

# **SKRIPSI**

**PENGUJIAN PROSEDUR KUALIFIKASI REPARASI PENGELOASAN  
DALAM PROSES PEMBUATAN PIPA *SPIRAL* DIAMETER 24”  
DENGAN MATERIAL X65 KETEBALAN 12,7 MILIMETER  
UNTUK *PIPELINE* GAS BOJONEGARA-SERPONG  
DI PT BUMI KAYA STEEL INDUSTRIES  
BERDASARKAN API 5L DAN ASME *SECTION IX***



**Disusun Oleh :**

**LUKITO**

**41308120012**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2010**

# **SKRIPSI**

**Pengujian Prosedur Kualifikasi Reparasi Pengelasan**

**dalam Proses Pembuatan Pipa *Spiral Diameter 24"***

**dengan Material X65 Ketebalan 12,7 milimeter untuk *Pipeline Gas***

**Bojonegara-Serpong di PT Bumi Kaya Steel Industries**

**Berdasarkan API 5L dan ASME *Section IX***



**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Memperoleh**

**Gelar Sarjana Teknik Mesin**

**Jenjang Pendidikan Strata I (S1)**

**Disusun Oleh :**

**LUKITO**

**41308120012**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS MERCUBUANA  
JAKARTA  
2010**

## LEMBAR PENGESAHAN

**“PENGUJIAN PROSEDUR KUALIFIKASI REPARASI PENGELASAN  
DALAM PROSES PEMBUATAN PIPA *SPIRAL DIAMETER 24*”  
DENGAN MATERIAL X65 KETEBALAN 12,7 MILIMETER  
UNTUK *PIPELINE* GAS BOJONEGARA-SERPONG  
DI PT BUMI KAYA STEEL INDUSTRIES  
BERDASARKAN API 5L DAN ASME *SECTION IX*”**



Disusun Oleh:

Nama : Lukito  
NIM : 41308120012  
Jurusan : Teknik Mesin

**Disetujui dan Diterima Oleh :**

Pembimbing

Ir. Ariosuko DH. MT

Mengetahui,  
Koordinator TA/KaProdi

Dr. Ir. Abdul Hamid M. Eng

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Lukito**

NIM : 41308120012

Jurusan : Teknik Mesin.

Fakultas : Teknologi Industri, Universitas Mercu Buana.

Judul Tugas Akhir :

**“PENGUJIAN PROSEDUR KUALIFIKASI REPARASI PENGELASAN  
DALAM PROSES PEMBUATAN PIPA *SPIRAL* DIAMETER 24”  
DENGAN MATERIAL X65 KETEBALAN 12,7 MILIMETER  
UNTUK *PIPELINE* GAS BOJONEGARA-SERPONG  
DI PT BUMI KAYA STEEL INDUSTRIES  
BERDASARKAN API 5L DAN ASME *SECTION IX*”**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri bukan salinan atau dari orang lain, kecuali pada bagian yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, Oktober 2010

**(Lukito)**

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,*

*Bismillaahirrohmaanirrohim.*

Puji syukur saya sembahkan kehadiran Allah SWT, yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta kesempatan yang baik dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“PENGUJIAN PROSEDUR KUALIFIKASI REPARASI PENGELASAN DALAM PROSES PEMBUATAN PIPA SPIRAL DIAMETER 24” DENGAN MATERIAL X65 KETEBALAN 12,7 MILIMETER UNTUK PIPELINE GAS BOJONEGARA-SERPONG DI PT BUMI KAYA STEEL INDUSTRIES BERDASARKAN API 5L DAN ASME SECTION IX”** yang merupakan salah satu syarat menempuh ujian akhir kesarjanaaan di jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mercu Buana.

Keberhasilan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ario Suko, DH. MT. selaku pembimbing Tugas Akhir
2. Bapak Dr. Ir. Abdul Hamid M. Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana.
3. Ir. Nanang Ruhyat, MT selaku koordinator sidang sarjana jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

4. Seluruh staf pengajar dan karyawan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana yang telah memberikan bantuan dalam berbagai hal.
5. Ibu, Kakak, dan Keluarga yang tetap mendukung penulis baik dari segi moril maupun spiritual dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Pimpinan dan Staff PT Bumi Kaya Steel Industries dan PT Krakatau Heavy Industries
7. Teman-teman teknik mesin 2008: Andi M Rahman, Teguh Saputra, Ferry Kristanto, Taufik Rahim serta teman-teman lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan ini, oleh karena itu segala saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan ikhlas.

