estetika.





(2) Peralatan Listrik Rumah Tangga dan Perangkat Elektronik

- Pada panel eksterior kulkas, mesin cuci, dsb digunakan pengecatan untuk meningkatkan estetika dan ketahanan korosi.
- Pada unit HP, tablet, dan sejenisnya, digunakan **anodisasi, PVD**, dsb untuk meningkatkan estetika dan ketahanan sidik jari (mencegah penempelan sidik jari).
- Pada terminal catudaya, unit kontak, dsb digunakan **pelapisan nikel, emas, timah, dan sejenisnya** untuk meningkatkan konduktivitas listrik dan kemudahan penyambungan.

(3) Semikonduktor dan Komponen Elektronik

- Pada jalur pengkabelan internal, digunakan **pelapisan tembaga, PVD, CVD**, dan sebagainya.
- Pada terminal catudaya, unit kontak, dsb digunakan **pelapisan nikel, emas, timah, dan sejenisnya** untuk meningkatkan konduktivitas listrik dan kemudahan penyambungan.

(4) Bahan Bangunan

- Pada bahan dinding eksterior dan atap, digunakan **pelapisan celup panas menggunakan seng, paduan seng, paduan seng-aluminium, dsb, serta perlakuan kromat, pengecatan**, dan lainnya untuk ketahanan korosi dan estetika.
- Pada kusen dan rangka jendela, dsb digunakan **anodisasi, pengecatan**, dan sejenisnya untuk ketahanan korosi dan estetika.





Soal Latihan 10-2

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Bahan dasar yang dapat dilapisi hanyalah logam.
- 2) () Anodisasi dapat dilakukan pada semua jenis logam.
- 3) () Pelapisan digunakan untuk berbagai aplikasi seperti otomotif, peralatan rumah tangga, bahan bangunan, dan sebagainya.



Penjelasan

- 1) Plastik dan sejenisnya juga dapat dilapisi.

Jawaban: B

- 2) Logam yang dapat dianodisasi terbatas pada aluminium, magnesium, dan sebagainya.

Jawaban: B

- 3) Benar.

Jawaban: A



2. Pelapisan Logam



Pelapisan logam merupakan salah satu metode perlakuan permukaan logam. Disini akan dijelaskan singkat mengenai tujuan, jenis, dan lainnya. Penjelasan lebih rinci diberikan pada Bab 11.

2.1 Pengertian Pelapisan Logam

- Pelapisan logam adalah metode membentuk lapisan logam pada permukaan logam, resin, dan sebagainya.
- Secara garis besar, pelapisan logam dapat diklasifikasikan menjadi pelapisan celup panas, pelapisan kering, dan pelapisan basah.
- Digunakan untuk meningkatkan kinerja seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, estetika, konduktivitas listrik, dan lainnya.

2.2 Jenis-jenis Pelapisan Logam

(1) Pelapisan Celup Panas

- Merupakan metode pembentukan lapisan dengan mencelupkan bahan dasar ke bak berisi logam yang dilelehkan pada suhu tinggi.
- Ada **pelapisan seng celup panas, pelapisan paduan seng-besi celup panas, pelapisan aluminium celup panas, pelapisan paduan seng-aluminium celup panas**, dan sebagainya.

(2) Pelapisan Basah

- Merupakan metode pembentukan lapisan logam pada permukaan bahan dasar dengan mereduksi ion logam di dalam larutan. Ada **pelapisan listrik** dan **pelapisan tanpa elektrolisis**.
- **Pelapisan listrik** merupakan metode pembentukan lapisan logam dengan mereduksi ion logam di dalam larutan dengan cara mengalirkan arus listrik pada bahan dasar.
- **Pelapisan tanpa elektrolisis** merupakan metode pembentukan lapisan logam dengan mereduksi ion logam menggunakan zat pereduksi dan sebagainya. Arus listrik tidak dialirkan.





(3) Pelapisan Kering

- Pelapisan kering dilakukan di ruang vakum dan terdiri atas **PVD (Physical Vapor Deposition, metode deposisi uap secara fisik)** dan **CVD (Chemical Vapor Deposition, metode deposisi uap secara kimia)**.
- **PVD** adalah metode melalui evaporasi atau sputtering terhadap logam, untuk kemudian dibuat menempel pada bahan dasar.
- **CVD** adalah metode dengan bahan baku berbentuk gas yang mengalami reaksi kimia pada permukaan bahan dasar.

3. Anodisasi

Anodisasi merupakan salah satu metode perlakuan permukaan logam. Disini akan dijelaskan singkat mengenai tujuan, jenis, dan lainnya. Penjelasan lebih rinci diberikan pada Bab 12.

3.1 Pengertian Anodisasi

- Anodisasi adalah metode untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan logam seperti aluminium.
- Dengan menjadikan bahan dasar (logam) sebagai anoda dan mengalirkan arus, **lapisan oksida** terbentuk pada permukaan bahan dasar.
- Digunakan untuk peningkatan kinerja seperti ketahanan korosi, estetika, ketahanan aus, dsb.

3.2 Karakteristik Lapisan Anodisasi

- Bahan dasar terbatas pada aluminium, titanium, magnesium, dan lainnya.
- Lapisan anodisasi aluminium (**alumite**) terdiri dari **lapisan penghalang** yang rapat dan **lapisan berpori** yang memiliki pori-pori halus.
- Arus yang digunakan antara lain arus DC, arus AC dan arus AC superimposisi.
- Berbagai warna dapat dihasilkan melalui kombinasi jenis bahan dasar dan kondisi elektrolisis.
- Dengan menambahkan zat pewarna atau pigmen pada lapisan berpori, dapat diperoleh warna yang indah.





Soal Latihan 10-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pelapisan celup panas adalah metode dengan mengalirkan arus listrik pada bahan dasar di dalam logam cair.
- 2) () Pelapisan kering mencakup metode dengan menguapkan logam untuk membentuk lapisan.
- 3) () Pada anodisasi, hanya arus DC yang digunakan.



Penjelasan

- 1) Pada pelapisan celup panas, bahan dasar hanya dicelupkan ke logam cair dan arus listrik tak dialirkan.

Jawaban: B

- 2) Benar.

Jawaban: A

- 3) Pada anodisasi, arus bolak-balik, dsb juga digunakan.

Jawaban: B



4. Perlakuan Konversi Kimia



Perlakuan konversi kimia merupakan salah satu perlakuan permukaan logam. Disini akan dijelaskan tujuan dan berbagai metodenya.

4.1 Ringkasan dan Tujuan

(1) Pengertian Konversi Kimia

- Perlakuan konversi kimia dilakukan dengan mencelupkan logam ke larutan yang mengandung fosfat, kromium, atau lainnya, sehingga terjadi **reaksi kimia** pada permukaan logam.
- Merupakan metode untuk membentuk lapisan yang memiliki sifat yang berbeda dengan sifat bahan dasar.

(2) Tujuan

- Meningkatkan ketahanan korosi logam bahan dasar.
- Sebagai perlakuan dasar sebelum pengecatan, untuk meningkatkan daya lekat lapisan cat.

4.2 Jenis Perlakuan Konversi Kimia

(1) Perlakuan Fosfat

- Bahan dasar dicelupkan ke larutan berbasis fosfat untuk membentuk lapisan fosfat pada permukaan.
- Larutan untuk perlakuan, antara lain digunakan **seng fosfat, besi fosfat, mangan fosfat, kalsium fosfat**, dan sebagainya.
- Memiliki efek melindungi permukaan serta meningkatkan ketahanan korosi, daya lekat cat, kemudahan pelumasan, dan sebagainya.
- Terutama digunakan untuk perlakuan pada produk baja.





(2) Perlakuan Kromat

- Bahan dasar dicelupkan ke larutan yang mengandung kromium heksavalen dan kromium trivalen untuk membentuk **lapisan oksida** pada permukaan.
- Lapisan oksida memiliki **kemampuan self-healing**, sehingga dapat meningkatkan ketahanan korosi dan mencegah perubahan warna.
- Ada pula **kromat berwarna** untuk sebagai pengganti pengecatan, dan **kromat dasar pengecatan** sebagai perlakuan dasar sebelum pengecatan.
- Terutama digunakan untuk perlakuan terhadap bahan dasar (produk baja) yang diberi pelapisan seng.

(3) Perlakuan Zinkat

- Bahan dasar dicelupkan ke larutan yang mengandung **zinkat** (garam sengat) untuk membentuk **lapisan seng**.
- Digunakan sebagai perlakuan awal sebelum pelapisan pada paduan aluminium dan paduan magnesium.
- Lapisan oksida pada bahan dasar hilang terlarut, dan dibentuk lapisan seng guna meningkatkan daya lekat pelapisan berikutnya.
- Untuk meningkatkan daya lekat tersebut, ada juga perlakuan **zinkat ganda**, yaitu perlakuan zinkat yang dilakukan 2 kali.

(4) Perlakuan Penghitaman

- Bahan dasar dicelupkan ke larutan alkali untuk membentuk **lapisan oksida berwarna hitam**.
- Digunakan sebagai perlakuan konversi kimia pada produk baja.
- Permukaan berubah hitam karena terbentuk lapisan oksida tipis (besi(II,III) oksida, Fe_3O_4).
- Ketahanan korosi dan panas meningkat, serta tampilan menjadi lebih baik.
- Efek ketahanan korosi memang lebih rendah dibanding konversi kimia lainnya, dan biaya juga lebih rendah.





Soal Latihan 10-4

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Salah satu larutan untuk perlakuan fosfat adalah larutan seng fosfat.
- 2) () Perlakuan kromat adalah untuk membentuk lapisan fosfat pada permukaan bahan dasar.
- 3) () Perlakuan zinkat adalah untuk meningkatkan daya lekat pelapisan pada paduan aluminium.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Kromat adalah perlakuan untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan bahan dasar.

Jawaban: B

- 3) Benar.

Jawaban: A



5. Pengecatan



Pengecatan adalah salah satu metode perlakuan permukaan logam. Disini akan dijelaskan tujuan dan berbagai metodenya.

5.1 Ringkasan dan Tujuan

(1) Pengertian Pengecatan

- Pengecatan merupakan metode untuk membentuk **lapisan cat (resin)** pada permukaan bahan dasar.
- Bahan dasar dapat berupa logam, plastik, beton, dan sebagainya.

(2) Tujuan

- Melindungi permukaan bahan dasar dari oksigen dan kelembaban serta meningkatkan ketahanan korosi.
- Melindungi permukaan bahan dasar dari goresan dan sebagainya.
- Meningkatkan estetika bahan dasar melalui berbagai warna dan pola.
- Dapat menambahkan fungsi seperti anti-selip, sifat menolak air, dan lainnya.

5.2 Metode Pengecatan

(1) Pengecatan Semprot

- Cat diatomisasi dengan udara bertekanan untuk pelapisan.
- Dapat mengecat merata bahkan pada bentuk kompleks.

(2) Pengecatan Elektrostatik

- Cat yang diatomisasi diberi muatan negatif, sedangkan bahan dasar diberi muatan positif, dan cat ditempelkan dengan gaya elektrostatik.
- Pemborosan cat sedikit, tetapi perlu peralatan yang besar dan kompleks.





(3) Pengecatan Elektroforesis

- Produk dicelupkan ke larutan resin, dan pengecatan dilakukan dengan mengalirkan arus DC.
- Ada **pengecatan elektroforesis anionik dan elektroforesis kationik**.
- Dapat membentuk lapisan cat yang seragam dengan ketahanan korosi sangat baik, sehingga digunakan pada panel eksterior otomotif dan sebagainya. Pada bidang otomotif digunakan pengecatan elektroforesis kationik.
- Biaya peralatannya tinggi.

(4) Pengecatan Serbuk

- Serbuk cat ditempelkan ke bahan dasar secara elektrostatik atau penyemprotan termal, lalu dipanaskan agar meleleh dan membentuk lapisan.
- Tak memerlukan pelarut sehingga ramah lingkungan, dan memungkinkan pengecatan lapisan tebal.
- Biaya peralatannya tinggi.

(5) Pengecatan Panggang

- Bahan dasar yang telah dicat dipanaskan pada suhu tinggi untuk mengeringkan lapisan cat.
- Dapat menghasilkan lapisan cat dengan daya tahan yang tinggi dan sangat tahan panas, serta mampu mempertahankan keindahan dalam waktu lama.

(6) Pengecatan Celup

- Pengecatan dilakukan dengan mencelupkan bahan dasar ke dalam cat.
- Karena mudah timbul pola garis atau sejenisnya, tampilan permukaan menjadi kurang baik.

5.3 Jenis Cat

- Ada cat berbasis air dan cat berbasis minyak. Cat berbasis minyak memiliki daya tahan lebih tinggi dan kemampuan menghasilkan warna lebih baik.
- Resin yang terkandung dalam cat antara lain resin berbasis akrilik, berbasis uretan, berbasis silikon, berbasis fluor, dan lainnya. Cat berbasis fluor memiliki daya tahan paling tinggi.
- Ada cat 1-komponen, yang hanya terdiri dari 1 jenis cat; dan cat 2-komponen, yang terdiri dari 2 jenis cat yang dicampurkan.





Soal Latihan 10-5

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pengecatan elektroforesis untuk komponen otomotif adalah pengecatan elektroforesis kationik.
- 2) () Arus DC digunakan dalam pengecatan elektroforesis.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Benar.

