

METALURGI LOGAM

Hendri Nurdin

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 72
KETENTUAN PIDANASANGSI PELANGGARAN

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulandandenda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahundandenda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barangsiapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahundandenda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

METALURGI LOGAM

Hendri Nurdin



2019

METALURGI LOGAM

editor, Tim editor UNP Press

Penerbit UNP Press, Padang, 2019

1 (satu) jilid; 14 x 21 cm (A5)

288 hal.

ISBN : 978-602-1178-48-5

METALURGI LOGAM

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang pada penulis

Hak penerbitan pada UNP Press

Penyusun: Hendri Nurdin

Editor Substansi: Tim UNP Press

Editor Bahasa: Prof. Dr. Harris Effendi Thahar, M.Pd

Desain Sampul & Layout: Dr. Asrul Huda, M.Kom

KATA PENGANTAR

Berkat Rahmat Tuhan Yang Maha Esa dapatlah diselesaikan buku Metalurgi Mekanik. Buku ini isinya mengacu kepada kurikulum perguruan tinggi Jurusan Teknik Mesin, dengan merujuk kepada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI). Buku ini diperuntukkan bagi mahasiswa perguruan tinggi serta kalangan praktisi di bidang teknik.

Dalam penyelesaian buku ini, penulis menerima bantuan dari berbagai pihak baik berupa fasilitas maupun sumber atau bantuan lain berupa dukungan moral, tiada kata yang dapat kami sampaikan melainkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya. Ucapan terima kasih terutama kepada semua pihak yang telah membantu memberikan arahan dan kesempatan kepada kami dalam penyelesaian penulisan buku ini. Selanjutnya kepada Bapak Drs. Nasrul Riva'i, MA. selaku motivator yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran dalam penyempurnaan buku ini. Di samping itu, ucapan terima kasih tak terhingga, kami sampaikan kepada Bapak Rektor Universitas Negeri Padang, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, dan Ketua Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Negeri Padang yang telah mengizinkan penulis untuk ikut berpartisipasi dalam penulisan buku ini sebagai pengembangan materi pembelajaran. Atas bantuan yang telah diberikan semoga menjadi amal ibadah bagi kita. Aamiin. Kami menyadari bahwa masih banyak kelemahan dan kekurangan dalam buku ini. Oleh karena itu, kami mengharapkan masukan dari berbagai pihak dalam rangka perbaikan buku ini untuk masa datang.

Terakhir, semoga dengan kehadiran buku ini bermanfaat bagi bangsa dan negara serta para pembaca.

Hormat kami

Penulis

SINOPSIS

Buku Metalurgi Mekanik ini memberikan pengetahuan tentang kajian Metalurgi dari Bahan Logam Ferro dan Logam non Ferro. Buku ini berisikan 5 bab meliputi: (1) Pendahuluan yang berisikan hal umum mengenai metalurgi, pengujian logam, pertimbangan dalam pemilihan bahan logam, ruang lingkup. (2) Bahan-bahan Logam yang berisikan bijih-bijih besi, peleburan bijih besi. (3) Struktur Logam yang berisikan ikatan atom, kristal, slip dan dislokasi, deformasi dan perpatahan, mekanisme penguatan, mikro struktur. (4) Logam Ferro berisikan tentang baja, besi cor. (5) Logam Non Ferro berisikan tentang tembaga dan paduannya, aluminium dan paduannya, logam lain dan paduannya.

