

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSOALAN	vi
INTISARI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
I.4.1 Tujuan Penelitian	4
I.4.2 Manfaat Penelitian	4
I.5 Tempat Penelitian	5
I.6 Metode Penelitian	5
I.7 Sistematika Pembahasan	5
I.8 Diagram Alir Penelitian	7

BAB II	LANDASAN TEORI	8
2.1	Besi Cor	9
2.1.1	Struktur Mikro Besi Cor	9
2.1.2	Jenis-Jenis Besi Cor	10
2.1.3	Pengaruh Komposisi Kimia pada Struktur Besi Cor.	15
2.2	Ruang Lingkup Pengelasan Besi Cor	17
2.3	Sifat Mampu Las Besi Cor	19
2.4	Perlakuan Panas Besi Cor	20
2.4.1	Pemanasan Mula (Preheating)	21
2.4.1	Pemanasan Akhir (Postheating)	23
2.5	Jenis Las Serta Logam Pengisi (Elektroda) untuk Besi Cor.	24
2.5.1	Shielded Metal Arc Welding (SMAW)	24
2.5.2	Las Gas atau Las Karbit/Autogen	31
2.5.3	Gas Metal Arc Welding	31
2.5.4	Jenis Las lain	31
2.6	Perencanaan Kontruksi Las	32
2.6.1	Sambungan Dasar	32
2.6.2	Bentuk Alur Sambungan Dasar	33
2.6.3	Bentuk Alur Sambungan dan Reparasi Besi Cor	34
2.6.4	Perakitan Rancangan Sambungan dan Alat Bantu Pengelasan	35
2.7	Metalurgi Las	35
2.7.1	Pengaruh Panas Pengelasan	35
2.7.2	Pengerasan Las	37
2.7.3	Keretakan Las	38
2.8	Tegangan Sisa Dan Perubahan Bentuk	39
BAB III	METODE PENELITIAN	47
3.1	Karakteristik Bahan yang Diuji	47
3.2	Proses Perlakuan Panas	50

3.2.1 Pemanasan Mula (Preheating)	51
3.2.2 Pemanasan Akhir (Postheating)	52
3.3 Pengujian Tarik	54
3.4 Pengujian Tumbuk/Impak	58
3.5 Pengujian Kekerasan	62
3.6 Pengamatan Struktur Mikro	66
 BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN	 69
4.1 Pembahasan Pengujian Tarik.....	70
4.1.1 Data Hasil Pengamatan Gaya Tarik.....	70
4.1.2 Perhitungan Tegangan Tarik	70
4.1.3 Data Hasil Pengamatan Pertambahan Panjang (ΔL)	73
4.1.4 Perhitungan Regangan	73
4.1.5 Analisa Pengujian Tarik	76
4.2 Pembahasan Uji Kekerasan	84
4.2.1 Data Hasil Pengamatan	85
4.2.2 Perhitungan Kekerasan Vickers	86
4.2.3 Analisa Uji Kekerasan	88
4.3 Pembahasan Ketangguhan pada HAZ	93
4.3.1 Data Hasil Pengamatan	93
4.3.2 Perhitungan Uji Impak Charpy	94
4.3.3 Analisa Ketangguhan pada Daerah Terpengaruh Panas (HAZ)	97
4.4 Analisa Komposisi Kimia pada Logam Dasar	102
4.5 Analisa Metoda Pengelasan Ditinjau dari Panas Pengelasan	103
4.6 Cacat dalam Pengelasan	104
4.7 Analisa Struktur Mikro	107

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	118
	5.1 Kesimpulan	118
	5.2 Saran	120
DAFTAR PUSTAKA		121
LAMPIRAN		123

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 2.1 Iron-Carbon equilibrium diagram	10
Gambar 2.2 Hubungan antara derajat kejenuhan dari karbon dan kekuatan tarik	12
Gambar 2.3 Hubungan antara kekerasan Brinell dan kekuatan tarik	12
Gambar 2.4 Struktur mikro besi cor kelabu	14
Gambar 2.5 Struktur mikro besi cor grafit bulat	14
Gambar 2.6 Struktur mikro besi cor mampu tempa	15
Gambar 2.7 Struktur mikro besi cor putih	15
Gambar 2.8 Pengaruh preheating terhadap pertambahan kekuatan tarik ...	21
Gambar 2.9 Pengaruh suhu preheating terhadap laju pendinginan pada pengelasan single-pass besi cor kelabu dengan besar arus, tebal plat sama	22
Gambar 2.10 Skema pengelasan dengan arus listrik dan prinsip kerja las SMAW.....	25
Gambar 2.11 Jenis sambungan dasar	32
Gambar 2.12 Jenis alur sambungan las dasar	33
Gambar 2.13 Bentuk alur pada pengelasan besi cor	34
Gambar 2.14 Bentuk lubang dan pengelasan reparasi untuk lubang bentuk krucut dangkal	34
Gambar 2.15 Diagram TTT untuk pendinginan cepat besi cor.	37
Gambar 2.16 Kurva menunjukkan pengaruh preheating pada pengelasan besi cor	38
Gambar 2.17 Pembentukan tegangan sisa	40
Gambar 2.18 Terjadinya perubahan sudut selama siklus termal	43
Gambar 2.19 Diagram skematik hubungan antara perubahan sudut dengan tebal plat dan kondisi pengelasan.	44
Gambar 2.20 Diagram alur cara pelurusan bentuk	46