Jawaban: A





Bab 11 Pelapisan Logam

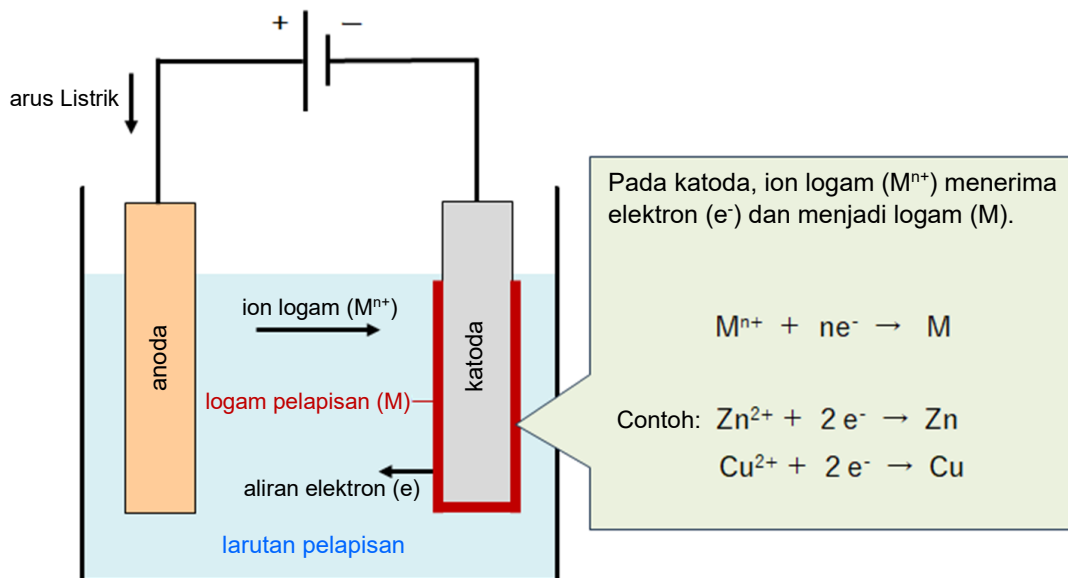
1. Pelapisan Listrik

Salah satu metode pelapisan logam adalah pelapisan listrik. Pelapisan listrik merupakan metode yang banyak digunakan untuk berbagai aplikasi. Disini akan dijelaskan karakteristik, jenis, tahap proses, cacat mutu, dan sebagainya.

1.1 Metode dan Karakteristik

- Pelapisan dilakukan dengan **sumber listrik DC**.
- Saat anoda (+) dan katoda (–) dipasang di dalam larutan pelapisan dan arus dialirkan, **lapisan logam (lapisan pelapisan) mengendap pada permukaan katoda**.
- Jarak anoda dan katoda disebut jarak antar-elektroda, yang mempengaruhi antara lain variasi ketebalan lapisan.
- **Pada permukaan katoda, ion logam menerima elektron dan berubah menjadi logam (reaksi reduksi)**.
- Larutan pelapisan mengandung ion logam, zat penyangga pH, bahan pengkilap, dan lainnya.
- Tebal lapisan yang dihasilkan umumnya 0,1–100 μm .
- Tak hanya logam tunggal, paduan juga dapat dilapiskan.
- Karena pelapisan dilakukan dibawah 100°C, maka tidak terbentuk lapisan paduan antara pelapis dan bahan dasar seperti pada pelapisan celup panas.





Gambar 11-1: Prinsip Pelapisan Listrik

1.2 Jenis dan Fungsi

(1) Pelapisan untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi (Mencegah Karat)

- **Pelapisan seng, paduan seng-nikel dan paduan seng-besi** membuat lapisan hasil pelapisan mengalami korosi lebih dahulu daripada bahan dasar (besi, dsb), sehingga mencegah korosi bahan dasar (**Efek Perlindungan Korosi secara Pengorbanan**).
- **Pelapisan kromium dan pelapisan nikel** mencegah korosi bahan dasar dengan menghalangi oksigen dan kelembaban masuk ke bahan dasar (**Efek Penghalang**).

(2) Pelapisan untuk Meningkatkan Estetika (Dekoratif)

- **Pelapisan kromium dekoratif** digunakan pada jam tangan, kacamata, peralatan rumah tangga, komponen eksterior kendaraan, dan sebagainya.
- **Pelapisan emas, perak, platina**, dan lainnya digunakan misalnya pada aksesoris.

(3) Peningkatan Ketahanan Aus (mengeraskan permukaan, membuat sulit tergores)

- **Pelapisan kromium keras** menghasilkan tingkat kekerasan yang tinggi dan digunakan pada ring piston, komponen katup kendaraan, dan sebagainya.





(4) Pelapisan Tujuan Lainnya

- **Pelapisan nikel/emas dan pelapisan timah** digunakan untuk meningkatkan **kemudahan penyambungan** (penyolderan, **bonding**) pada komponen elektronik dan sebagainya.
- **Pelapisan tembaga** menghasilkan konduktivitas listrik yang tinggi dan digunakan untuk **pembentukan jalur konduktor** pada PCB, **memberikan konduktivitas** pada lubang tembus, dsb.
- **Pelapisan paduan besi-nikel** atau sejenisnya menghasilkan sifat magnetik yang baik dan digunakan antara lain untuk kepala magnetik.



Soal Latihan 11-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pelapisan listrik menggunakan arus DC.
- 2) () Pada pelapisan listrik, lapisan logam terbentuk pada permukaan anoda.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Lapisan logam terbentuk pada permukaan katoda.

Jawaban: B





1.3 Tahap Proses dan Kontrol

(1) Persiapan Awal

- Peralatan dan jig dipilih sesuai jumlah dan bentuk bahan dasar yang akan dilapisi, serta kualitas pelapisan yang diperlukan.

(2) Pencucian dan Penghilangan Lemak

- **Minyak, kotoran, dan sebagainya** dihilangkan dari permukaan bahan dasar karena **menghambat larutan pelapisan**.
- Itu penting untuk meningkatkan daya lekat pelapisan.
- **Penghilang lemak alkali, pelarut organik**, dsb digunakan untuk keperluan itu. Metode seperti pembersihan ultrasonik juga dapat digunakan.
- Penting untuk mengontrol konsentrasi larutan pencucian beserta suhu, durasi dan lainnya.

(3) Perlakuan Aktivasi (Pengasaman)

- Dengan perlakuan asam, **lapisan oksida dihilangkan** untuk mengaktifkan permukaan bahan dasar.
- Itu penting untuk meningkatkan daya lekat pelapisan.
- **Asam klorida encer, asam sulfat encer**, dsb digunakan untuk keperluan itu.
- Penting untuk mengontrol konsentrasi larutan pengasaman tersebut beserta suhu, durasi dan lainnya.
- Karena bahan dasar mudah teroksidasi, pelapisan harus segera dimulai setelah perlakuan tersebut.

(4) Pelapisan Dasar (Sesuai Kebutuhan)

- Terkadang terlebih dahulu dilakukan pelapisan secara tipis untuk membentuk lapisan dasar guna **meningkatkan daya lekat** atau **mencegah korosi**. Digunakan antara lain pelapisan tembaga, nikel, emas, dan sebagainya.
- Penting untuk mengontrol konsentrasi larutan perlakuan dasar tersebut beserta suhu, pH, kondisi pengadukan, arus (densitas arus), durasi, dan lainnya.





(5) Pelapisan Utama (Pelapisan Logam Tujuan)

- Arus dialirkan ke larutan untuk membentuk lapisan logam pada katoda.
- Arus dibagi luas permukaan katoda disebut **densitas arus** ($= \text{arus} \div \text{luas permukaan katoda}$). Densitas arus merupakan parameter penting sebagai indikator kecepatan pelapisan.
- Konsentrasi larutan pelapisan beserta suhu, pH, kondisi pengadukan, arus (densitas arus), durasi, dsb mempengaruhi kualitas lapisan logam, sehingga penting untuk dikontrol.

(6) Perlakuan Akhir (Sesuai Kebutuhan)

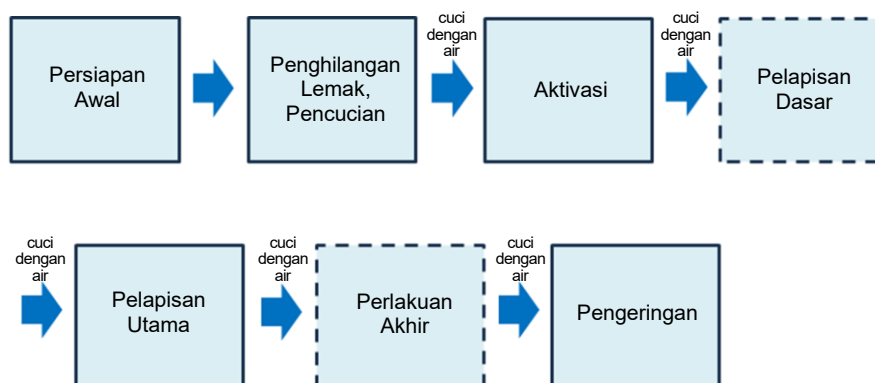
- Untuk meningkatkan ketahanan korosi, terkadang dilakukan **perlakuan kromat, perlakuan fosfat, perlakuan pencegahan perubahan warna**, dan sebagainya.
- Penting untuk mengontrol konsentrasi larutan perlakuan tersebut beserta suhu, pH, durasi dan lainnya.

(7) Pengeringan

- **Menghilangkan kelembaban** pada permukaan bahan dasar, dan dikeringkan.
- Penting untuk mengontrol suhu pengeringan, durasi, kecepatan aliran udara, dan lainnya.

(8) Pencucian Air

- Setelah setiap tahap proses selesai, dilakukan pencucian dengan air untuk membilas larutan perlakuan.
- Sebaiknya digunakan air murni untuk pencucian. Terkadang konduktivitas diukur untuk memeriksa tingkat kebersihan air pencucian.



Gambar 11-2: Tahap Proses Pelapisan Listrik





Soal Latihan 11-2

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- () Perlakuan aktivasi pada pelapisan listrik menghilangkan lapisan oksida pada permukaan bahan dasar dengan menggunakan asam sulfat, dsb guna meningkatkan daya lekat pelapisan.



Penjelasan

Benar.

Jawaban: A

1.4 Penggunaan Peralatan dan Jig

(1) Bak Pelapisan

- Menampung larutan, anoda dan katoda (substrat pelapisan) untuk melakukan pelapisan.
- Material bak dipilih sesuai pH larutan dan kondisi lainnya.
- Bahan yang digunakan antara lain PVC (polivinil klorida), PP (polipropilena), FRP (plastik diperkuat serat), besi berlapis PVC, dan sebagainya.

(2) Perangkat Catudaya (Penyearah Arus)

- Perangkat untuk mengalirkan arus DC secara stabil.
- Ada juga perangkat yang mengalirkan arus dengan bentuk gelombang khusus, misalnya arus impuls.
- Perangkat dipilih sesuai besar arus yang akan dialirkan.

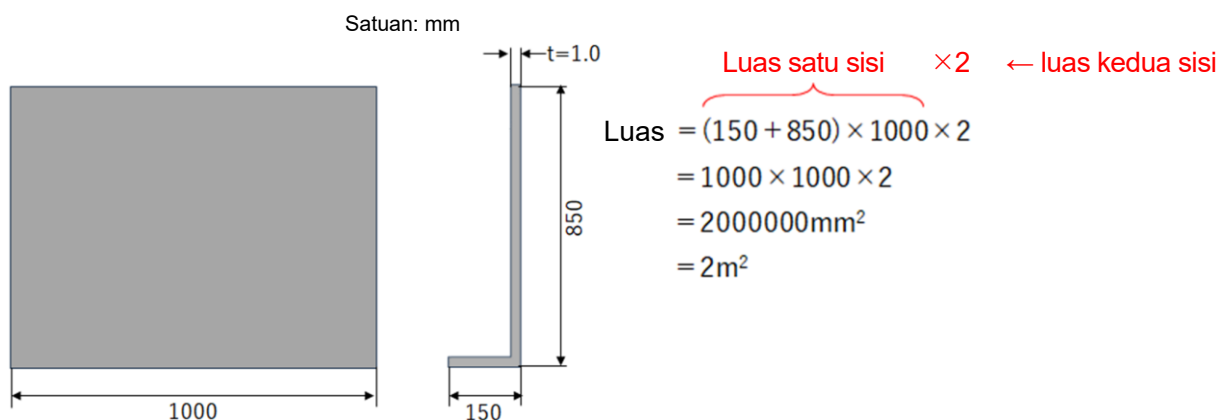


(3) anoda

- Anoda yang terbuat dari logam yang sama dengan logam bahan pelapis, dan selama proses pelapisan larut ke dalam larutan disebut **anoda larut**.
- Anoda yang menggunakan bahan tidak larut (seperti iridium oksida dan platina) disebut **anoda tidak larut**. Pada anoda tidak larut, oksigen dihasilkan.
- Bentuknya antara lain berupa pelat, atau butiran (yang digunakan dengan dimasukkan ke keranjang).