Buku dapat digunakan oleh mahasiswa dan para perencana sebagai pengembangan konsep keilmuan dalam bidang metalurgi bahan logam ferro dan non ferro. Wawasan keilmuan dapat dibangun dengan mempelajari buku ini secara keseluruhan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	vi
SINOPSIS.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
 BAB 1. METALURGI DAN PENGUJIAN LOGAM...	 1
1.1. Pengertian Metalurgi	1
1.2. Hubungan Metalurgi dengan Bahan Rekayasa.....	3
1.3. Perilaku Bahan	5
1.4. Bahan Logam	6
1.5. Pengujian Logam	8
1.6. Pertimbangan dalam Pemilihan Bahan Logam	26
1.7. Ruang Lingkup	30
 BAB 2. BAHAN-BAHAN LOGAM.....	 39
2.1. Pengenalan Tambang Bahan Logam	39
2.2. Pertambangan di Indonesia	40
2.3. Metode Pencarian Mineral	40
2.4. Proses Penambangan Bahan Logam	42
2.5. Biji Besi	43
2.6. Jenis-Jenis Biji Besi	44
2.7. Pasir Besi	45
2.8. Pencucian Bahan Logam	47
2.9. Pemisahan Bahan Logam dengan Bahan Lainnya	47
2.10. Proses Pengolahan Bahan Logam	48
2.11. Dapur Tinggi	53

BAB 3. STRUKTUR LOGAM	63
3.1. Pendahuluan	63
3.2. Ikatan Logam	63
3.3. Kristal	70
3.4. Diskolasi	79
3.5. Keseimbangan Fasa	80
3.6. Mikrostruktur	90
3.7. Deformasi dan Perpatahan	94
3.8. Mekanisme Deformasi	95
3.9. Mekanisme Slip	98
3.10. Perpatahan	102
3.11. Mekanisme Penguatan	113
3.12. Pembentukan Logam	119
 BAB 4. LOGAM FERRO	 128
4.1. Pendahuluan	128
4.2. Baja	130
4.3. Pengaruh Unsur-Unsur Pada Baja	165
4.4. Besi Cor	167
 BAB 5. LOGAM NON FERRO	 195
5.1. Aluminium dan Paduannya	195
5.2. Tembaga dan Paduannya	208
5.3. Magnesium dan Paduannya	220
5.4. Silikon	223
5.5. Titanium	226
5.6. Nikel	230
5.7. Seng	234
5.8. Timah	239
5.9. Logam Mulia	248
 DAFTAR PUSTAKA	 272

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Kecelakaan Disebabkan Oleh Kegagalan Logam 9
Gambar 1.2	Ilustrasi Pengujian Tarik 12
Gambar 1.3	Patahan Akibat Puntir 14
Gambar 1.4	Beberapa Benda Patah 15
Gambar 1.5	Kegagalan Poros Engkol Akibat Lelah (Fatik) 18
Gambar 1.6	Kerusakan Poros akibat Korosi 19
Gambar 1.7	Kegagalan akibat Beban Lentur 20
Gambar 1.8	Prinsip Pengujian Arus Eddy 21
Gambar 1.9	Ilustrasi Sinar-X Test 21
Gambar 1.10	Kriteria Pemilihan Bahan 30
Gambar 2.1	Skema Proses Penambangan Mineral 43
Gambar 2.2	Batuan Yang Mengandung Besi 44
Gambar 2.3	Pasir Besi 45
Gambar 2.4	Dapur Tinggi 53
Gambar 3.1	Ikatan ionik pada NaCl 64
Gambar 3.2	Ikatan kovalen pada <i>chloride</i> 65
Gambar 3.3	Ikatan Logam 66
Gambar 3.4	Susunan atom pada <i>HCP</i> dan <i>FCC</i> 67
Gambar 3.5	Polihedra Koordinasi 70
Gambar 3.6	Susunan (Tatanan) Atom Dua Dimensional 71
Gambar 3.7	Susunan (Tatanan) Atom Berbentuk Kristal 71
Gambar 3.8	Kisi Kristal Solid dalam tiga Dimensional 72
Gambar 3.9	Prinsip Konstruksi Kisi Kristal dan Sumbu Kristal 72
Gambar 3.10	Sistem sel Satuan Kubik 73
Gambar 3.11	Sistem Kisi Ruang <i>Bravais</i> 74

