

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
INTISARI	xi
ABSTRACT	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Umum Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
LANDASAN TEORI	8
3.1 Teknik Perbaikan pada Pipa	8
3.2 Material Pipa	10
3.2.1 Klasifikasi Baja Karbon	10
3.2.2 Baja Kekuatan Tinggi Paduan Rendah	13
3.2.3 Diagram Fasa Fe-C	13
3.2.4 Diagram TTT dan CCT	17
3.2.5 Sifat Mekanis Baja	20
3.3 Pengelasan FCAW	21
3.3.1 Prinsip Kerja FCAW	21
3.3.2 Mikrostruktur pada Las	23
3.3.3 Mikrostruktur pada HAZ	24
3.3.4 Prediksi Nilai Kekerasan HAZ	26
3.3.5 Hydrogen Induced Cracking	27

3.4 Analisis Tegangan pada Pipa	28
3.4.1 Tegangan Akibat Tekanan Internal Fluida	29
3.5 Perpindahan Panas pada Proses Pengelasan	30
3.5.1 Perpindahan Panas	30
3.5.2 Heat Input	30
3.5.3 <i>Heat Flux</i>	34
3.5.4 Disipasi Panas Pengelasan ke Lingkungan Sekitar	37
3.5.5 Konduksi Panas pada Proses Pengelasan	38
3.5.6 Aliran Fluida di dalam Pipa	39
METODOLOGI PENELITIAN	42
4.1 Metode dan Alur Penelitian	42
4.2 Karakterisasi Material	44
4.2.1 Uji Tarik Pipa	44
4.2.2 Uji Komposisi Material Pipa	46
4.2.3 Uji Struktur Mikro	46
4.3 Konfigurasi Rig Percobaan	48
4.4 Eksperimen	48
4.5 Uji Kekerasan	51
HASIL DAN PEMBAHASAN	52
5.1 Karakterisasi Material Induk	52
5.1.1 Pengujian Komposisi Kimia	52
5.1.2 Pengujian Tarik	53
5.1.3 Komposisi Elektroda	54
5.2 Struktur Makro dan Mikro Pengelasan	54
5.3 Laju Pendinginan	57
5.3.1 Perhitungan <i>Heat Input</i>	57
5.3.2 Laju Pendinginan dan Kekerasan	58
PENUTUP	64
6.1 Kesimpulan	64
6.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Terjadinya Burn-through	5
Gambar 3.1	Perbaikan Pipe-on-Pipe/Sleeve Type A	8
Gambar 3.2	Perbaikan Pipe-on-Pipe/Sleeve Type B	9
Gambar 3.3	Ilustrasi Direct Deposition Welding	9
Gambar 3.4	Ilustrasi Patching	10
Gambar 3.5	Klasifikasi Baja Karbon	12
Gambar 3.6	Diagram Fasa Fe-C	14
Gambar 3.7	Penampakan Pearlite yang Berbentuk Lamellar	16
Gambar 3.8	Penampakan Bainite	16
Gambar 3.9	Penampakan Martensite di Bawah Mikroskop	17
Gambar 3.10	TTT Diagram Fe-C	18
Gambar 3.11	CCT Diagram untuk Baja 0.35%C-0.37%Mn-Ni	19
Gambar 3.12	Diagram Blok Alat Las FCAW	23
Gambar 3.13	Hubungan Antara Suhu, Jarak ke Las, dan Diagram Fase Fe-C	25
Gambar 3.14	Tegangan pada Pipa Akibat Tekanan Internal	30
Gambar 3.15	Ilustrasi Pengujian Perhitungan Efisiensi Termal pada Pengelasan dengan Kalorimeter	32
Gambar 3.16	Efisiensi Termal untuk Berbagai Macam Metode Pengelasan	33
Gambar 3.17	Sumber Panas yang Bergerak pada Bidang Kerja	35
Gambar 3.18	Goldak Double Ellipsoidal Heat Source	35
Gambar 4.1	Spesimen Uji Bilah Memanjang (A) dan Melingkar (B)	44
Gambar 4.2	Notasi Spesimen Uji Bilah Memanjang	45
Gambar 4.3	Notasi Spesimen Uji Bilah Melingkar	45
Gambar 4.4	Diagram Engineering Stress-Strain	46
Gambar 4.5	Diagram Proses Rig Percobaan	48
Gambar 4.6	Lokasi Pengukuran Suhu Dinding Pipa dengan Thermocouple	50
Gambar 4.7	Titik Pengambilan Kekerasan	51
Gambar 5.1	Hasil Lasan pada Aliran Fluida 5 liter/menit dan Kecepatan 10 mm/s (A), 6 mm/s (B), 4 mm/s (C), dan 1 mm/s (D)	55
Gambar 5.2	Mikrostruktur Hasil Pengelasan pada Area Las (A), Batas Las-HAZ (B), dan Batas HAZ-Logam Induk	56
Gambar 5.3	Laju Pendinginan dengan Laju Aliran Fluida 5 liter/menit pada Variasi Kecepatan Pengelasan	59
Gambar 5.4	Laju Pendinginan dengan Laju Aliran Fluida 10 liter/menit pada Variasi Kecepatan Pengelasan	60
Gambar 5.5	Kekerasan pada Las, CGHAZ, dan FGHAZ	60
Gambar 5.6	Hubungan Kecepatan Las dan Kekerasan pada Las, CGHAZ, dan FGHAZ	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Nilai Efisiensi Termal untuk Berbagai Proses Welding	33
Tabel 4.1	Ukuran Spesimen Uji Bilah Memanjang	45
Tabel 4.2	Parameter Pengelasan dan Fluida	49
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Komposisi Material Logam Induk	52
Tabel 5.2	Perhitungan Kekuatan Luluh dan Patah Material	53
Tabel 5.3	Referensi Acuan Kekuatan Material API 5L Grade B	54
Tabel 5.4	Referensi Acuan Komposisi Elektroda E71T-11	54
Tabel 5.5	Perhitungan Heat Input Pengelasan	58
Tabel 5.6	Nilai Kekerasan untuk Pengelasan dengan Laju Alir Fluida 5 L/menit	61