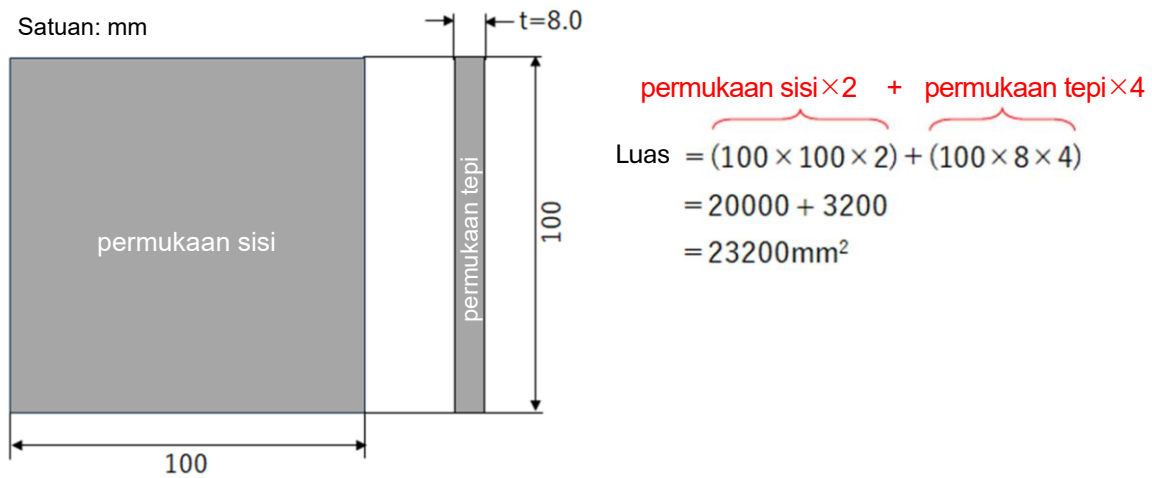
(4) katoda

- Katoda adalah bahan dasar yang akan dilapisi.
- Arus yang dialirkan tergantung luas permukaan katoda. Perhitungan luas permukaan bahan dasar sangatlah penting.
- Pada contoh Gambar 11-3, jika luas penampang (luas permukaan tepi) tidak diperhitungkan, luas permukaannya 2 m².



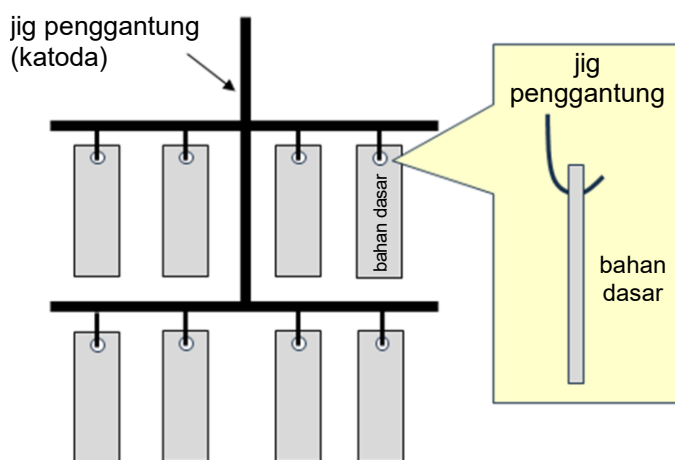
Gambar 11-3: Perhitungan Luas Permukaan Bahan Dasar (tanpa memperhitungkan permukaan tepi)

- Pada contoh Gambar 11-4, jika luas penampang (luas permukaan tepi) juga diperhitungkan, maka luas permukaannya 23.200 mm².

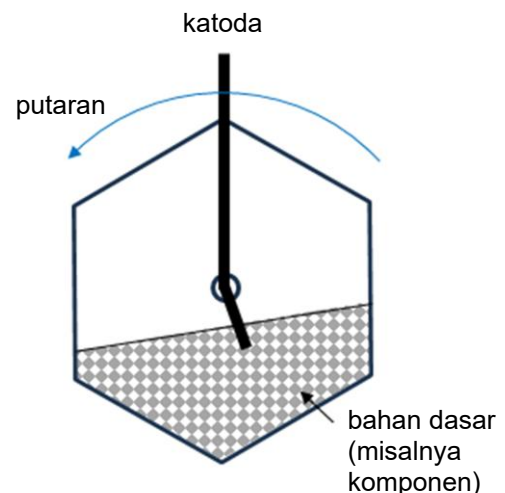


Gambar 11-4: Perhitungan Luas Permukaan Bahan Dasar (memperhitungkan permukaan tepi)

- Barang dengan bentuk kompleks, seperti komponen, terkadang dilapisi dengan cara digantungkan pada **jig penggantung**. Metode ini disebut **pelapisan rak**.
- Untuk komponen yang tak dapat digantung ataupun komponen elektronik dengan ukuran sangat kecil, terkadang digunakan metode pelapisan berputar, yang disebut **pelapisan barel**.
- Pelat atau kawat yang digulung pada rol terkadang dilapisi secara kontinu dengan metode yang disebut **pelapisan hoop (reel-to-reel plating)**.



Gambar 11-5: Pelapisan Rak



Gambar 11-6: Pelapisan Barel





(5) Alat Pengaduk

- Digunakan untuk mengaduk larutan pelapisan agar konsentrasi dan suhunya seragam.
- Ada jenis pneumatik dan jenis mekanis (seperti baling-baling, pompa, dsb).

(6) Alat Kontrol Suhu

- Digunakan untuk menjaga suhu larutan pelapisan pada nilai yang telah ditentukan.
- Contohnya alat pemanas listrik celup (heater), pipa koil pendingin, alat penukar panas diluar tangki, dan sebagainya.

(7) Alat Sirkulasi Filter

- Digunakan untuk menghilangkan (menyaring) kotoran, partikel halus, dsb dalam larutan pelapisan.
- Larutan disirkulasikan perlahan dengan pompa, dsb, dan kotoran / partikel halus dihilangkan dengan filter.

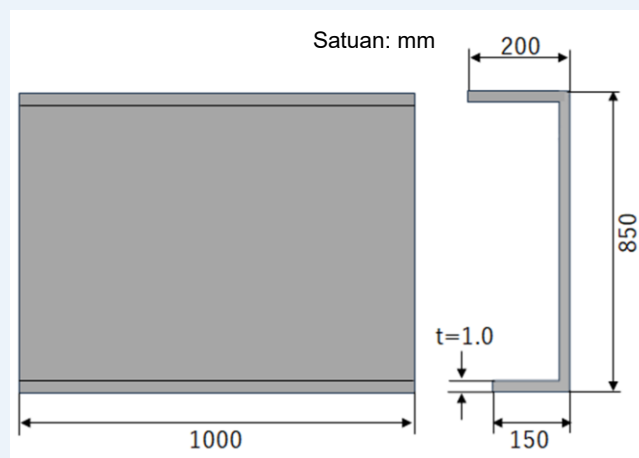




Soal Latihan 11-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Anoda pada pelapisan listrik menggunakan bahan yang dapat larut dalam larutan pelapisan.
- 2) () Pengadukan penting untuk membuat konsentrasi dan suhu larutan seragam.
- 3) () Luas permukaan produk pada gambar di bawah adalah 2 m². Catatan: Luas penampang tidak diperhitungkan.



Penjelasan

- 1) Terkadang digunakan juga anoda tidak larut.

Jawaban: B

- 2) Benar.

Jawaban: A

- 3) Luas permukaan = $(150 + 850 + 200) \times 1.000 \times 2 = 1.200 \times 1.000 \times 2 = 2.400.000 \text{ mm}^2 = 2.4 \text{ m}^2$

Jawaban: B





1.5 Bahan Dasar Pelapisan (Substrat)

(1) Bahan Besi/Baja

- Merupakan yang paling umum dan digunakan sebagai bahan dasar pelapisan seng, nikel, krom, dan sebagainya.
- Digunakan antara lain untuk komponen mobil, bahan atap dan dinding, perkakas, dan sebagainya.

(2) Baja tahan karat

- Digunakan sebagai bahan dasar pelapisan nikel, krom, dan sebagainya.
- Untuk memastikan daya lekat lapisan, diperlukan lapisan dasar yang tipis sebagai pelapis awal (**strike plating**).
- Digunakan antara lain untuk peralatan medis, peralatan dapur, barang dekoratif, dan sebagainya.

(3) Tembaga dan Paduan Tembaga

- Digunakan sebagai bahan dasar pelapisan nikel, emas, dan sebagainya.
- Digunakan antara lain untuk komponen elektronik, terminal listrik, barang dekoratif, dan sebagainya.

(4) Aluminium dan Paduan Aluminium

- Digunakan sebagai bahan dasar pelapisan nikel, krom, dan sebagainya.
- Untuk memastikan daya lekat pelapisan, diperlukan pra-perlakuan khusus (**perlakuan zinkat**).
- Digunakan antara lain untuk komponen pesawat terbang, peralatan presisi, barang dekoratif, dan sebagainya.

(5) Paduan Magnesium

- Digunakan sebagai bahan dasar pelapisan nikel, krom, dan sebagainya.
- Untuk memastikan daya lekat pelapisan, diperlukan pra-perlakuan khusus (**perlakuan zinkat**).
- Digunakan antara lain untuk perangkat seluler, komponen kamera, dan sebagainya.

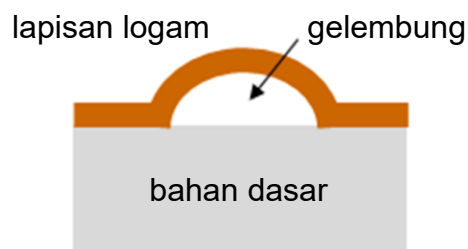


1.6 Cacat Pelapisan Listrik



(1) Gelembung

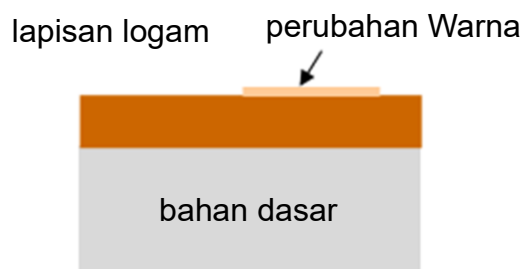
- Kondisi dimana lapisan di bagian yang daya lekatnya buruk terkelupas dan membentuk gelembung.
- Sering kali penyebabnya adalah cacat pada pra-perlakuan (pencucian, penghilangan lemak dan aktivasi).



Gambar 11-7: Gelembung Pelapisan

(2) Perubahan Warna

- Kondisi dimana sebagian lapisan logam mengalami oksidasi atau berubah warna akibat menempelnya benda asing, dsb.
- Dapat karena cacat pada bahan dasar, pencucian air yang tak sempurna, efek metode penyimpanan, dan sebagainya.



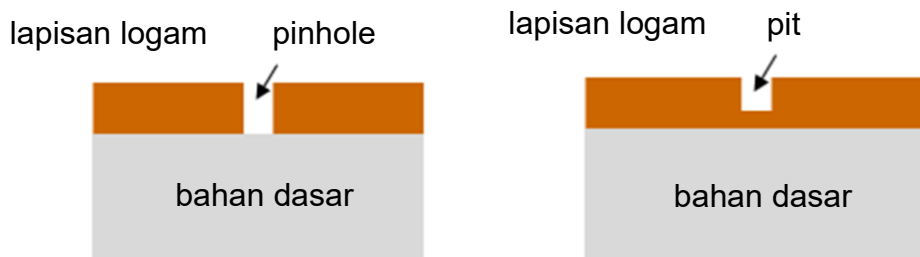
Gambar 11-8: Perubahan Warna Pelapisan





(3) Pinhole dan Pit

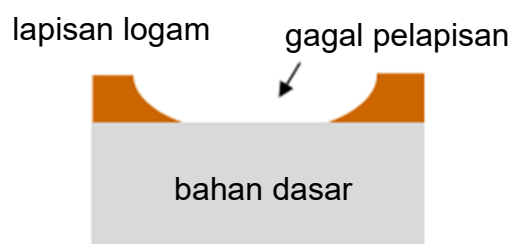
- Kondisi adanya lubang pada lapisan logam, dimana lubang yang mencapai bahan dasar disebut **pinhole**, sedangkan yang tak mencapai bahan dasar disebut **pit**.
- Baik pinhole maupun pit dapat menjadi penyebab korosi, **tetapi pinhole memiliki risiko lebih tinggi**.
- Penyebabnya antara lain cacat pada bahan dasar (misalnya lubang), menempelnya kotoran saat pelapisan, menempelnya gas hidrogen, dsb.



Gambar 11-9: Pinhole dan Pit pada Pelapisan

(4) Gagal Pelapisan

- Kondisi dimana sebagian bahan dasar tidak terlapisi.
- Sering kali penyebabnya adalah cacat pada pra-perlakuan (pencucian, penghilangan lemak dan aktivasi).



Gambar 11-10: Gagal Pelapisan





Soal Latihan 11-4

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Cacat dimana sebagian bahan dasar memiliki daya lekat buruk sehingga pelapisan menjadi menggelembung disebut gagal pelapisan.
- 2) () Cacat dimana terbentuk lubang kecil pada lapisan logam dan mencapai bahan dasar disebut pinhole.



Penjelasan

- 1) Penjelasan tentang "gelembung".

Jawaban: B

- 2) Benar.