Gambar 3.1	Bentuk awal benda uji	49
Gambar 3.2	Balok yang dipotong-potong membentuk spesimen	49
Gambar 3.3	Diagram proses preheating	51
Gambar 3.4	Diagram proses postheating	52
Gambar 3.5	Diagram proses stress relieving	53
Gambar 3.6	Proses pengelasan spesimen sampai siap diuji tarik	57
Gambar 3.7	Alat bantu penahan/Jig untuk pengelasan	58
Gambar 3.8	Skema uji impak charpy	59
Gambar 3.9	Proses pengelasan spesimen sampai siap diuji impak	61
Gambar 3.10	Universal hardness tester	62
Gambar 3.11	Prinsip pengukuran kekerasan vickers	64
Gambar 3.12	Skema pengujian kekerasan	65
Gambar 3.13	Daerah yang diperiksa struktur mikronya, yaitu logam las, logam dasar dan HAZ	68
Gambar 4.1	Foto penampang spesimen pengujian	70
Gambar 4.2	Kurva tegangan tarik terhadap nomor sampel pengujian	73
Gambar 4.3	Kurva nilai regangan terhadap nomor sampel pengujian	75
Gambar 4.4	Karakteristik tegangan vs regangan untuk besi dan baja	76
Gambar 4.5	Posisi patah pada spesimen hasil pengujian tarik	79
Gambar 4.6	Pengaruh quench dan temper heat treatment pada sifat mekanik besi cor kelabu bukan paduan	81
Gambar 4.7	Kurva tegangan Vs regangan hasil pengujian tarik	83
Gambar 4.8	Foto bekas hasil injakan penetrator kekerasan Vicker	85
Gambar 4.9	Nomor/urutan posisi yang diuji kekerasannya	87
Gambar 4.10	Kurva distribusi kekerasan Vickers hasil pengujian	93
Gambar 4.11	Nilai Impak charpy Vs nomor sampel pengujian	96
Gambar 4.12	Daerah HAZ dihubungkan dengan diagram fasa Fe-C	98
Gambar 4.13	Panas yang ditimbulkan oleh las busur dan gas pada plat 5 mm	99
Gambar 4.14	Ketangguhan hasil pengujian impak charpy	100



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Pengaruh Perlakuan Panas (Pre-Postheating) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Pengelasan Besi Cor Kelabu

Firman Nugraha, Dr. Ir. Viktor Malau, DEA.

Universitas Gadjah Mada, 1999 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Gambar 4.15	Penampang Permukaan hasil uji impak charpy	101
Gambar 4.16	Cacat terak	105
Gambar 4.17	Logam las tidak menempel kuat dengan logam induk	106
Gambar 4.18	Logam las tidak sampai ke akar kampuh	106
Gambar 4.19	Logam menggantung seperti janggut	107
Gambar 4.20	Bintik-bintik kecil adalah akibat percikan logam las atau slag	107
Gambar 4.21	Struktur mikro logam asal	108
Gambar 4.22	Struktur mikro logam asal	108
Gambar 4.23	Daerah logam las tanpa perlakuan panas	109
Gambar 4.24	Daerah terpengaruh panas (HAZ) tanpa perlakuan panas	110
Gambar 4.25	Daerah terpengaruh panas (HAZ) tanpa perlakuan panas	110
Gambar 4.26	Daerah logam induk tanpa perlakuan panas	111
Gambar 4.27	Daerah logam las dengan preheating	111
Gambar 4.28	Daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan preheating	112
Gambar 4.29	Daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan preheating	112
Gambar 4.30	Daerah logam induk dengan preheating	113
Gambar 4.31	Daerah logam las dengan stress relieving	113
Gambar 4.32	Daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan stress relieving	114
Gambar 4.33	Daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan stress relieving	114
Gambar 4.34	Daerah logam induk dengan stress relieving	115
Gambar 4.35	Daerah logam las dengan full annealing	115
Gambar 4.36	Daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan full annealing	116
Gambar 4.37	Daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan full annealing	116
Gambar 4.38	Daerah logam induk dengan full annealing	117

