

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB 3 LANDASAN TEORI	8
3.1 Baja Karbon	8
3.2 Baja Paduan Rendah Kekuatan Tinggi (HSLA)	9
3.3 Pengaruh Unsur Paduan HSLA	11
3.4 Karbon Ekuivalen	15
3.5 Struktur Mikro Baja	17
3.3.1 Diagram Fasa Baja Karbon (Fe-C)	19
3.3.2 Perubahan Fasa Baja Karbon	20
3.3.3 Ferit atau Besi Alpha (α -Fe)	20
3.3.4 Austenit atau Besi <i>Gamma</i> (γ -Fe)	21
3.3.5 Besi Karbida atau Sementit (<i>Cementite</i>)	21
3.3.6 Perlit (<i>Pearlite</i>)	22
3.3.7 Martensit	23
3.6 Diagram TTT Baja Karbon	23
3.7 CCT Diagram	26
3.8 Pengelasan	27
3.9 <i>Hot Tapping</i>	28

3.10	Pengelasan <i>In-service</i>	29
3.11	Kontrol Terhadap Retak Hidrogen	30
3.12	Penanganan Elektroda Hidrogen Rendah	34
3.13	Kontrol Terhadap <i>Burnthrough</i>	36
3.14	Laju Pendinginan $t_{8/5}$	37
3.15	Pengelasan <i>Temper Bead</i>	39
3.16	Pemodelan Analisa Termal	41
3.17	Pendekatan Analisis <i>Thermal Battelle Institute</i>	42
3.18	Pendekatan Analisis <i>Thermal Pipeline Research Institute (PRCI)</i>	42
3.19	Pendekatan Eksperimen	42
	BAB METODOLOGI DAN JADWAL PENELITIAN	44
4.1	Metodologi Penelitian	44
4.2	Studi Literatur	45
4.3	Pengumpulan Data	45
4.4	Perancangan Parameter Prosedur Pengelasan	45
4.5	Data Umum	45
4.5.1	Detail sambungan	46
4.5.2	Material	46
4.5.3	Material Pengisi Lasan (Elektroda)	46
4.5.4	Arah Deposit Pengelasan	46
4.5.5	Karakter Elektrik	47
4.5.6	Teknik Pengelasan	48
4.5.7	Kecepatan Pengelasan dan <i>Heat Input</i>	48
4.6	Penentuan Parameter Operasi	48
4.7	Pemodelan Dengan Perangkat lunak PRCI	49
4.8	Eksperimental	49
4.9	Pengujian Tidak Merusak (<i>Non Destructive Testing</i>)	52
4.10	Pengujian Tarik	52
4.11	Pengujian Lengkung (<i>Bend Test</i>)	54
4.12	Pengujian <i>Nick Break</i>	56
4.13	Pengujian Makrografi	58
4.14	Pengujian Kekerasan	58
4.15	Pengamatan Struktur Mikro	59
4.16	Penetapan Parameter Akhir	60

4.17	Jadwal Penelitian	60
BAB 5 PEMBAHASAN		61
5.1	Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Material	61
5.2	Kekuatan Tarik Material <i>API 5L Grade X52</i>	62
5.3	Penentuan Laju Aliran Eksperimen	62
5.4	Penentuan Parameter Pengelasan Awal	63
5.5	Pelaksanaan Eksperimen	65
5.6	Hasil Uji Tidak Merusak <i>Magnetic Particle Testing</i>	66
5.7	Hasil Uji Tarik Eksperimen	66
5.8	Hasil Uji <i>Nick Break</i> Eksperimen	68
5.9	Hasil Uji Tekuk Permukaan Lasan Bagian <i>Sleeve</i>	69
5.10	Hasil Uji Makro	70
5.11	Hasil Uji Kekerasan	71
5.12	Hasil Pengamatan Struktur Mikro	75
BAB 6 KESIMPULAN & SARAN		79
6.1	Kesimpulan	79
6.2	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA		80
DAFTAR LAMPIRAN		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>In-service Welding</i>	2
Gambar 3.1 Diagram Fasa Fe-C	19
Gambar 3.2 Struktur mikro baja atau besi pada fasa ferit	20
Gambar 3.3 Struktur mikro baja atau besi pada fasa austenit	21
Gambar 3.4 Struktur mikro baja atau besi pada fasa sementit	22
Gambar 3.5 Struktur mikro besi pada fasa perlit	22
Gambar 3.6 Struktur mikro besi pada fasa martensit	23
Gambar 3.7 Diagram TTT Baja Karbon	25
Gambar 3.8 Diagram CCT Baja Karbon	26
Gambar 3.9 Ilustrasi Proses <i>Hot Tapping</i>	30
Gambar 3.10 Retak Hidrogen	32
Gambar 3.11 Faktor Retak Hidrogen	33
Gambar 3.12 (a) <i>Bulging</i> dan (b) <i>Burnthrough</i>	36
Gambar 3.13 Hubungan parameter pengelasan dan <i>burnthrough</i>	37
Gambar 3.14 HAZ Pengelasan	39
Gambar 3.15 HAZ Pengelasan <i>Temper Bead</i>	40
Gambar 4.1 Metodologi Penelitian	44
Gambar 4.2 Skema Eksperimen	51
Gambar 4.3 <i>Magnetic Particle Inspection</i>	52
Gambar 4.4 Spesimen Uji Tarik	54
Gambar 4.5 Spesimen Uji Lengkung	56
Gambar 4.6 Spesimen Pengujian <i>Nick Break</i>	57
Gambar 4.7 Spesimen Uji Makrografi	58
Gambar 4.8 Spesimen Uji Kekerasan	58
Gambar 5.1 Eksperimen Pengelasan	65