Jawaban: A



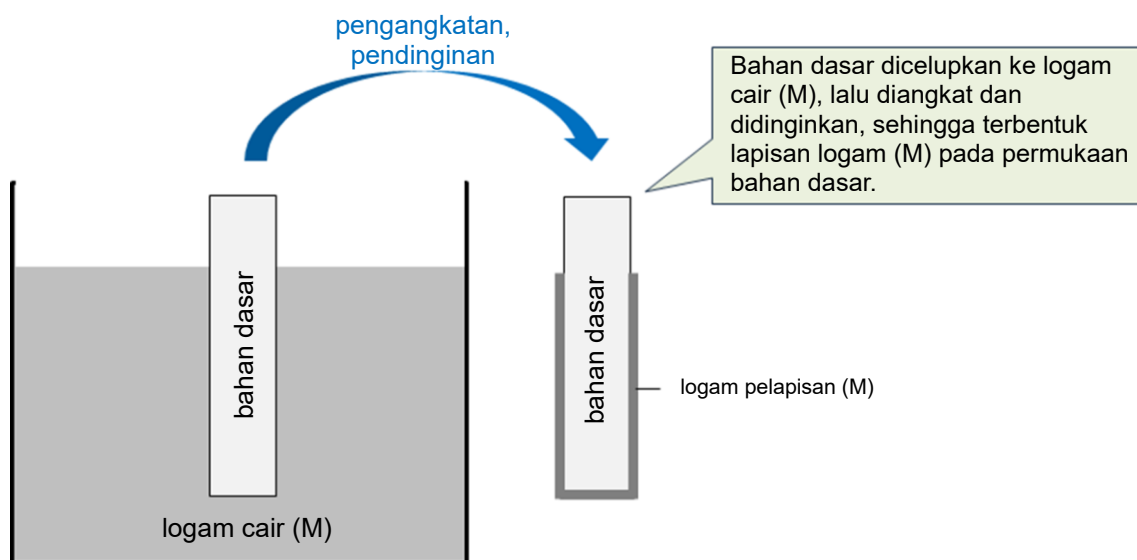
2. Pelapisan Celup Panas



Pelapisan celup panas merupakan salah satu metode pelapisan. Pelapisan celup panas merupakan metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi bahan dasar (seperti baja). Disini akan dijelaskan karakteristik, jenis, tahap proses, cacat mutu, dan sebagainya.

2.1 Metode dan Karakteristik

- Bahan dasar dicelupkan ke **bak berisi logam cair**, dan setelah diangkat didinginkan sehingga terbentuk lapisan logam pada permukaan bahan dasar.
- Logam pelapis (seperti seng) memiliki **efek perlindungan katodik secara pengorbanan**, sehingga meningkatkan ketahanan korosi bahan dasar.
- Dibanding pelapisan listrik seng dan sejenisnya, lapisannya lebih tebal, dengan ketebalan 10 μm –150 μm . Karena itu, menunjukkan ketahanan korosi yang tinggi bahkan di lingkungan yang berat seperti diluar ruangan dan daerah pesisir.
- Ketahanan korosi meningkat sebanding dengan makin tebalnya lapisan logam.
- Bahan dasar antara lain baja, besi cor dan baja tahan karat, dan **lapisan paduan** terbentuk pada batas antara bahan dasar dan lapisan logam.



Gambar 11-11: Prinsip Pelapisan Celup Panas





2.2 Jenis

(1) Pelapisan Berbasis Seng

- Ada **pelapisan seng** dan **pelapisan seng celup panas paduan**, yaitu seng dipadukan dengan bahan dasar (baja).
- Pelat baja dengan pelapisan seng celup panas paduan banyak digunakan untuk panel eksterior mobil.

(2) Pelapisan Berbasis Seng-Aluminium

- Ada jenis berbasis **seng-5% aluminium** dan **seng-55% aluminium**.
- Ketahanan korosi lebih tinggi dibanding pelapisan berbasis seng, dan banyak digunakan untuk pelapisan pelat baja dan bahan kawat.

(3) Pelapisan Berbasis Aluminium

- Ada pelapisan dengan penambahan 10% silikon ke bak pelapisan, dan pelapisan dengan aluminium murni.
- Pelapisan dengan penambahan 10% silikon unggul dalam kemudahan pengerjaan dan ketahanan panas, sedangkan pelapisan aluminium murni unggul dalam ketahanan korosi.

(4) Pelapisan Timah

- Karena tak beracun terhadap makanan, digunakan untuk kaleng makanan dan sejenisnya.

2.3 Tahap Proses dan Kontrol

(1) Pencucian dan Penghilangan Lemak

- Minyak, kotoran, dsb pada permukaan bahan dasar dihilangkan karena dapat menyebabkan logam cair tidak melekat.
- Bahan dasar direndam dalam larutan alkali dan sebagainya. Hal ini penting untuk meningkatkan daya lekat pelapisan.
- Penting untuk mengontrol konsentrasi larutan pencucian beserta suhu, durasi dan lainnya.





(2) Perlakuan Aktivasi (Pengasaman)

- Dengan perlakuan asam, **lapisan oksida dihilangkan** untuk mengaktifkan permukaan bahan dasar.
- **Asam klorida encer, asam sulfat encer**, dsb digunakan untuk keperluan itu. Hal ini penting untuk meningkatkan daya lekat pelapisan.
- Penting untuk mengontrol konsentrasi larutan pengasaman tersebut beserta suhu, durasi dan lainnya.

(3) Perlakuan Fluks

- Bahan dasar direndam dalam **fluks** (larutan seng amonium klorida) yang dipanaskan, sehingga terbentuk lapisan fluks pada permukaan bahan dasar.
- Hal ini berefek menekan timbulnya karat setelah proses pengasaman dan **mendorong reaksi paduan** antara bahan dasar dan logam cair.

(4) Pengeringan

- Bahan dasar dikeringkan untuk mencegah logam cair (seperti seng) terpercik akibat adanya kelembaban.

(5) Pelapisan (Pelapisan Logam Tujuan)

- Bahan dasar dicelupkan ke bak logam cair untuk membentuk lapisan logam.
- Suhu, durasi pencelupan, dan lainnya disesuaikan berdasarkan bahan, bentuk, ukuran, dsb bahan dasar.

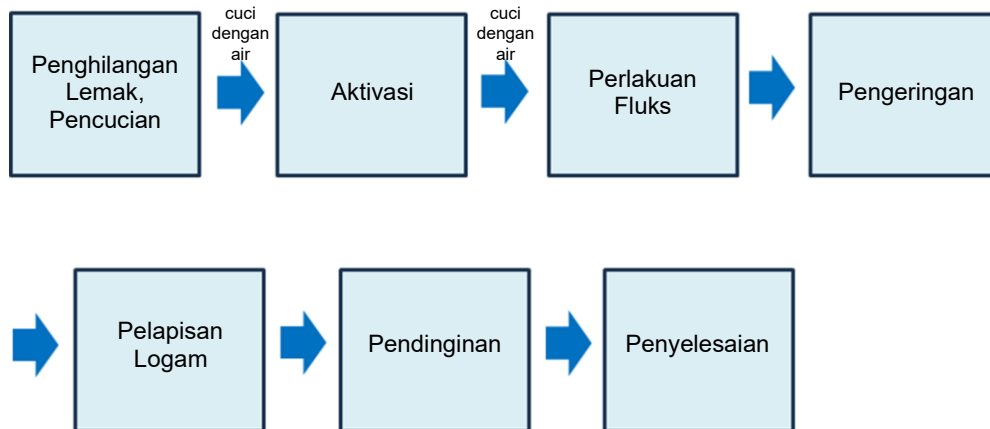
(6) Pendinginan

- Bahan dasar yang telah dilapisi didinginkan dengan air hangat dan sebagainya. Dengan pendinginan ini, pertumbuhan lapisan paduan antara bahan dasar (seperti baja) dan pelapis (seperti seng) ditekan.
- Penting untuk mengontrol suhu pendinginan, durasi, dan lainnya.



(7) Penyelesaian

- Seng berlebih, oksida, dan sebagainya dihilangkan. Digunakan kikir, mesin amplas, dan sebagainya.

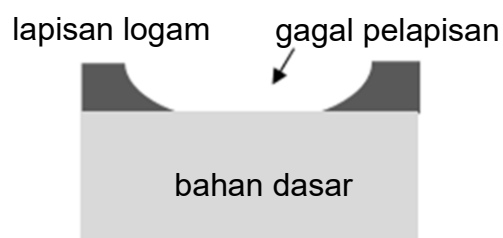


Gambar 11-12: Tahap Proses Pelapisan Celup Panas

2.4 Cacat Pelapisan Celup Panas

(1) Gagal Pelapisan

- Kondisi dimana sebagian bahan dasar tidak terlapisi. Sering kali penyebabnya adalah cacat pada pra-perlakuan (pencucian, penghilangan lemak dan aktivasi).

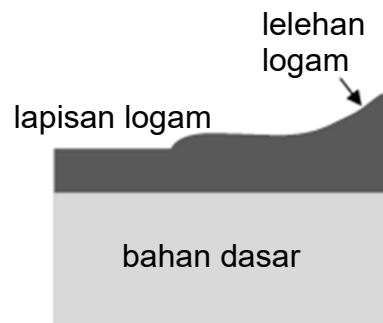


Gambar 11-13: Gagal Pelapisan pada Pelapisan Celup Panas

(2) Lelehan Logam



- Kondisi dimana seng tampak bekas meleleh dan menetes, dan banyak menempel di permukaan, tepi, dsb bahan dasar. Itu karena pada suhu rendah, logam cair lebih sulit mengalir dan cenderung membeku.
- Dampak pada ketahanan korosi kecil, sehingga jika tak menimbulkan masalah dalam penggunaan (seperti ukuran menjadi over), dibiarkan begitu saja.



Gambar 11-14: Lelehan Logam pada Pelapisan Celup Panas



Soal Latihan 11-5

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pada pelapisan celup panas, terbentuk lapisan paduan antara bahan dasar dan pelapis.
- 2) () Perlakuan fluks mencegah karat bahan dasar dan mendorong pembentukan paduan bahan dasar dan seng.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Benar.

Jawaban: A



3. Pelapisan Logam Lainnya



Selain pelapisan listrik dan celup panas, ada juga metode pelapisan lainnya. Disini akan dijelaskan pelapisan tanpa elektrolisis dan pelapisan kering.

3.1 Pelapisan Tanpa Elektrolisis

(1) Prinsip dan Karakteristik

Lapisan logam dibentuk pada permukaan bahan dasar melalui **reaksi kimia** tanpa menggunakan sumber listrik.

- Ada **pelapisan reduksi** yang menggunakan zat pereduksi dan **pelapisan substitusi** yang memanfaatkan perbedaan kecenderungan ionisasi bahan dasar dan pelapis (contoh: jika besi dicelup ke larutan tembaga sulfat, terbentuk lapisan tembaga pada permukaan besi).
- Tebal lapisan logam umumnya 0,1–50 μm .
- Tebal pelapisan dapat dibuat seragam meskipun bahan dasar memiliki bentuk kompleks.
- Pada pelapisan reduksi, bahan dasar yang tak memiliki konduktivitas listrik, seperti plastik, keramik, kaca, dan lainnya juga dapat dilapisi.
- Pada pelapisan reduksi, diperlukan perlakuan untuk memberikan **katalis** seperti paladium agar reaksi dapat dimulai.
- Pada pelapisan reduksi, setelah reaksi dimulai, lapisan logam itu sendiri yang menjadi katalis sehingga reaksi terus berlangsung. (**Efek Otokatalitik**)
- Konsentrasi, suhu, pH, kondisi pengadukan, dsb larutan pelapis perlu dipertahankan pada nilai yang ditentukan, untuk itu diperlukan teknologi dan peralatan dengan tingkat pengelolaan yang tinggi.
- Dibanding pelapisan listrik, biaya material dan waktu pemrosesan cenderung meningkat, sehingga biayanya cenderung lebih tinggi.

(2) Jenis dan Penggunaan

- **Pelapisan nikel-fosfor** menghasilkan ketahanan korosi dan aus yang tinggi, sehingga digunakan untuk komponen logam cetak, peralatan dan komponen elektronik, dan sebagainya.
- **Pelapisan emas** menghasilkan konduktivitas dan ketahanan korosi yang tinggi, sehingga digunakan untuk kontak listrik pada komponen elektronik, PCB, dan sebagainya.



- 
- **Pelapisan tembaga** menghasilkan konduktivitas yang tinggi, sehingga digunakan sebagai bahan penghantar pada komponen elektronik, PCB, dan sebagainya.

3.2 Pelapisan Kering

Secara umum terdapat dua metode utama, yaitu **PVD** dan **CVD**.

(1) PVD (metode deposisi uap secara fisik)

- Ada metode yang menguapkan material dan mengendapkan partikel ke bahan dasar (**evaporasi**), serta ada metode yang menembaki (**sputtering**) material target dengan plasma dan mengendapkan partikel yang terlepas ke bahan dasar.
- Dapat dilakukan pada suhu relatif rendah (100–500°C).
- Tebal lapisan umumnya sekitar 0,2–5 µm.
- Digunakan antara lain untuk meningkatkan ketahanan aus alat potong (titanium nitrida), pembentukan jalur konduktor pada PCB (tembaga), kemasan makanan (aluminium), dan sebagainya.
- Karena tak menggunakan bahan kimia, hampir tidak menghasilkan gas buang maupun limbah cair.

(2) CVD (metode deposisi uap secara kimia)

- Merupakan metode pembentukan lapisan dengan bahan baku gas dan menimbulkan **reaksi kimia** pada permukaan bahan dasar.
- Ada metode **CVD termal**, yang menguraikan gas pada suhu tinggi; dan **CVD plasma**, yang menggunakan plasma untuk melakukan reaksi kimia.
- Suhu pemrosesan tinggi (sekitar 400–1.000°C).
- Lapisan dapat dibentuk secara seragam meskipun struktur sangat kecil dan berbentuk kompleks.
- Tebal lapisan umumnya sekitar 5–20 µm.
- Digunakan antara lain untuk lapisan isolasi pada semikonduktor (seperti silikon nitrida) dan lapisan tipis pada sel surya.