Gambar 3.12	Struktur Kristal pada Logam (bcc)	75
Gambar 3.13	Struktur Kristal pada Logam (fcc)	76
Gambar 3.14	Batas Butir	77
Gambar 3.15	Cacat Garis (Dislokasi-Sisi)	80
Gambar 3.16	Mikrostruktur dan Diagram Fasa Paduan Al-Si	83
Gambar 3.17	Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	84
Gambar 3.18	Diagram fasa paduan biner Cu - Ni	85
Gambar 3.19	Diagram fasa paduan biner Cu - Ni	87
Gambar 3.20	Diagram fasa paduan biner 35 wt% Ni - 65 wt% Cu	89
Gambar 3.21	Mikrostruktur pada Molibdenum	91
Gambar 3.22	Mikrostruktur Stainless Steel 304L (a) 380 ⁰ C, (b) 500 ⁰ C, (c) 600 ⁰ C	91
Gambar 3.23	Daerah Eutektoid dari Diagram Fasa Fe- Fe ₃ C	92
Gambar 3.24	Struktur Perlit (Perbesaran 2500 kali)	93
Gambar 3.25	Martensit (Perbesaran 1000 kali)	93
Gambar 3.26	Slip dalam kristal tunggal (hcp).	96
Gambar 3.27	Sebuah asumsi mengenai Mekanisme Slip (disederhanakan)	99
Gambar 3.28	Mekanisme Slip terjadi karena Dislokasi	99
Gambar 3.29	Sel unit logam FCC	100
Gambar 3.30	Sel unit logam BCC	100
Gambar 3.31	Arah Slip	101
Gambar 3.32	Kurva Perpatahan	106
Gambar 3.33	Tahapan terjadinya perpatahan ulet pada sampel uji tarik	108
Gambar 3.34	Tampilan permukaan patahan dari suatu sampel logam	109
Gambar 3.35	Perpatahan getas pada dua sampel logam berpenampang lintang	110

	persegi panjang (pelat)	
Gambar 3.36	Foto SEM sampel dengan perpatahan getas	110
Gambar 3.36a	Transisi dari Ulet ke Getas dan Sebaliknya	112
Gambar 3.37	Skema Mekanisme Terjadinya Transisi Ulet ke Getas dan sebaliknya	112
Gambar 3.38	Dislokasi butir	114
Gambar 3.39	Grafik perubahan <i>Grain size</i> terhadap <i>yield strength</i>	115
Gambar 3.40	Pergerakan inti dislokasi	116
Gambar 3.41	Grafik perbandingan konsentrasi Nikel terhadap <i>Tensile Strength</i> dan <i>Elongation</i>	116
Gambar 3.42	Pengerasan Larutan ($\square$ -kuningan anil)	117
Gambar 3.43	Grafik <i>Stress</i> dan <i>Strain</i> pada logam terhadap deformasi plastis dan pengerjaan dingin	118
Gambar 4.1	Proses Pembuatan Baja	137
Gambar 4.2	Dapur listrik	143
Gambar 4.3	Diagram kesetimbangan besi-karbon	145
Gambar 4.4	Aliran Proses Pembuatan Coran	168
Gambar 4.5	Penyebaran Grafit Serpih	171
Gambar 4.6	Graphite Flake Besi Cor Kelabu	174
Gambar 4.7	Bentuk Besi Cor Kelabu	175
Gambar 4.8	Struktur Mikro Besi Cor Kelabu	177
Gambar 4.9	Struktur Mikro Besi Cor Putih	178
Gambar 4.10	Struktur Mikro Besi Cor Cil	179
Gambar 4.11	Besi Cor Mampu Bentuk	183
Gambar 4.12	Besi Cor Mampu Bentuk Ferritic	183
Gambar 4.13	Besi Cor Mampu Bentuk Pearlite	184
Gambar 4.14	Besi Cor Nodular dan Karbon Bulat	186