Gambar 5.2 Urutan <i>Temper Bead Welding</i>	65
Gambar 5.3 Hasil Uji Tidak Merusak <i>Magnetic Particle</i>	66
Gambar 5.4 Hasil Spesimen Uji Tarik Pengelasan	67
Gambar 5.5 Hasil Spesimen Pengujian <i>Nick Break</i>	68
Gambar 5.6 Hasil Uji Lengkung Permukaan	69
Gambar 5.7 Hasil Uji Spesimen Makro	70
Gambar 5.8 Lokasi Uji Kekerasan	71
Gambar 5.9 Grafik Uji Spesimen Kekerasan	73
Gambar 5.10 Struktur Mikro Daerah Las	77
Gambar 5.11 Struktur Mikro Daerah HAZ	78
Gambar 5.12 Struktur Mikro Daerah <i>Base Metal</i>	78

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Pipa <i>API 5L Grade X52</i>	47
Table 4.2 Sifat Mekanis Material Pipa <i>API 5L Grade X52</i>	47
Tabel 4.3 Parameter Aktual Operasi	49
Tabel 4.4 Komposisi Kimia Elektroda ER70S-6 & E7018	50
Tabel 4.5 Sifat Mekanis Elektroda ER70S-6 & E7018	50
Table 4.6 Jadwal Penelitian	60
Table 5.1 Hasil Uji Komposisi Kimia	61
Tabel 5.2 Hasil Uji Tarik pipa <i>API 5L X52</i>	62
Tabel 5.3 Penentuan Laju Aliran Eksperimen	63
Tabel 5.4 Simulasi <i>Heat Input</i> Rendah	64
Table 5.5 Simulasi <i>Heat Input</i> Tinggi	64
Table 5.6 Simulasi <i>Heat Input Temper Bead</i>	64
Tabel 5.7 Hasil Uji Tarik Spesimen Pengelasan	67
Tabel 5.8 Hasil Uji <i>Nick Break</i>	68
Tabel 5.9 Hasil Uji Tekuk Permukaan Lasan	69
Table 5.10 Nilai Uji Kekerasan	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Uji Komposisi Material <i>API 5L Grade X52</i>	82
Lampiran 2 Data Hasil Uji Tarik Material <i>API 5L Grade X52</i>	83
Lampiran 3 Data Hasil Uji <i>Magnetic Particle</i>	84
Lampiran 4 Data Hasil Uji Tarik Material Spesimen Pengelasan	85
Lampiran 5 Data Hasil Uji <i>Nick Break</i>	86
Lampiran 6 Data Hasil Uji Tekuk Permukaan Las	87
Lampiran 7 Data Hasil Uji Kekerasan Pengelasan	88
Lampiran 8 Data Hasil Pengamatan Mikrostruktur <i>Base Metal</i>	89
Lampiran 9 Data Hasil Pengamatan Mikrostruktur HAZ	90
Lampiran 10 Data Hasil Pengamatan Mikrostruktur <i>Weld Metal</i>	91