	<i>Halaman</i>
Tabel 2.1 Klasifikasi besi cor	17
Tabel 2.2 Jenis elektroda untuk pengelasan besi cor	26
Tabel 2.3 Karakteristik elektroda nikel untuk pengelasan busur listrik besi cor	28
Tabel 2.4 Sifat mekanis elektroda NiFe	28
Tabel 2.5 Sifat Elektroda terbungkus dalam beberapa pengelasan besi cor	30
Tabel 2.6 Cara pembebasan tegangan sisa	42
Tabel 4.1 Besar gaya tarik P pada variabel uji tarik	70
Tabel 4.2 Hasil tegangan tarik untuk spesimen tanpa las	71
Tabel 4.3 Hasil tegangan tarik untuk spesimen hasil las tanpa perlakuan panas (NH)	72
Tabel 4.4 Hasil tegangan tarik untuk spesimen hasil las dengan preheating (PR)	72
Tabel 4.5 Hasil tegangan tarik untuk spesimen hasil las dengan stress relieving (SR)	72
Tabel 4.6 Hasil tegangan tarik untuk spesimen hasil las dengan full anneal (FA)	72
Tabel 4.7 Data hasil pengamatan pertambahan panjang	73
Tabel 4.8 Nilai nilai regangan untuk tiap variabel perlakuan panas	74
Tabel 4.9 Nilai tegangan tarik dan regangan rata-rata hasil pengujian tarik	76
Tabel 4.10 Data hasil pengamatan uji kekerasan vickers	85
Tabel 4.11 Nilai kekerasan spesimen tanpa las	86
Tabel 4.12 Nilai kekerasan spesimen dengan dilas	87
Tabel 4.13 Perbandingan nilai kekerasan untuk spesimen tanpa dan yang dilas	88
Tabel 4.14 Data hasil pengujian impak	94
Tabel 4.15 Nilai pukul takik untuk spesimen tanpa las	95



Pengaruh Perlakuan Panas (Pre-Postheating) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Pengelasan Besi Cor

Tabel 4.16 Kelabu

Firman Nugraha, Dr. Ir. Viktor Mulu, DEA. Pengaruh perlakuan panas .. 95

UNIVERSITAS
GAJAH MADA

Tabel 4.17

Nilai pukul takik untuk spesimen dilas dengan preheating 95

Tabel 4.18 Nilai pukul takik untuk spesimen dilas dengan stress relieving . 95

Tabel 4.19 Nilai pukul takik untuk spesimen dilas dengan full annealing ... 96

Tabel 4.20 Nilai impak charpy pada variabel pengelasan hasil pengujian
impak 97

DAFTAR NOTASI

Satuan

a	= Lebar penampang spesimen	(mm)
b	= Tinggi penampang spesimen	(mm)
A	= Luas penampang spesimen	(mm ²)
d	= Panjang diagonal bekas injakan penetrator	(mm)
F	= Gaya tarik	(Kg)
FA	= Full Annealing	
F_b	= Beban mesin uji	(Kg)
HV	= Satuan vickers hardness	
HAZ	= Heat Affected Zone/daerah terpengaruh panas	
K	= Nilai impak charpy	Joule/mm ²)
L	= Panjang mula-mula bahan	(mm)
LL	= Logam Las	
LD	= Logam Dasar	
NH	= Non Heating/tanpa perlakuan panas	
P	= Besar gaya tarik uji tarik	(%)
PR	= Preheating	
SR	= Stress Relieving	
W	= Energi yang diserap pada mesin uji impak charpy	(Joule)
α	= Sudut sebelum ayunan pemukul uji impak	(°)
β	= Sudut sesudah ayunan pemukul uji impak	(°)
σ_t	= Tegangan tarik bahan	(Kg/mm ²)
ΔL	= Pertambahan panjang bahan	(mm)
ε	= Regangan (ΔL/L)	

	<i>Halaman</i>
LAMPIRAN A : Ukuran spesimen–spesimen dan jig (alat bantu)	123
LAMPIRAN B : Alat-alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian .	128
LAMPIRAN C : Tabel komposisi kimia besi cor kelabu FC 25	132
LAMPIRAN D : Kurva gaya vs pertambahan panjang hasil prin out dari dari mesin uji tarik servopulser	133
LAMPIRAN E : Daftar suhu preheating yang disarankan sebelum pengelasan untuk berbagai macam material	139
LAMPIRAN F : Diagram pembagian proses pengelasan	141
LAMPIRAN G : Kawat tembaga (Cu) 120 μ m, pada perbesaran 100x tebal 16,5 mm pada foto 3R.	142
LAMPIRAN H : Nilai konversi kekerasan	143
LAMPIRAN I : Komposisi kimia jenis-jenis elektroda	145
LAMPIRAN J : Contoh-contoh aplikasi pengelasan besi cor	146