Soal Latihan 11-6

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pada pelapisan tanpa elektrolisis, ada pelapisan reduksi yang menggunakan zat pereduksi.
- 2) () CVD adalah metode membentuk lapisan secara fisik pada permukaan bahan dasar.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) CVD adalah metode membentuk lapisan secara kimia.

Jawaban: B

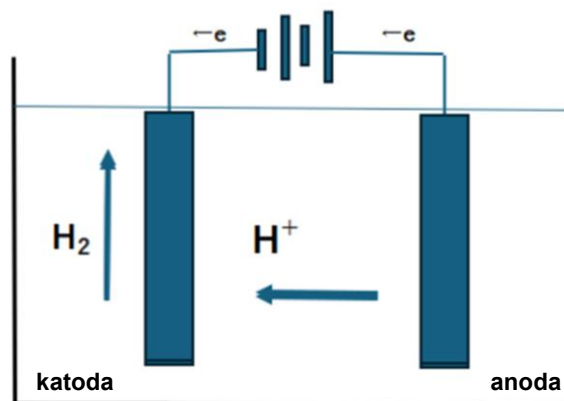




Bab 12 Anodisasi Aluminium

1. Anodisasi

- Pada permukaan aluminium, tanpa perlakuan khusus pun, terbentuk lapisan oksida tipis karena reaksi dengan oksigen di udara. Lapisan oksida tipis pada aluminium stabil secara kimia, dan tahan tak hanya terhadap oksigen, tetapi juga cairan dan asam, sehingga tidak terjadi reaksi lebih lanjut.
- Lapisan oksida ini melindungi bagian dalam dari korosi. Aluminium sulit berkarat dikarenakan oleh hal tersebut.
- Namun, karena lapisan oksida yang terbentuk secara alami hanya tipis sekitar 2 nm, bagian dalam dapat mudah terbuka akibat rangsangan fisik. Aluminium pada dasarnya memiliki kecenderungan ionisasi yang tinggi dan mudah bereaksi dengan air dan oksigen, sehingga jika bagian dalamnya terbuka, korosi akan mulai terjadi.
- Salah satu metode mempertebal lapisan oksida ini hingga ketebalan mikron serta meningkatkan ketahanan korosi dan aus adalah anodisasi (alumite). Aluminium digunakan sebagai anoda dan dielektrolisis untuk membentuk lapisan oksida yang kuat pada permukaan (Gambar 12-1).



Gambar 12-1: Ilustrasi Reaksi Anodisasi



1.1 Prinsip Anodisasi



- Perlakuan dilakukan dengan urutan berikut:

- 1) Memasukkan produk aluminium ke dalam elektrolit.
- 2) Produk tersebut dijadikan anoda, dan dialirkan arus DC, arus AC atau arus DC dan AC.
- 3) Lapisan oksida terbentuk pada permukaan.

- Reaksi pada masing-masing elektroda adalah sebagai berikut:

Anoda	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$, $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$, $2\text{Al}^{3+} + 3\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
Katoda	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

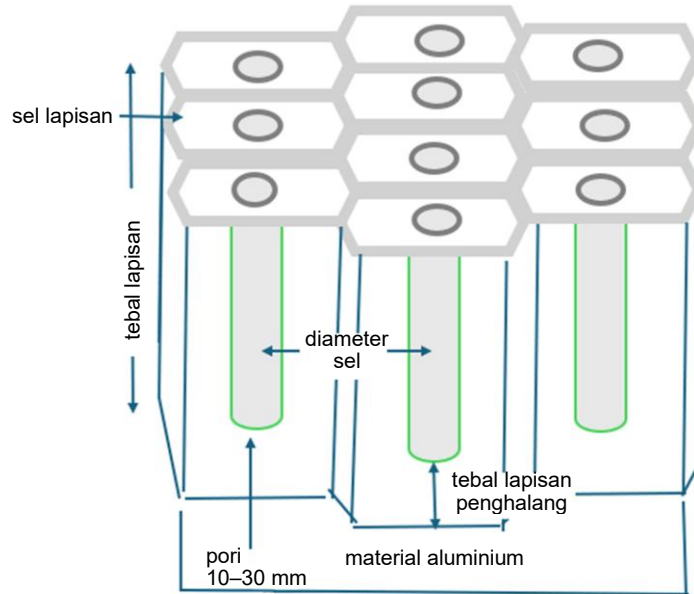
- Ada berbagai kombinasi kondisi, seperti jenis elektrolit (asam sulfat, asam oksalat, asam kromat, dsb), konsentrasi, suhu, densitas arus, serta jenis paduan aluminium.

Dengan kombinasi tersebut, dapat dihasilkan efek sebagai berikut:

- 1) Menghasilkan warna seperti perak, emas, hitam, dsb (pemberian warna)
- 2) Membentuk lapisan yang lebih keras dan memiliki ketahanan aus.
- 3) Memberikan warna lebih cerah dengan memasukkan zat pewarna ke dalam kristal lapisan oksida.



- Gambar 12-2 menunjukkan diagram skematis perlakuan anodisasi.



Gambar 12-2: Diagram Skematis Lapisan Anodisasi

1.2 Prosedur Kerja Anodisasi

Tahap anodisasi secara garis besar dibagi menjadi perlakuan awal, pra-perlakuan, anodisasi, dan pasca-perlakuan.

(1) Perlakuan Awal

Merupakan proses diluar lini anodisasi. Merupakan pengerjaan fisik sebelum anodisasi, seperti pemolesan buff, pembentukan garis halus (hairline) dan tekstur, serta pemberian pola. Proses ini terutama untuk memperbaiki tampilan permukaan.

(2) Pra-perlakuan

Merupakan proses pembersihan dan pelarutan permukaan material, seperti penghilangan lemak, etsa, dan desmut. Pada tahap ini, kotoran di permukaan dihilangkan, dan berbagai kontaminan dibersihkan agar reaksi berlangsung seragam.



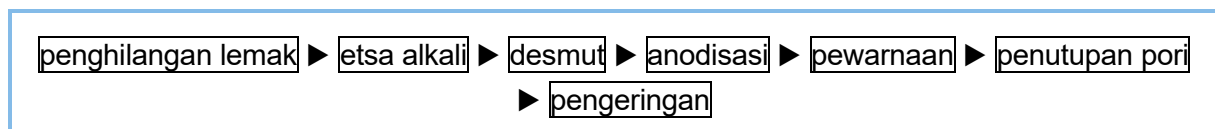
(3) Anodisasi

Merupakan proses pembentukan lapisan anodisasi. Untuk memenuhi mutu lapisan yang disyaratkan, ditetapkan kondisi proses seperti bak elektrolisis, bentuk gelombang catudaya, suhu bak, pengadukan, dan durasi elektrolisis.

(4) Pasca-perlakuan

Setelah proses elektrolisis (anodisasi), dilakukan proses penutupan pori. Sesuai tujuannya, sebelum proses dapat dilakukan pewarnaan dengan zat pewarna atau pewarnaan elektrolitik sekunder, dan selanjutnya dapat dilakukan pengecatan elektroforesis, dsb.

Alur kerja anodisasi ditunjukkan pada Gambar 12-3.



Gambar 12-3: Alur Kerja Anodisasi

1.3 Peralatan dan Jig Anodisasi

(1) Peralatan Anodisasi

- Pada proses berikut digunakan bak proses PVC yang memiliki ketahanan korosi sangat baik.
 - 1) Etsa alkali (natrium hidroksida)
 - 2) Desmut (asam sulfat atau asam nitrat)
 - 3) Anodisasi (asam kuat seperti asam sulfat)
- Pada proses berikut digunakan bak proses baja tahan karat.
 - 4) Penutupan pori (karena menggunakan larutan perlakuan dalam kondisi mendidih)

Untuk catudaya, umumnya digunakan arus DC, tetapi ada kalanya digunakan catudaya dengan penambahan arus AC.



(2) Rincian Proses dan Cairan Kimia

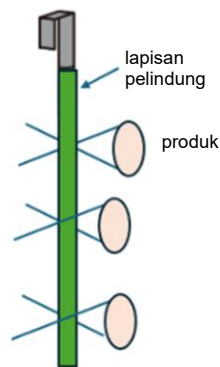
Proses	Rincian Proses dan Cairan Kimia yang Digunakan
Penghilangan Lemak	Pelarut organik terkadang digunakan, dan surfaktan juga sering digunakan.
Etsa Alkali	Menggunakan larutan perlakuan yang bersifat alkali dengan natrium hidroksida sebagai komponen utama, lapisan oksida tipis yang terbentuk alami dilarutkan dan dihilangkan. Selain itu, goresan halus pada permukaan serta kontaminan dan lemak yang menempel juga dihilangkan. Karena banyak dihasilkan gas hidrogen, alat penghisap udara lokal wajib digunakan. Gas hidrogen mudah tersebar di udara bersama kabut alkali dan berbahaya bagi tubuh.
Desmut	Merupakan proses untuk melarutkan dan menghilangkan unsur pengotor seperti tembaga dan silikon yang terdapat dalam material aluminium, yang muncul sebagai hasil dari proses etsa alkali. Cairan proses yang komponen utamanya asam nitrat terutama digunakan. Jika kandungan silikon tinggi, seperti pada bahan cor (casting), terkadang digunakan larutan perlakuan yang ditambahkan asam fluorida.
Anodisasi	Sering digunakan larutan perlakuan yang komponen utamanya asam sulfat. Asam oksalat atau asam kromat, yang menghasilkan lapisan keemasan, juga terkadang digunakan.
Pewarnaan	Tak hanya pewarna organik, tetapi terkadang dilakukan pemberian warna gelap berdasarkan kandungan unsur dalam bahan dasar, ataupun digunakan pewarna anorganik. Untuk tahap berikutnya, proses penutupan pori wajib dilakukan.
Penutupan Pori (Sealing)	Merupakan proses menutup mulut pori pada kristal lapisan anodisasi. Untuk meningkatkan efek sealing, sering kali digunakan air murni bersuhu tinggi atau ditambahkan natrium asetat, dsb. Penutupan pori meningkatkan ketahanan korosi sekaligus mencegah zat pewarna keluar ke bagian luar.
Pengeringan	Setelah penutupan pori, dilakukan pencucian dengan air murni, serta pengeringan dengan udara panas 50–60°C. Jika terlalu banyak panas diberikan, dapat terjadi retak pada permukaan, untuk itu suhu tak boleh melebihi 100°C.

(3) Jig Anodisasi



Jig menggunakan bahan aluminium atau titanium, sama seperti bahan dasar.

Jig dari aluminium mengalami keausan akibat proses perlakuan, sehingga masa pakainya pendek. Oleh karena itu, jika sering digunakan untuk produksi massal, jig titanium lebih sering digunakan. Selain itu, lokasi selain bagian kontak sering dilapisi resin untuk mencegah keausan. Gambar 12-4 menunjukkan contoh jig yang umum digunakan.

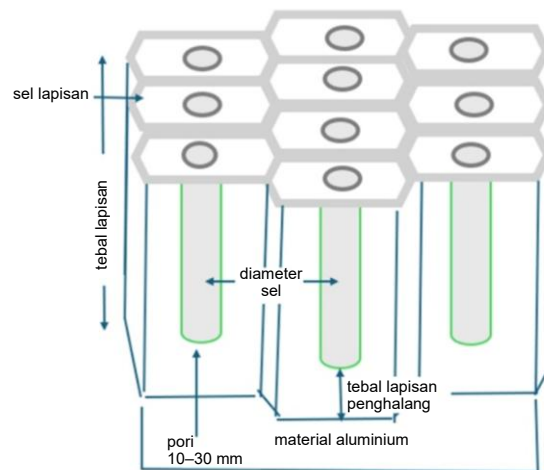


Gambar 12-4: Contoh Jig Titanium

2. Struktur Lapisan Anodisasi

Diagram skematis lapisan anodisasi ditunjukkan pada Gambar 12-5. Strukturnya menyerupai sel-sel lapisan segienam, dan lapisan oksida tumbuh dari aluminium yang menjadi bahan dasar. Pada bagian tengah sel, tumbuh rongga yang disebut pori. Dimulai dari bahan aluminium sampai dengan pori disebut lapisan penghalang. Ketebalan lapisan adalah ketebalan dari lapisan penghalang hingga mencakup pori.





Gambar 12-5: Diagram Skematis Lapisan Anodisasi

(1) Lapisan Oksida pada Anodisasi

Pada sel lapisan anodisasi terdapat pori. Jika tak dilakukan pasca-perlakuan, ketahanan korosi hanya diperoleh dari ketebalan lapisan penghalang. Lapisan penghalang tidak terlalu besar jika dibanding tebal lapisan keseluruhan. Tebal lapisan secara keseluruhan akan tumbuh hingga 2 kali ketebalan aluminium yang hilang akibat anodisasi.

(2) Pewarnaan pada Anodisasi

Warna diberikan dengan memasukkan zat pewarna ke pori yang ada di dalam lapisan anodisasi.

Tergantung bahan dasar aluminium, senyawa oksida seperti oksida tembaga dan silikon yang terkandung dalam bahan dasar dapat masuk ke pori memberi warna abu-abu. Jika asam oksalat digunakan sebagai pengganti asam sulfat untuk larutan perlakuan, lapisan dapat berwarna keemasan.

Karena zat pewarna larut dalam air, dapat dilakukan pewarnaan dengan berbagai macam warna.