	Dalam Matrik	
Gambar 4.15	Klasifikasi Bentuk Grafit Oleh Kongres Committee Of International Foundry	188
Gambar 4.16	Struktur Mikro Besi Cor Kelabu	189
Gambar 5.1	Batangan (Ingot) Aluminium	197
Gambar 5.2	Jenis Batangan (Ingot) Aluminium Lainnya	198
Gambar 5.3	Diagram Kesetimbangan Al-Cu	200
Gambar 5.4	Tutup Silinder Mesin dari bahan Alloy Al-Cu	205
Gambar 5.5	Kepala silinder Mesin dari bahan Alloy Al-Si	206
Gambar 5.6	Komponen Sepeda dibuat dari Alloy 6061	207
Gambar 5.7	Biji Tembaga	208
Gambar 5.8	Batangan (<i>Ingot</i>) Tembaga	209
Gambar 5.9	Batangan Tembaga	210
Gambar 5.10	Diagram Fasa Kuningan (Cu-Zn)	211
Gambar 5.11	Mikrostruktur Kuningan (Cu-Zn)	211
Gambar 5.12	Diagram Fasa Cu-Sn (Perunggu)	216
Gambar 5.13	Mikrostruktur copper-tin alloy (88Cu- 8Sn-4Zn), Single-Phase (alpha)	216
Gambar 5.14	Batangan (Ingot) Magnesium	221
Gambar 5.15	Paduan Magnesium Yang Digunakan Pada Fabrikasi Komponen Automotif	223
Gambar 5.16	Bijih Logam Silikon	224
Gambar 5.17	Logam Titanium	226
Gambar 5.18	Produk Gelang magnet Titanium	228
Gambar 5.19	Komponen Motor dan <i>Intake Manifold</i> Mobil dari Bahan Titanium	229
Gambar 5.20	Produk Kawat Gulungan (Nikel Paduan)	231
Gambar 5.21	Produksi dari Bahan Nikel	232

Gambar 5.22	Turbocharger	233
Gambar 5.23	Grafik Tegangan terhadap Temperatur (Nikel)	233
Gambar 5.24	Bijih Seng (Zinc)	234
Gambar 5.25	Pelapisan seng-tembaga pada kuningan	236
Gambar 5.26	Mikrostruktur Paduan Logam 95% Zn - 5% Al	238
Gambar 5.27	Diagram Fasa Logam Timah	241
Gambar 5.28	Biji Timah Putih	242
Gambar 5.29	Timah Putih Batangan (Ingot)	243
Gambar 5.30	Bijih Timah Hitam	246
Gambar 5.31	Pabrik Peleburan Timah	247
Gambar 5.32	Bijih Logam Platinum	250
Gambar 5.33	Batangan (Ingot) Platinum	251
Gambar 5.34	Beberapa Produk Bahan Platinum	252
Gambar 5.35	Bijih Logam Emas	254
Gambar 5.36	Proses Pengolahan Bijih Emas	257
Gambar 5.37	Proses Pelarutan dan Adsorpsi Bijih Emas	260
Gambar 5.38	Proses Pemurnian Bijih Emas	261
Gambar 5.39	Proses Amalgasi	262
Gambar 5.40	Proses Sianidasi	263
Gambar 5.41	Batangan (ingot) Emas	264
Gambar 5.42	Produk Logam Emas Perhiasan	265

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi Kimia Pasir Besi 46
Tabel 2.2	Logam Panas Kimia 60
Tabel 3.1	Bilangan Koordinasi 69
Tabel 3.2	Bilangan Koordinasi yang Teramati 69
Tabel 3.3	Sistem Kristal 73
Tabel 3.4	Struktur Kristal berbagai jenis Logam pada suhu ruang 77
Tabel 3.5	Panas Peleburan Logam 78
Tabel 3.6	Modulus Elastisitas (Modulus Young) 95
Tabel 3.7	Sistem Slip untuk Logam FCC, BCC dan HCP 102
Tabel 4.1	Sifat-sifat baja pada suhu kamar (25 ° C) 164
Tabel 4.2	Komposisi Paduan untuk Penambahan Mg (%) 187
Tabel 4.3	Grade Besi Cor 191
Tabel 5.1	Paduan Tembaga Utama Tempaan 214
Tabel 5.2	Jenis Perunggu dengan Kandungan dan Jenis Penggunaannya 218
Tabel 5.3	Penggunaan Paduan Timah (komposisi paduan) 245
Tabel 5.4	Perbandingan sifat bahan logam termasuk dalam kelompok PGMs 253