Akhirul kalam, semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Mesin.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Jakarta, Oktober 2010

Penulis

## ABSTRAK

Dalam proses fabrikasi pipa spiral di PT BKSI, masalah reparasi dalam proses pengelasan sering terjadi yang membutuhkan acuan suatu prosedur kualifikasi reparasi pengelasan (*WPS repair*). Prosedur kualifikasi reparasi pengelasan adalah prosedur yang digunakan sebagai acuan untuk melaksanakan proses reparasi pengelasan yang meliputi rancangan rinci dari teknik reparasi pengelasan yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Standard mutu yang digunakan untuk pengujian prosedur reparasi pengelasan menggunakan API 5L dan parameter-parameter lasnya menggunakan ASME *section IX*.

Proses yang akan divalidasi tersebut dituangkan dalam sebuah *WPS repair* yang didesain dan mengandung parameter-parameter yang ditetapkan dan harus diikuti oleh juru las saat proses reparasi pengelasan. Ketetapan parameter-parameter yang dinyatakan dalam *WPS repair* tersebut diujicobakan di atas sampel, kemudian dilakukan pengujian, inspeksi dan diverifikasi berdasarkan hasil pengelasan yang menggunakan batasan-batasan dan parameter rencana *WPS repair*. Material uji yang digunakan sama dengan material pipa yang digunakan yaitu pipa spiral *grade X65* dengan tebal 12,7 mm dengan proses reparasi pengelasan menggunakan *shielded metal arc welding (smaw)*.

Hasil pengujian yang merupakan dokumen pendukung *WPS repair* di PT Bumi Kaya Steel Industri dengan nilai tensile benda uji pertama sebesar 580,68 MPa dan benda uji kedua sebesar 581,53 MPa masuk dalam kriteria penerimaan diantara 448 MPa dan 758 MPa sesuai dengan standard yang dipersyaratkan dalam API 5L.

Dari hasil pengujian di atas, prosedur reparasi pengelasan yang digunakan dengan material yang akan dipakai sudah teruji baik dalam hal design maupun kekuatannya sehingga sudah bisa digunakan dalam reparasi pengelasan untuk proses fabrikasi pipa spiral di PT BKSI.

Kata kunci : *WPS repair*, API 5L, ASME *section IX*, *shielded metal arc welding (smaw)*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Batasan Masalah .....	I-3
1.4 Tujuan Penulisan .....	I-3
1.5 Metode Penulisan .....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan .....	I-4
<b>BAB II</b>	
<b>DASAR TEORI</b>	
2.1 Pengujian yang dilakukan pada Prosedur Kualifikasi Pengelasan berdasarkan API <i>specification 5L</i> .....	II-1
2.1.1. Pengujian merusak .....	II-1
2.1.2. Pengujian tidak merusak .....	II-2
2.2 Teori dasar pengelasan .....	II-3
2.2.1. Las listrik busur terpendam ( <i>automatic submerged arc</i> ) .....	II-3
2.2.2. Las listrik gas metal ( <i>automatic / semi-automatic gas metal arc</i> )..	II-5
2.2.3. Las busur listrik ( <i>manual shielded metal arc</i> ) .....	II-8
2.3 Prosedur Kualifikasi Pengelasan berdasarkan ASME <i>section</i> .....	II-8



2.4	Jenis-Jenis Kesalahan Las dan Penyebabnya .....	II-8
2.4.1.	Kesalahan yang <i>supervisial</i> .....	II-9
2.4.2.	Kesalahan yang tidak dapat dilihat dengan mata ( <i>Internal Deffect</i> )	II-15