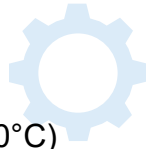
(3) Penutupan Pori (Sealing)

Penutupan pori dilakukan setelah pewarnaan lapisan anodisasi. Dengan demikian, ketahanan lapisan anodisasi meningkat, dan zat pewarna tidak larut keluar sehingga tampilan lebih baik.

Mengenai metode, ada metode perlakuan dengan air murni yang mendidih, ada pula metode menggunakan larutan nikel asetat untuk menumbuhkan aluminium hidroksida pada permukaan lapisan oksida.



(4) Anodisasi Keras



Anodisasi keras merupakan proses pada suhu sangat rendah (dibawah 0°C) untuk meningkatkan tebal lapisan yang terbentuk. Karena menghasilkan kekerasan yang tinggi (HV450–500), banyak digunakan dalam bidang seperti otomotif dan mesin. Ketebalan lapisan dapat mencapai 30–100 μm .

Selain kekerasan yang tinggi, lapisan yang lebih tebal juga meningkatkan daya tahan. Namun, lapisan yang tebal juga memiliki kekurangan, seperti ketahanan panas menurun dan resistansi isolasi memburuk. Selain itu, karena penutupan pori menurunkan ketahanan aus, pada anodisasi keras biasanya tidak dilakukan.

3. Sifat Lapisan Anodisasi dan Evaluasinya

Untuk mempertahankan karakteristik lapisan oksida yang telah dibentuk, dilakukan berbagai pengujian evaluasi. Metode pengujian dan karakteristiknya diatur dalam Japanese Industrial Standards (JIS).

JIS H 8601: "Lapisan Anodisasi Aluminium dan Paduan Aluminium"

JIS H 8603: "Lapisan Anodisasi Keras Aluminium dan Paduan Aluminium"

(1) Ketebalan

Tebal lapisan dapat diukur menggunakan alat ukur ketebalan lapisan metode arus eddy. Lapisan anodisasi umumnya diproses dengan ketebalan 3 μm hingga 25 μm . Lapisan anodisasi keras memiliki ketebalan dari 25 μm hingga melebihi 50 μm . Contoh alat ukur ketebalan lapisan ditunjukkan pada Gambar 12-6.



Gambar 12-6: Alat Ukur Ketebalan Lapisan Metode Arus Eddy





(2) Ketahanan Korosi

Lapisan anodisasi memiliki ketahanan korosi yang sangat baik. Biasanya dilakukan uji semprot garam, yaitu sampel ditempatkan dalam kabut air garam 5% untuk dievaluasi ketahanan korosinya. Evaluasi dilakukan dalam waktu yang panjang, yaitu 336 jam atau lebih.

Oleh karena itu, untuk evaluasi dalam waktu yang lebih singkat, JIS H 8681 mengatur uji tetes alkali, dan uji CASS dengan penambahan tembaga klorida ke air garam.

(3) Ketahanan Cahaya

Lapisan anodisasi berwarna menunjukkan warna yang cerah, tetapi zat pewarna dapat memudar akibat sinar matahari dan sebagainya. JIS H 8685 menetapkan penyinaran lapisan dengan lampu busur xenon atau karbon untuk evaluasi ketahanan terhadap ultraviolet.

(4) Ketahanan Panas

Karena permukaan lapisan anodisasi merupakan oksida aluminium, jika suhu melebihi 100°C, dapat terjadi retak sehingga sifat isolasi dan ketahanan korosi terganggu. Untuk itu, dilakukan penggunaan pigmen khusus atau dengan pasca-perlakuan guna meningkatkan ketahanan panas.

(5) Ketahanan Aus

Lapisan hasil anodisasi memiliki ketahanan aus sangat baik karena menghasilkan oksida aluminium yang keras pada permukaan. Khususnya pada anodisasi keras, sifat ketahanan aus justru dimanfaatkan untuk melakukan perlakuan tanpa penutupan pori. Dalam JIS, ditetapkan uji keausan rotasi dengan memutar batu gerinda 10.000 putaran diatas lapisan anodisasi dan dievaluasi keausannya.



HV

HV adalah kekerasan Vickers.

Metode dengan menekan ujung piramida segiempat yang terbuat dari berlian pada benda uji dan menentukan kekerasan dari “luas permukaan” lekukan yang dihasilkan. Dalam praktik, karena lapisan itu sendiri tipis (sekitar 50 μm), kebutuhan mengukur kekerasan relatif sedikit.



Gambar 12-7: Ilustrasi Lekukan Micro Vickers

(6) Ketahanan Tegangan Listrik

Anodisasi juga menghasilkan ketahanan tegangan listrik yang sangat baik. Dengan tebal 50 μm , lapisan memiliki ketahanan tegangan sekitar 2 kV. Metode evaluasinya juga diatur dalam JIS. Anodisasi sering diterapkan sebagai perlakuan permukaan pada sirip pelepas panas peralatan elektronik.





Soal Latihan 12-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Anodisasi material aluminium hanya menggunakan arus DC.
- 2) () Mutu lapisan anodisasi diatur dalam JIS H 8601.
- 3) () Proses anodisasi tidak dapat dilakukan pada bahan cor (casting) paduan aluminium.



Penjelasan

- 1) Anodisasi material aluminium tidak hanya menggunakan arus DC, tetapi juga dapat menggunakan metode seperti superposisi arus AC untuk tujuan pewarnaan.

Jawaban: B

- 2) Mutu lapisan anodisasi diatur dalam JIS H 8601.

Jawaban: A

- 3) Proses anodisasi dapat dilakukan pada bahan cor paduan aluminium, meskipun perlu perlakuan khusus seperti proses desmut.

Jawaban: B

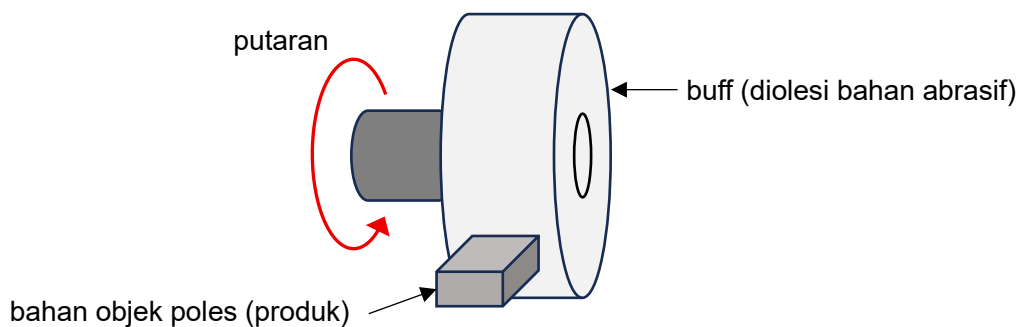




Bab 13 Pemolesan Buff

1. Karakteristik Pemolesan Buff

Pemolesan buff adalah proses dengan mengoleskan (melapiskan) bahan abrasif pada alat pemoles bulat dari bahan seperti kapas atau linen, yang disebut “buff”, dan diputar untuk memoles permukaan logam, dsb. Disini akan dijelaskan tujuan dan penggunaannya.



Gambar 13-1: Garis Besar Pemolesan Buff

1.1 Tujuan Pemolesan Buff

(1) Menghasilkan Kilap (membuat permukaan berkilau)

- Permukaan produk dihaluskan agar menjadi halus dan berkilau.
- Pada produk logam seperti baja tahan karat dan aluminium, permukaan juga dapat dibuat “finishing permukaan cermin” yang berkilau seperti cermin.

(2) Menghilangkan bagian tajam dan goresan

- Bagian tajam dan goresan yang timbul akibat proses pemotongan (pengikiran) atau pengeboran dapat dihilangkan secara tuntas.
- Pada komponen presisi, bagian tajam atau goresan dapat menurunkan kinerja dan mutu, sehingga pemolesan buff menjadi proses sangat penting.





(3) Menghilangkan Kotoran

- Serpihan potong, tonjolan sisa las, kerak hitam, dan kotoran lainnya dapat dihilangkan.
- Jika dilakukan sebelum pelapisan, anodisasi, atau pengecatan, daya rekat menjadi lebih baik dan hasil akhir lebih bagus.

(4) Penghalusan Permukaan (membuat permukaan halus)

- Dengan mengurangi ketidakrataan permukaan, ketelitian dimensi meningkat dan kualitas menjadi lebih stabil.
- Permukaan yang halus juga dapat mengurangi hambatan dan gesekan.

(5) Mengurangi Pantulan Cahaya Acak

- Dengan menghaluskan permukaan, pantulan cahaya acak dapat dikurangi, sehingga meningkatkan keselamatan dan estetika.

1.2 Penggunaan Pemolesan Buff

(1) Mobil dan Sepeda Motor

- Digunakan pada komponen dan roda mobil serta sepeda motor, bagian lampu, dan sebagainya.
- Produk yang membutuhkan pantulan cahaya, seperti reflektor lampu depan, menggunakan pemolesan buff.

(2) Peralatan Medis

- Karena aspek higienitas dan keselamatan sangat penting pada peralatan medis, permukaan dibuat halus tanpa ada bagian tajam atau goresan.
- Pemolesan buff juga digunakan pada peralatan bedah.





(3) Aksesori dan Logam Mulia

- Karena keindahan tampilan sangat penting pada aksesoris. dsb, pemolesan buff digunakan untuk menghasilkan kilap dan kehalusan yang tinggi.
- Logam mulia seperti emas, perak dan platina juga dipoles dengan buff agar permukaannya berkilau.

(4) Mesin Pengolahan Makanan

- Bagian yang bersentuhan langsung dengan makanan perlu dibuat halus agar mudah dicuci dan tetap bersih. Untuk itu, pemolesan buff digunakan.

1.3 Material yang Dipoles dengan Buff

(1) Besi (Baja)

- Pemolesan buff sering digunakan untuk membersihkan permukaan sebagai persiapan sebelum dilakukan pelapisan.

(2) Baja tahan karat

- Banyak digunakan terutama karena meningkatkan ketahanan karat dan membuat tampilan lebih bagus.
- Berbagai jenis pemolesan (satin, hairline, dsb) dapat dilakukan, termasuk finishing permukaan cermin.

(3) Aluminium

- Ringan dan mudah ditangani, sehingga pemolesan buff dapat digunakan untuk memperbaiki tampilan.
- Sering kali dilakukan pemolesan buff sebagai pra-perlakuan sebelum proses anodisasi.

(4) Tembaga dan Kuningan

- Dapat digunakan untuk menonjolkan warna dan kilau khasnya, sehingga tampilan menjadi lebih baik.

(5) Titanium

- Tahan terhadap karat, memiliki kekuatan yang tinggi, dan dapat dipoles dengan presisi.



(6) Lain-lain



- Pada pelapisan krom keras, pemolesan buff terkadang digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan menghasilkan kilap.
- Setelah pelapisan nikel atau tembaga, terkadang dilakukan pemolesan dengan finishing kilap lembut (satin) atau finishing garis halus (hairline).
- Pemolesan buff juga digunakan pada plastik seperti akrilik, polikarbonat dan resin ABS, serta pada kaca.



Soal Latihan 13-1

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pemolesan buff juga digunakan sebagai pra-perlakuan sebelum pelapisan logam, anodisasi, dan pengecatan.
- 2) () Pemolesan buff hanya dapat dilakukan pada logam.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Pemolesan buff juga digunakan pada plastik, kaca, dan sebagainya.

Jawaban: B



2. Metode Pemolesan Buff



Disini akan dijelaskan proses pemolesannya, buff yang digunakan, bahan abrasif, dan peralatannya. Proses dan karakteristiknya dirangkum pada Tabel 13-1.

2.1 Proses Pemolesan Buff

(1) pra-perlakuan

- Minyak dan kotoran yang menempel di permukaan produk dibersihkan secara menyeluruh.
- Dengan demikian, pemolesan dapat berlangsung lancar dan hasil akhirnya juga lebih baik.

(2) Pemolesan Kasar

- Dengan buff berbutir kasar dan bahan abrasif (seperti batang merah), goresan besar serta beram/burr pada permukaan produk dihilangkan. Pada tahap ini, penting untuk memoles seluruh permukaan secara merata.

(3) Pemolesan Antara

- Dengan buff berbutir sedang dan bahan abrasif (seperti batang putih), goresan yang lebih halus pada permukaan dihilangkan. Sambil melihat kondisi, permukaan dirapikan agar semakin halus.

(4) Pemolesan Akhir

- Dengan buff berbutir halus dan bahan abrasif (seperti batang biru), dilakukan pemolesan akhir pada permukaan produk. Pada tahap ini, permukaan mulai tampak berkilau.
- Terkadang dilakukan finishing dengan kilap berkurang, seperti satin finish (garis-garis pendek halus) atau hairline finish (garis-garis lurus sejajar).

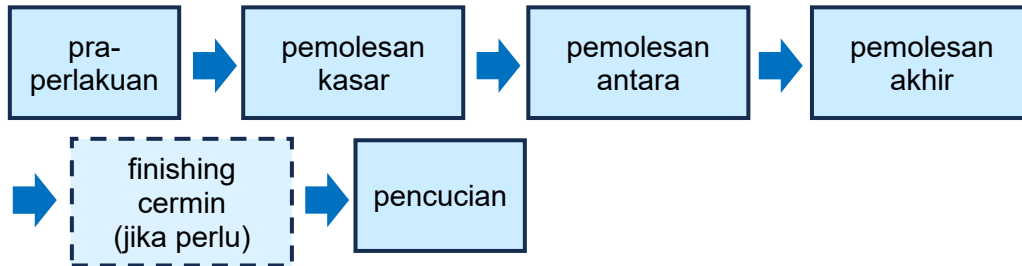
(5) Finishing Permukaan Cermin (jika diperlukan)

- Jika diperlukan kilap yang tinggi, dipoles lebih lanjut dengan buff berbutir sangat halus (No. 800 atau lebih) hingga menghasilkan permukaan cermin.



