

ILMU DAN TEKNOLOGI PENGELASAN

**Mochammad Noer Ilman
Sehono**



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 BERBAGAI JENIS TEKNIK PENGELASAN	1
1.1 Klasifikasi Proses Pengelasan	2
1.2 Las Busur Listrik.....	3
1.2.1 Las Busur Elektroda Terbungkus.....	6
1.2.2 Las Tungsten-Gas Mulia.....	11
1.2.3 Las Busur Logam-Gas	14
1.2.4 Las Busur Inti Fluks.....	20
1.2.5 Las Busur Terendam	22
1.2.6 Las Listrik Terak	24
1.3 Las Gas Oksi-Asetilen.....	25
1.4 Las Termit.....	27
1.5 Las Sinar Energi Radiasi	28
1.5.1 Las Sinar Elektron.....	29
1.5.2 Las Sinar Laser	30
1.6 Las Tekan	31
1.6.1 Las Friksi	31
1.6.2 Las Resistansi Listrik.....	34
1.7 Las Difusi	39
1.8 Las Dingin.....	40
BAB 2 PERPINDAHAN PANAS LAS.....	43
2.1 Sumber Energi Panas	43
2.2 Masukan Panas	45

2.3	Perpindahan Panas Konduksi pada Pengelasan	47
2.3.1	Sumber Panas Diam dan Sesaat	48
2.3.2	Pengelasan dengan Sumber Panas Bergerak dan Kontinu	51
2.4	Siklus Termal Las	56
2.4.1	Temperatur Puncak	57
2.4.2	Laju Pendinginan	58
2.4.3	Waktu Pendinginan	59
2.4.4	Nomogram	61
2.5	Sifat Termal-Fisik Logam	64
BAB 3	INTERAKSI GAS-LOGAM-FLUKS, KONVEKSI, DAN SOLIDIFIKASI LAS.....	67
3.1	Konveksi pada Kawah Las	67
3.2	Interaksi Gas-Logam Las	70
3.3	Interaksi Fluks-Logam Las.....	71
3.4	Pembekuan Logam Las	73
3.4.1	Struktur Pembekuan Las	76
3.4.2	Mikrosegregasi.....	81
BAB 4	DISTORSI DAN TEGANGAN SISA PADA LAS	85
4.1	Distorsi	85
4.1.1	Penyusutan Transversal.....	86
4.1.2	Penyusutan Longitudinal	87
4.1.3	Distorsi Tekuk	88
4.1.4	Distorsi Lengkung Longitudinal	90
4.1.5	Distorsi Sudut.....	91
4.2	Tegangan Sisa.....	93
4.2.1	Mekanisme Pembentukan Tegangan Sisa	94
4.2.2	Pemodelan Tegangan Sisa berdasarkan Regangan Plastis	97
4.2.3	Sifat-sifat Tegangan Sisa.....	99
4.2.4	Pengukuran Tegangan Sisa	101
4.3	Teknik Pengendalian Distorsi dan Tegangan Sisa Las	108
4.3.1	Pengendalian Sebelum atau Selama Proses Pengelasan.....	108
4.3.2	Pengendalian Pasca-pengelasan.....	114
BAB 5	BAJA PADUAN RENDAH KEKUATAN TINGGI	117
5.1	Metalurgi Baja	117
5.1.1	Diagram TTT	120

5.1.2	Diagram CCT	125
5.2	Baja HSLA	126
5.2.1	Penguatan Baja HSLA melalui Penghalusan Butir	127
5.2.2	Penguatan Baja HSLA melalui Presipitasi.....	130
5.2.3	Mekanisme Penguatan Baja HSLA melalui Pembentukan Mikrostruktur Bainit.....	133
5.2.4	Perlakuan <i>Thermomechanically Controlled Processing</i> (TMCP)	134
BAB 6	LOGAM LAS BAJA PADUAN RENDAH	137
6.1	Makrostruktur Sambungan Las	137
6.2	Tahapan Transformasi Fasa pada Logam Las	138
6.3	Mekanisme Transformasi γ -Fe \rightarrow α -Fe.....	142
6.3.1	Ferit Batas Butir	143
6.3.2	Ferit Widmanstatten	145
6.3.3	Ferit Asikuler.....	146
6.4	Faktor-faktor yang Memengaruhi Transformasi $\gamma \rightarrow \alpha$ pada Logam Las	152
6.4.1	Laju Pendinginan Las	153
6.4.2	Pengaruh Unsur Paduan	154
6.5	Sifat-sifat Mekanis Logam Las	156
6.5.1	Kekuatan Tarik Las	156
6.5.2	Ketangguhan Las	156
BAB 7	DAERAH TERPENGARUH PANAS (HAZ).....	159
7.1	Mikrostruktur Daerah HAZ.....	159
7.2	Sifat Mampu Las Baja.....	162
7.3	Transformasi $\alpha \rightarrow \gamma$ dan Proses Metalurgi Selama Pemanasan.....	163
7.3.1	Transformasi $\alpha \rightarrow \gamma$	164
7.3.2	Proses Rekristalisasi.....	164
7.3.3	Kestabilan Presipitat	164
7.3.4	Pengasaran Presipitat Selama Siklus Termal Las.....	164
7.3.5	Pelarutan Presipitat	164
7.3.6	Pertumbuhan Butir Austenit.....	165
7.3.7	Usaha-usaha Pengendalian Butir Austenit	166
7.4	Transformasi $\gamma \rightarrow \alpha$ dan Sifat-sifat Mekanis HAZ	168
7.4.1	Diagram CCT	168

7.4.2 Kekerasan HAZ	169
7.4.3 Retak pada HAZ	170
BAB 8 RETAK DAN PERPATAHAN LAS	173
8.1 Retak Saat Pengelasan.....	173
8.1.2 Retak Dingin	176
8.1.3 Retak Lamellar.....	179
8.1.4 Retak Pemanasan Ulang	180
8.2 Kelelahan pada Las	181
8.3 Pengujian Mekanis Las	184
DAFTAR PUSTAKA.....	187
TENTANG PENULIS.....	193