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

3.1	Metode Pengumpulan Data .....	III-1
3.1.1	Menyusun draft prosedur kualifikasi reparasi pengelasan .....	III-2
3.1.1.1.	<i>Welding Process</i> (Proses Pengelasan) .....	III-2
3.1.1.2.	<i>Joints</i> (QW-402) .....	III-2
3.1.1.3.	<i>Base metals</i> (QW-403) .....	III-2
3.1.1.4.	<i>Filler metals</i> (QW-404) .....	III-2
3.1.1.5.	<i>Position</i> (QW-405) .....	III-3
3.1.1.6.	<i>Preheat</i> (QW-406) .....	III-3
3.1.1.7.	<i>Post weld heat treatment</i> (QW-407) .....	III-3
3.1.1.8.	<i>Gas</i> (QW-408) .....	III-3
3.1.1.9.	<i>Electrical characteristic</i> (QW-409) .....	III-3
3.1.1.10.	Teknik Pengelasan (QW-410) .....	III-3
3.1.2	Persiapan .....	III-4
3.1.3	Pengelasan sesuai draft prosedur .....	III-6
3.1.4	Inspeksi Visual dan NDT .....	III-7
3.1.5	Pembuatan Spesimen Benda Uji .....	III-14
3.1.5.1.	Spesimen Pengujian <i>Transverse Tensile</i> .....	III-15
3.1.5.2.	Spesimen Pengujian <i>Transverse Guided Bend</i> .....	III-18
3.1.5.3.	Spesimen Pengujian <i>Nick Break Test</i> .....	III-22

### **BAB IV**

#### **ANALISA HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Pengujian Tidak Merusak .....	IV-1
4.1.1.	Hasil Pengujian <i>Dye Penetrant</i> .....	IV-1
4.1.2.	Pengujian <i>Ultrasonic off line manual</i> .....	IV-2
4.1.3.	Hasil Pengujian Radiografi .....	IV-2
4.2	Hasil Pengujian merusak .....	IV-3
4.2.1.	Hasil Pengujian <i>Tensile</i> (Tarik) .....	IV-3

4.2.2. Hasil Pengujian <i>bending</i> .....	IV-4
4.3.3. Hasil Pengujian <i>Nick Break</i> .....	IV-5

## **BAB V**

### **PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-2

### **DAFTAR ACUAN**

### **DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN 1 *Welding Procedure Specification***

**LAMPIRAN 2 *Procedure Qualification Record***

**LAMPIRAN 3 *Test Report***

**LAMPIRAN 4 *Sertifikat Juru Las***

**LAMPIRAN 5 *Welder Performance Qualifications***

**LAMPIRAN 6 *Maufacturing Procedure Specification (MPS) Hal 15***

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Variabel las untuk las SMAW .....	II-8
Tabel 3.1. Kriteria Penerimaan Hasil Test <i>Ultrasonic</i> .....	III-9
Tabel 3.2. Dimensi <i>Jig guided bend</i> .....	III-20
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Radiografi .....	IV-3
Tabel 4.2. Hasil Pengujian <i>Tensile</i> .....	IV-4

**DAFTAR RUMUS**

1. Perhitungan Tegangan Tarik .....	III-17
-------------------------------------	--------

**DAFTAR GRAFIK**

Grafik 3.1. Kurva Tegangan Tarik ..... III-18

Grafik 4.1. Hasil Pengujian *Tensile* ..... IV-4

**DAFTAR NOTASI (SI)**

<u>SIMBOL</u>	<u>KETERANGAN</u>	<u>SATUAN</u>
A	: Luasan Benda Uji	(mm <sup>2</sup> )
F	: Beban	(N)
$\sigma$	: Tegangan Stress	(N/mm <sup>2</sup> )

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema proses las listrik busur terpendam .....	II-2
Gambar 2.2. Skema pengelasan GMAW .....	II-4
Gambar 2.3. Mesin las GMAW otomatis .....	II-4
Gambar 2.4. Proses pengelasan SMAW .....	II-5
Gambar 2.5. <i>Undercutting</i> .....	II-9
Gambar 2.6. <i>Weaving fault</i> .....	II-9
Gambar 2.7. <i>Surface porosity</i> .....	II-10
Gambar 2.8. <i>Fault of electrode change</i> .....	II-10
Gambar 2.9. <i>Weld spatter</i> .....	II-10
Gambar 2.10. Alur las terlalu tinggi .....	II-11
Gambar 2.11. Alur las terlalu lebar .....	II-11
Gambar 2.12. Alur las tidak beraturan .....	II-11
Gambar 2.13. Alur las terlalu tipis .....	II-12
Gambar 2.14. Retak <i>longitudinal</i> permukaan .....	II-12
Gambar 2.15. Retak <i>transversal</i> .....	II-13
Gambar 2.16. Dasar <i>concave</i> .....	II-13
Gambar 2.17. Dasar berlubang-lubang .....	II-13
Gambar 2.18. Dasar berjanggut .....	II-14
Gambar 2.19. <i>Incomplete penetration</i> .....	II-14
Gambar 2.20. <i>High low</i> .....	II-14
Gambar 2.21. Retak kaki burung .....	II-15
Gambar 2.22. <i>Slag inclusion</i> .....	II-15
Gambar 2.23. <i>Slag line</i> .....	II-16
Gambar 2.24. <i>Internal longitudinal crack</i> .....	II-16
Gambar 2.25. <i>Transverse crack</i> .....	II-17
Gambar 2.26. <i>Incomplete penetration</i> .....	II-17
Gambar 2.27. <i>Incomplete fusion</i> .....	II-18
Gambar 2.28. <i>Internal porosity</i> .....	II-18
Gambar 2.29. <i>Blow hole</i> .....	II-18
Gambar 2.30. <i>Root concaving</i> .....	II-19
Gambar 2.31. <i>Worm hole</i> .....	II-19