(6) Pencucian

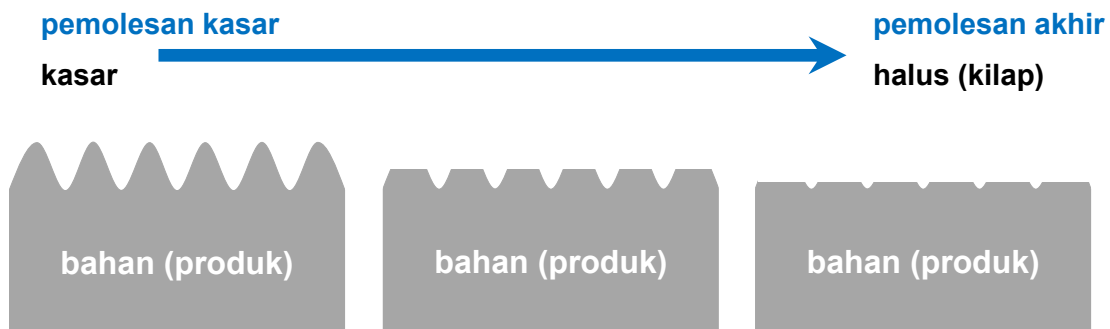
- Setelah pemolesan, bahan abrasif dan sisa pemolesan yang tertinggal di permukaan dicuci hingga bersih.
- Ini sangat penting terutama pada proses sebelum pelapisan.



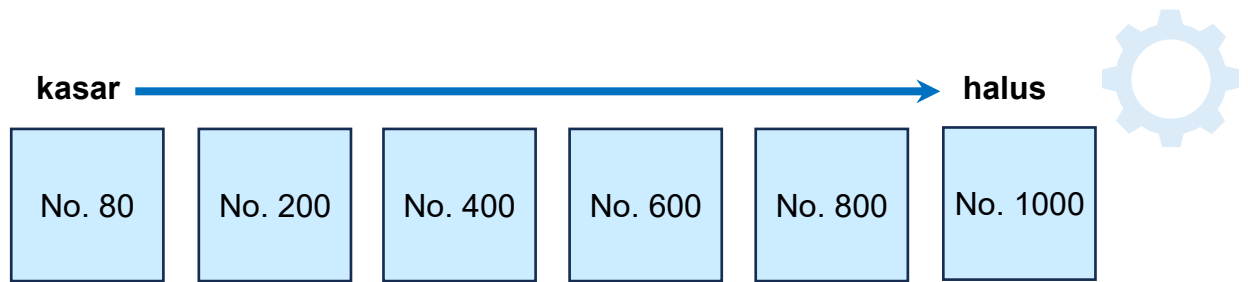
Gambar 13-2: Proses Pemolesan Buff

2.2 Perubahan Permukaan Material dalam Pemolesan Buff

- Seiring proses, permukaan bahan semakin halus, dan tujuan proses berubah dari “mengikis” menjadi “membuat berkilau”.
- Semakin lanjut tahap prosesnya, buff yang digunakan semakin lunak dan bahan abrasif semakin halus.
- Semakin proses berlangsung, kekasaran permukaan semakin kecil.
-
- Bahan abrasif menjadi semakin halus dalam urutan batang merah → batang putih → batang biru.
- Semakin besar angka nomor bahan abrasif, semakin halus butirannya.



Gambar 13-3: Perubahan Permukaan Bahan selama Pemolesan Buff



Gambar 13-4: Nomor Bahan Abrasif untuk Pemolesan Buff

2.3 Jenis-jenis Buff

(1) Buff Sisal (Buff Rami)

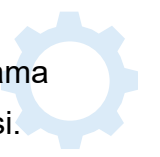
- Dibuat dengan menyusun beberapa lembar serat alami yang keras dan kuat yang disebut serat sisal.
- Karena seratnya keras, memiliki daya pemolesan yang kuat dan cocok untuk menghilangkan beram serta goresan yang dalam. Namun, perlu berhati-hati karena jika ditekan terlalu kuat, mudah timbul panas.
- Digunakan pada pemolesan kasar (tahap awal) untuk mengikis ketidakrataan besar pada permukaan.
- Digunakan pada berbagai jenis logam seperti baja tahan karat, besi dan kuningan. Untuk aluminium, penggunaan harus hati-hati agar tidak terkikis terlalu banyak.

(2) Buff Kain (Buff Katun, Buff Flanel)

- Buff yang relatif lunak, dibuat dengan menyusun kain katun atau flanel.
- Lebih lunak dari buff sisal, mudah menyerap bahan abrasif, dan dapat memoles permukaan secara merata.
- Digunakan pada tahap pemolesan antara s/d akhir untuk menghilangkan goresan halus sekaligus menghasilkan kilap.
- Digunakan pada berbagai bahan seperti baja tahan karat, aluminium, kuningan, resin, dan sebagainya.

(3) Buff Felt

- Dibuat dari felt, yakni dari wol yang dikompresi hingga padat. Salah satu karakteristiknya adalah bentuk tidak mudah berubah.
- Memiliki kekakuan yang cukup dan cocok untuk memoles bagian-bagian kecil atau detail. Karena menyerap bahan abrasif dengan baik, mudah menghasilkan kilap yang halus dan merata.

- 
- Digunakan pada pemolesan akhir s/d finishing permukaan cermin, terutama untuk pemolesan akhir benda-benda kecil, cetakan dan komponen presisi.

(4) Buff Wol (Buff Bulu Domba)

- Buff yang sangat lunak, dengan serat wol yang dipasang pada permukaannya.
- Memoles permukaan dengan lembut dan dapat menghasilkan kilap dengan ketidakmerataan minimal. Tidak mudah menghasilkan panas dan sering digunakan untuk pemolesan akhir hingga finishing permukaan cermin.
- Cocok untuk produk yang tak boleh tergores, seperti baja tahan karat, aluminium, resin dan barang hasil pelapisan.

(5) Buff Spon

- Dengan bahan lunak dari spon uretan, permukaannya memiliki ketidakrataan halus sehingga dapat cukup baik menyesuaikan dengan permukaan melengkung.
- Sangat lunak, dengan karakteristik tak mudah menggores bahan. Cocok untuk menghasilkan kilap dan tahap pemolesan akhir, serta menghasilkan permukaan yang lebih seragam.
- Digunakan pada produk yang tidak boleh tergores, seperti komponen resin, produk hasil pelapisan dan bagian eksterior mobil.

(6) Buff Rayon

- Dibuat dengan menyusun beberapa lapis kain rayon (serat buatan). Lebih seragam dari serat alami, serta memiliki keseimbangan antara kelembutan dan kekakuan.
 - Karena seratnya seragam, hasil pemolesan tidak mudah menimbulkan ketidakmerataan pada permukaan.
 - Menyerap bahan abrasif dengan baik, sehingga cocok untuk menghasilkan kilap pada logam.
 - Lebih lunak dari buff kain tetapi lebih kokoh dari buff wol, dengan kata lain sifat diantara keduanya.
 - Digunakan pada tahap pemolesan antara hingga akhir, terutama untuk menghasilkan kilap yang seragam.
 - Digunakan untuk berbagai bahan seperti baja tahan karat, aluminium, kuningan dan resin, serta cocok untuk pemolesan akhir produk yang mengutamakan keindahan tampilan.
- 

(7) Buff Kain Nonwoven (Buff Nilon)



- Dibuat dengan mencampur partikel abrasif ke kain nonwoven berbahan nilon.
- Tak mudah tersumbat dan dapat memoles permukaan secara merata. Memiliki ciri tidak banyak menghasilkan debu (serbuk halus) dan mudah digunakan untuk perlakuan dasar permukaan.
- Digunakan pada tahap pemolesan kasar hingga pemolesan antara, dan cocok untuk menghilangkan goresan ringan pada permukaan.
- Digunakan pada logam seperti baja tahan karat, aluminium, besi, dsb.
- Juga digunakan untuk persiapan permukaan sebelum pengecatan.
- Selain itu, juga digunakan untuk satin finish (kilap lembut) dan hairlines finish (garis halus).



buff sisal



buff katun

Gambar 13-5: Bentuk Buff

2.4 Jenis Bahan Abrasif untuk Pemolesan Buff

(1) Bahan Abrasif Padat

- Terbuat dari bahan seperti lilin keras yang dicampur partikel abrasif, dan digunakan dengan ditekan agar menempel pada buff.
- Memiliki daya pemolesan yang kuat dan sering digunakan pada tahap pemolesan kasar hingga pemolesan antara.
- Bahan abrasifnya tahan lama, biayanya rendah, sehingga pemolesan dapat dilakukan secara konsisten.
- Digunakan secara luas pada logam seperti besi, baja tahan karat, aluminium, dan sebagainya.





Bahan abrasif padat antara lain sebagai berikut:

1) Sizer

- Menggunakan partikel abrasif alumina (aluminium oksida).
- Untuk menghilangkan goresan dan pemolesan kasar pada logam keras seperti besi, baja tahan karat, dsb.

2) Lime

- Menggunakan artikel abrasif alumina (aluminium oksida).
- Digunakan untuk pemolesan antara s/d akhir pada besi, baja tahan karat, dan sebagainya.

3) Batang Merah

- Dahulu, sering digunakan oksida besi yang disebut bengala.
- Saat ini, terutama digunakan partikel abrasif silika (silikon dioksida) yang agak kasar. Juga disebut dengan nama tripoli.
- Daya polesnya kuat dan dapat menghilangkan goresan dalam, serta beram tajam dengan baik. Berfungsi untuk pemolesan intensif pada tahap awal, terutama pada tahap pemolesan kasar.
- Cocok untuk logam seperti besi, baja tahan karat, aluminium, dan sebagainya.

4) Batang Putih

- Menggunakan partikel abrasif alumina (aluminium oksida) yang lebih halus dari batang merah.
- Dapat memoles secara merata dan digunakan secara luas dari pemolesan antara hingga akhir.
- Paling sering digunakan karena dapat menghilangkan goresan halus sekaligus menghasilkan kilap sampai tingkat tertentu.
- Dapat digunakan pada berbagai bahan seperti baja tahan karat, aluminium, resin, dan sebagainya.





5) Batang Biru

- Terbuat dari partikel abrasif kromium oksida yang sangat halus.
- Digunakan pada tahap pemolesan akhir hingga finishing permukaan cermin, dapat menghasilkan kilap yang tinggi.
- Daya polesnya lemah.
- Cocok untuk bahan (produk) seperti baja tahan karat, aluminium, produk hasil pelapisan, resin, dsb yang ingin diberi hasil akhir yang indah.

6) Danji

- Menggunakan partikel abrasif silika (silikon dioksida) yang lebih halus dari batang merah.
- Untuk pemolesan akhir pada resin, dan permukaan yang telah dicat.



batang merah batang putih batang biru

Gambar 13-6: Bahan Abrasif

(2) Bahan Abrasif Cair

- Terbuat dari partikel abrasif halus yang dicampurkan ke cairan, dan dioleskan langsung ke buff atau produk.
- Cocok untuk tahap menghilangkan goresan halus, seperti pada pemolesan akhir maupun finishing permukaan cermin.
- Salah satu karakteristiknya adalah lebih mudah menghasilkan permukaan yang seragam.
- Mudah digunakan juga pada bahan yang sensitif panas, seperti aluminium, resin, dan sebagainya.
- Karena mudah terciprat, diperlukan pembersihan dan pengelolaan lingkungan kerja.
- Mengandung air, sehingga daya poles cenderung sedikit lebih lemah dibanding bahan abrasif padat.
- Umumnya digunakan melalui penyemprotan dengan semprotan udara atau pistol semprot.
- Ada juga metode pengolesan dengan kuas atau pelapisan dengan rol.



Tabel 13-1: Proses Pemolesan Buff dan Karakteristiknya

Proses	Buff	Bahan Abrasif	Nomor (acuan)	Kekasaran Permukaan (acuan)	Karakteristik
Pemolesan kasar	buff sisal, buff kain nonwoven	batang merah, sizer	No. 80 ~ No. 200	Ra: 1,0 μm – 3,0 μm	Proses menghilangkan gerigi tajam dan goresan dalam. Buff, bahan abrasif dengan daya poles kuat untuk memoles ketidakrataan yang besar.
Pemolesan antara	buff kain, buff rayon, buff kain nonwoven	batang putih, lime	No. 200 ~ No. 400	Ra: 0,2 μm – 1,0 μm	Memperhalus lebih lanjut permukaan yang sebelumnya telah dipoles secara kasar. Menghilangkan goresan halus, membuat permukaan lebih seragam untuk pemolesan akhir.
Pemolesan akhir	buff kain, buff felt, buff rayon	batang putih, batang biru, lime, danji	No. 600 ~ No. 800	Ra: 0,05 μm – 0,2 μm	Permukaan mulai mengkilap dan tampilannya semakin mendekati produk jadi.
Finishing cermin	buff wol, buff spon, buff felt	batang biru	No. 1000 atau lebih	Ra: 0,01 μm – 0,05 μm	Tahap pemolesan paling akhir. Kilap seperti cermin, kualitas tampilan meningkat maksimal.

2.5 Peralatan Pemolesan

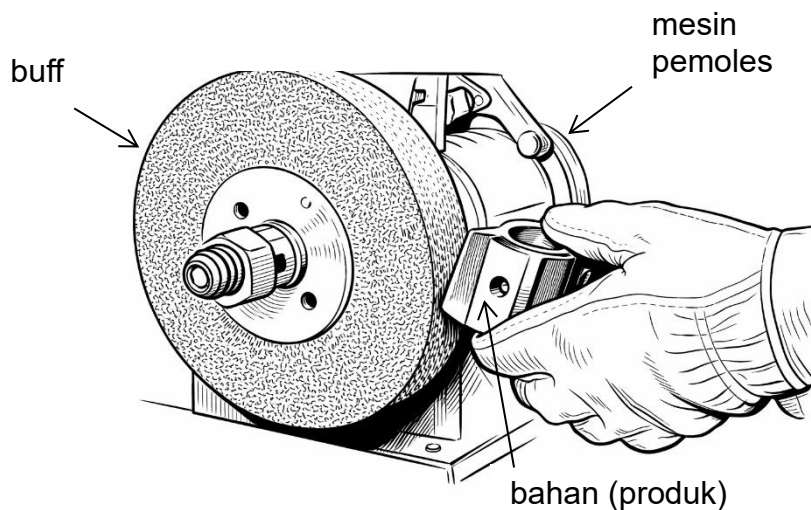


(1) Mesin Pemoles Buff Meja (Buff Tipe Berdiri)

- Merupakan mesin pemoles berukuran kecil yang digunakan diatas meja kerja.
- Buff dipasang pada kedua sisi poros putar.
- Cocok untuk memoles komponen kecil dan mudah digunakan.

(2) Mesin Pemoles Buff Vertikal (Buff Besar)

- Mesin berukuran besar, dipasang di lantai dan memiliki daya yang kuat.
- Untuk memoles komponen besar atau logam keras secara intensif.
- Dengan mengubah kecepatan putar dan ukuran buff, dapat untuk berbagai jenis pemolesan.
- Karena menghasilkan tenaga besar, perlu perhatian keselamatan.



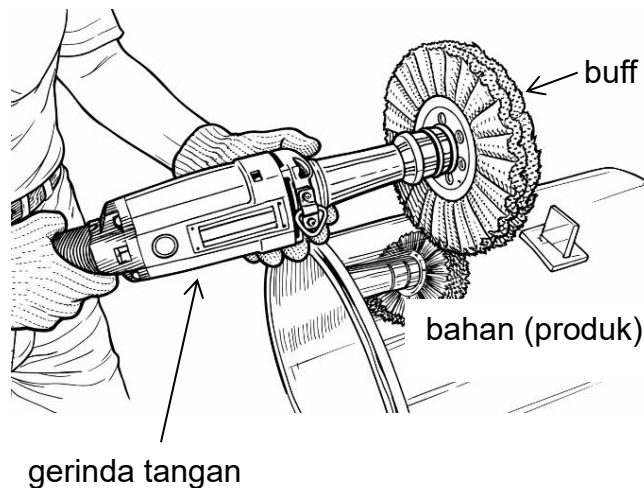
Gambar 13-7: Mesin Pemoles Buff Vertikal





(3) Gerinda Tangan (Buff Tangan Elektrik)

- Mesin pemoles berukuran kecil yang dipegang dengan tangan.
- Praktis untuk memoles bagian-bagian kecil atau komponen yang sulit difiksasi.
- Karena mudah digunakan di berbagai posisi, sering digunakan untuk pekerjaan perbaikan.
- Hasil pemolesan mudah berubah tergantung cara penggunaannya, sehingga diperlukan pengalaman.



Gambar 13-8: Gerinda Tangan

(4) Gerinda Pneumatik (Buff Tangan Pneumatik)

- Gerinda tangan yang digerakkan dengan udara bertekanan.
- Lebih ringan dan mudah digunakan dibanding tipe elektrik.
- Cocok memoles komponen kecil dan komponen presisi.
- Karena putaran cepat, perlu berhati-hati agar tidak menekan terlalu kuat.

(5) Robot Pemoles Buff

- Memoles secara otomatis dengan memasang buff pada lengan robot.
- Cocok untuk finishing produk massal karena dapat melakukan pemolesan dalam jumlah besar dengan kualitas yang konsisten.
- Tekanan dan sudut dapat diatur otomatis, sehingga hasil pemolesan lebih konsisten.
- Pekerja tak perlu bekerja dalam posisi berbahaya, sehingga tingkat keselamatan juga tinggi.





(6) Gerinda Sabuk (Mesin Pemoles Sabuk)

- Memoles dengan memutar sabuk abrasif dengan kecepatan tinggi.
- Sering digunakan untuk merapikan permukaan sebelum pemolesan buff.
- Dapat memoles permukaan datar dan bagian yang memiliki tepi/sudut secara efisien.



Soal Latihan 13-2

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Pada pemolesan buff, permukaan terlebih dahulu dibuat seperti cermin, lalu dilakukan pemolesan kasar.
- 2) () Semakin lanjut tahap pemolesan buff, semakin lunak buff dan semakin halus bahan abrasif yang digunakan.
- 3) () Buff sisal memiliki daya pemolesan yang kuat dan cocok untuk menghilangkan beram tajam serta goresan dalam.
- 4) () Batang biru terbuat dari silika dan terutama digunakan pada tahap pemolesan kasar.
- 5) () Ada berbagai jenis peralatan pemoles buff, antara lain tipe dipasang di rantai dan tipe dipegang dengan tangan.





Penjelasan



- 1) Finishing permukaan cermin dilakukan pada tahap akhir proses.

Jawaban: B

- 2) Benar.

Jawaban: A

- 3) Benar.

Jawaban: A

- 4) Batang biru terbuat dari kromium oksida dan digunakan untuk pemolesan akhir hingga finishing permukaan cermin.

Jawaban: B

- 5) Benar.

Jawaban: A



3. Poin Perhatian dan Cacat Pemolesan Buff



Disini akan dijelaskan poin-poin perhatian saat pemolesan buff serta cacat yang dapat terjadi.

3.1 Poin Perhatian Pemolesan Buff

(1) Jangan menekan terlalu kuat

- Tekanan terlalu kuat menimbulkan panas akibat gesekan, sehingga permukaan mudah “terbakar”.
- Itu mudah membuat bagian sudut saja yang terkikis, atau disebut cacat “botak”.

(2) Merapikan buff dan bahan abrasif secara berkala

- Jika buff terkikis satu sisi atau bahan abrasif terlalu sedikit, dapat menyebabkan ketidakmerataan dan goresan.
- Sebelum mulai bekerja, periksa kondisi buff dan, jika perlu, lakukan dressing (merapikan bentuk dan permukaan buff) atau tambahkan bahan abrasif.

(3) Patuhi kecepatan putar

- Jika terlalu cepat, panas mudah timbul, dan jika terlalu lambat, tidak dapat terkikis.
- Dengan menjaga kecepatan putar yang sesuai bahan, hasil pemolesan akan konsisten.

(4) Gerakkan dengan arah dan kecepatan yang sama

- Jika gerakan tak teratur, hasil pemolesan menjadi tak seragam.
- Poles dengan menggerakkan buff dalam arah yang sama dan kecepatan yang konstan agar hasilnya rapi.

(5) Pastikan goresan dari proses sebelumnya tidak tersisa

- Jika proses berikutnya dilakukan dengan goresan kasar masih tersisa, goresan tersebut tidak akan hilang hingga tahap akhir.
- Penting disadari bahwa “mutu proses berikutnya ditentukan oleh mutu proses sebelumnya”.

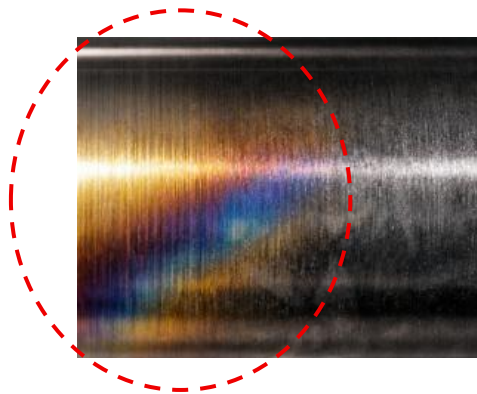


3.2 Cacat Pemolesan Buff



(1) Terbakar (permukaan menjadi hitam / berubah warna)

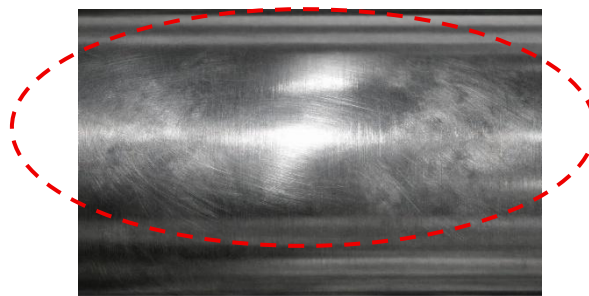
- Terjadi jika panas gesekan berlebihan.
- Gesekan perlu dikurangi dengan cukup mengoleskan bahan abrasif, mengurangi tekanan, dan menyesuaikan kecepatan putar dengan bahan yang dipoles.



Gambar 13-9: Kasus "Terbakar" pada Pemolesan Buff

(2) Ketidakmerataan (hasil pemolesan tidak seragam)

- Terjadi jika cara menempelkan buff atau tekanan yang diberikan tidak konsisten.
- Penting untuk menjaga kecepatan gerak dan tekanan tetap konstan, memilih lebar buff sesuai bentuk produk, serta melakukan dressing pada buff (merapikan bentuk dan permukaan) agar permukaan rata.



Tabel 13-10: Ketidakmerataan Pemolesan Buff





(3) Kilap tidak mencukupi

- Terjadi jika buff atau bahan abrasif pemolesan akhir tidak sesuai.
- Penting untuk mengganti dengan buff lunak pemolesan akhir dan menggunakan bahan abrasif yang lebih halus.

(4) Goresan

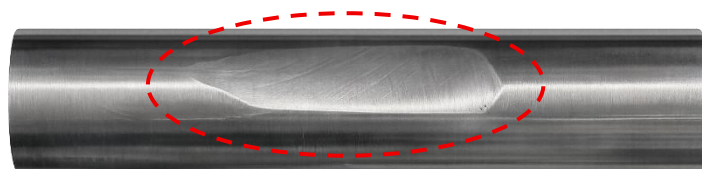
- Garis dalam muncul akibat benda asing pada buff atau goresan dari proses sebelumnya.
- Penting untuk menghilangkan benda asing dan melakukan dressing pada buff (merapikan bentuk dan permukaan buff).



Tabel 13-11: Goresan pada Pemolesan Buff

(5) Buff berhenti

- Cacat yang terjadi saat pemolesan dilakukan pada posisi yang selalu sama.
- Dapat menyebabkan cacat tampilan seperti permukaan terbakar, ketidakmerataan kilap, dan cekungan.
- Penting untuk mengatur tekanan buff, kecepatan putar dan kecepatan gerak dengan tepat.
- Selain itu, penting untuk memeriksa kondisi aus buff secara berkala / mengganti buff.



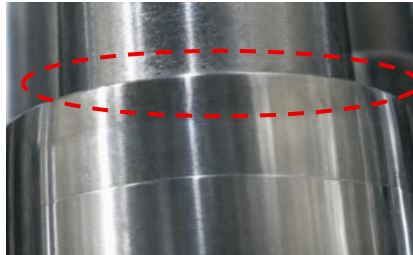
Tabel 13-12: Buff Berhenti saat Pemolesan





(6) Cacat botak pada bagian ujung

- Cacat dimana bagian ujung/sudut produk terkikis terlalu banyak, atau lapisan pelapis produk terkelupas.
- Penting untuk mengatur cara penggunaan buff (sudut, dll.), serta memastikan tekanan tidak terfokus pada ujung atau sudut.
- Selain itu, penting untuk memastikan ketebalan pelapisan.



Tabel 13-13: Cacat Botak pada Bagian Ujung Hasil Pemolesan Buff





Soal Latihan 13-3

■ Pilih A jika benar dan B jika salah.

- 1) () Jika buff ditekan terlalu kuat, permukaan mudah terbakar.
- 2) () Dalam pemolesan buff, bahan abrasif atau buff apa pun boleh digunakan.
- 3) () Dalam pemolesan buff, tidak masalah melanjutkan ke proses berikutnya dengan menyisakan goresan kasar.
- 4) () Dalam pemolesan buff, penting untuk melakukan pemolesan dengan kecepatan putar sesuai bahan.
- 5) () Dalam pemolesan buff, penting untuk mengatur penempelan buff (sudut, dsb) dengan tepat.



Penjelasan

- 1) Benar.

Jawaban: A

- 2) Penting untuk menggunakan buff dan bahan abrasif sesuai bahan dan tujuan pemolesan.

Jawaban: B

- 3) Jika lanjut ke proses berikutnya dengan goresan kasar tersisa, goresan tak akan hilang hingga pemolesan akhir, jadi penting untuk tidak menyisakan goresan kasar.

Jawaban: B

- 4) Benar.

Jawaban: A

- 5) Benar.

Jawaban: A



Ujian Evaluasi Pekerja Berketerampilan Spesifik Bidang Manufaktur Tingkat 1 (Kategori Perlakuan Permukaan Logam) 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
Atsushi Takimoto
Katsuro Hirayama
Katsuhiko Majima
(berdasarkan urutan abjad Jepang)

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

©2025 Japan Association for Human Resources in Industrial Product Manufacturing