Gambar 2.32. <i>Fault of junction</i> .....	II-32
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian .....	III-2
Gambar 3.2. <i>Groove design of test coupon</i> .....	III-2
Gambar 3.3. Posisi Las 1G .....	III-3
Gambar 3.4. Bahan .....	III-4
Gambar 3.5. Pembersihan Sambungan Las Menggunakan Gerinda .....	III-6
Gambar 3.6. Proser Reparasi Pengelasan .....	III-7
Gambar 3.7. <i>Sprayer Penetrant</i> .....	III-8
Gambar 3.8. Pendeteksian Cacat Menggunakan <i>Probe Manual Ultrasonic</i> .....	III-8
Gambar 3.9. Alat Pengujian <i>Manual Ultrasonic</i> .....	III-9
Gambar 3.10. Lokasi Pengujian <i>Manual Ultrasonic</i> .....	III-9
Gambar 3.11. Tempat Film Radiografi .....	III-10
Gambar 3.12. Tempat Penyimpanan Isotop – IR 192 .....	III-9
Gambar 3.13. Lokasi Pengujian Radiografi .....	III-11
Gambar 3.14. <i>Shooter</i> Radiografi .....	III-11
Gambar 3.15. Pencucian Film Radiografi .....	III-12
Gambar 3.16. Pengeringan Film .....	III-12
Gambar 3.17. Film Hasil Pengujian Radiografi .....	III-12
Gambar 3.18. Maksimum pola distribusi indikasi slug inclusion dan kantung Gas (porosity) .....	III-13
Gambar 3.19. Maksimum pola distribusi indikasi slug inclusion memanjang ....	III-13
Gambar 3.20. Gambar Spesimen Pengujian Merusak .....	III-14
Gambar 3.21. Pemotongan Spesimen Menggunakan <i>Cutting Torch</i> .....	III-14
Gambar 3.22. Pengepresan Spesimen Uji Merusak .....	III-15
Gambar 3.23. Spesimen Pengujian <i>Transverse Tensile</i> .....	III-15
Gambar 3.24. Pembentukan Spesimen Uji Menggunakan Mesin Sekrap .....	III-16
Gambar 3.25. Spesimen Uji <i>Tensile</i> .....	III-16
Gambar 3.26. Gambar Mesin Uji Tarik .....	III-17
Gambar 3.27. Spesimen Pengujian <i>Guided Bend</i> .....	III-19
Gambar 3.28. Alat Pengujian <i>Jig Bend</i> .....	III-19
Gambar 3.29. Roller Untuk Pengujian <i>Bending</i> .....	III-20
Gambar 3.30. Spesimen Pengujian <i>Bending</i> .....	III-21
Gambar 3.31. Pengujian <i>Bending</i> .....	III-21
Gambar 3.32. Spesimen Pengujian <i>Nick Break</i> .....	III-22



Gambar 3.33. Spesimen <i>Nick Break</i> .....	III-22
Gambar 3.34. Pengujian <i>Nick Break</i> .....	III-23
Gambar 4.1. Hasil Pengujian <i>Dye Penetrant</i> .....	IV-1
Gambar 4.2. Hasil Pembacaan Monitor Alat Ultrasonic .....	IV-2
Gambar 4.3. Film Radiografi Hasil Pengujian .....	IV-2
Gambar 4.4. Spesimen Hasil Pengujian <i>Tensile</i> .....	IV-3
Gambar 4.5. Hasil Pengujian <i>Bending</i> .....	IV-4
Gambar 4.6. Hasil Pengujian <i>Nick Break</i> .....	IV-5