

TUGAS SARJANA

**ANALISIS KEKUATAN LULUH MINIMUM DITINJAU DARI STRUKTUR
BUTIRAN LOGAM DASAR-HAZ-LOGAM LAS SAMBUNGAN PIPA GAS**



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu
(S-1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh:

M. ANDREW LAZUARDI

L2E 604 220

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama: M. Andrew Lazuardi
Nim : L2E 604 220

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Yurianto, MT
2. Ir. Sumar Hadi Suryo

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

Judul : Analisis Kekuatan Luluh Minimum Ditinjau Dari Struktur Butiran Logam Dasar-Haz-Logam Las Sambungan Pipa Gas

Isi Tugas

- Memahami struktur butiran pada sambung las.
- Memahami kekuatan luluh sambungan las.
- Mengamati fenomena yang terjadi pada daerah logam las, HAZ, logam dasar.
- Melakukan pengujian :
 - Uji metalografi
 - Uji tarik
 - Uji komposisi kimia
 - Uji kekerasan
- Menghubungkan hasil uji metalografi, uji tarik, uji komposisi kimia, uji kekerasan logam dasar, HAZ dan logam las dengan kekuatan luluh.

Dosen Pembimbing I



Ir. Yurianto, MT
NIP. 131 602 693

Dosen Pembimbing II



Ir. Sumar Hadi Suryo
NIP. 131 602 695

PENGESAHAN

Tugas sarjana dengan judul “**Analisis Kekuatan Luluh Minimum Ditinjau Dari Struktur Butiran Logam Dasar-Haz-Logam Las Sambungan Pipa Gas**” telah

disetujui :
Hari : Rabu
Tanggal : 30 Desember 2009
Nilai : **B**

Menyetujui:

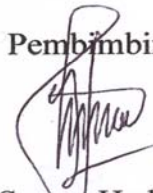
Pembimbing I



Ir. Yurianto, MT

NIP. 131 602 693

Pembimbing II

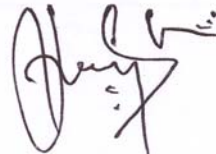


Ir. Sumar Hadi Suryo.

NIP. 131 602 695

Mengetahui,

Koordinator Tugas Sarjana



MSK. Tony Suryo U, ST, MT

NIP. 132 231 137

ABSTRACT

The need of piping gas in crude oil and gas industry is required in the perfect quality of its piping gas mechanical strength. This thing has supported the piping industries to be able to provide qualified pipes which ready for nature phenomenon happened such as earthquake, liking. To meet the need of challanges, the pipe product of API 5L X52 series is expected to reduce the lose in gas and crude oil industry.

Research that has been done to identify the quality of API 5L X52 pipes, is by finding out their manufacturing and metalurgy process. Researching through center weld and base metal are also expected to figure out the quality of Grain Size that influence the power of yield strength and piping qualities, thus they can produce pipes that meet the need of API standard.

Keyword : *Grain Size, API 5L X5, center weld, base metal, yield strength*

ABSTRAK

Kebutuhan pipa gas dalam perindustrian minyak bumi dan gas sangat dibutuhkan dalam kualitas yang sempurna pada kekuatan mekanis pipa gas, hal ini mendorong industri perpipaan untuk menyediakan pipa yang berkualitas terhadap fenomena alam yang sering terjadi akibat gempa bumi, kebocoran, dll. Untuk memenuhi tantangan tersebut, membuat produk pipa terbaru dengan seri API 5L X52, diharapkan akan mengurangi terjadinya kerugian pada industri minyak bumi dan gas.

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas pipa API 5L X52, yaitu dengan mengetahui proses pembuatan dan metalurgi pipa API 5L X52. Melalui penelitian pada logam las dan logam dasar diharapkan dapat mengetahui kualitas struktur butir yang sangat mempengaruhi kekuatan luluh minimum dan kualitas pipa, sehingga dapat menghasilkan pipa yang sesuai dengan standart API.

Kata kunci : struktur butir, API 5L X52, logam las, logam dasar, kekuatan luluh

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk :
“Kedua orang tuaku Bapak Syafnier B dan Ibu Siti Syamsiah ”

MOTTO

Bagian terpenting dari dirimu adalah bagian terdalam dari jati dirimu

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas sarjana ini. Tugas sarjana yang berjudul “Analisis Kekuatan Luluh Minimum Ditinjau Dari Struktur Butiran Logam Dasar-Haz-Logam Las Sambungan Pipa Gas” ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan tingkat Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada Ir. Yurianto, MT selaku dosen pembimbing I, Ir. Sumar Hadi Suryo selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, dan pengarahan-pengarahan dalam menyusun tugas sarjana ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu.

Dengan penuh kerendahan hati, penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki sehingga tentu saja laporan tugas sarjana ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Akhir kata semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap bidang *engineering*.

Semarang, 30 Desember 2009

Penulis

PERNYATAAN

Dengan ini saya selaku penulis menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Kekuatan Luluh Minimum Ditinjau Dari Struktur Butiran Logam Dasar-HAZ-Logam Las Sambungan Pipa Gas**” belum pernah diajukan untuk memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu Teknik Mesin di suatu Perguruan Tinggi diluar Universitas Diponegoro.

Sepanjang pengetahuan penulis tidak terdapat karya atau penulis lain, kecuali yang pernah di tulis seperti yang tercantum pada Daftar Pustaka dalam Tugas Akhir ini.

Semarang, 30 Desember 2009

Penulis

M. Andrew Lazuardi

L2E 604 220

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TUGAS SARJANA	ii
PENGESAHAN	iii
ABSTRACT.....	iv
ABSTRAKSI	v
PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO	vii
PRAKATA.....	viii
PERYATAAN	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Baja Karbon	6
2.2 Baja Paduan-rendah Kekuatan Tinggi	7
2.3 Sifat-Sifat Mekanik.....	8
2.4 Metalurgi Las	9
2.5 Struktur Butir	10
2.6 Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah	12

2.7 Ukuran Butir	15
2.8 Identifikasi Ferrite Pearlite Dengan Imagej	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Metode yang digunakan	19
3.2 Diagram Alir Penelitian	19
3.3 Bahan Penelitian	20
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.4.1 Pembentukan Spesimen	21
3.4.2 Pengujian Spesimen	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Uji Metalografi SEM.....	35
4.1.1 Hasil uji SEM pada logam dasar	35
4.1.2 Hasil uji SEM pada HAZ	35
4.1.3 Hasil uji SEM pada logam las	36
4.2 Uji Metalografi Optik.....	37
4.2.1 Metalografi pada logam dasar	37
4.2.2 Metalografi pada daerah terpengaruh panas (HAZ)	38
4.2.3 Metalografi pada logam las.....	39
4.3 Uji Komposisi Kimia	40
4.4 Uji Kekerasan.....	41
4.4.1 Data Hasil Uji Kekerasan.....	42
4.4.2 Grafik Hasil Uji Kekerasan.....	44
4.5 Uji Tarik.....	46
4.6 Ukuran Butiran.....	49
4.7 Hubungan Butiran dengan Kekuatan Luluh.....	50
4.8 Identifikasi Prosentase Ferrite Pearlite dengan ImageJ	51
4.9 Struktur Mikro Pada Daerah Sambungan Las.....	52
4.10 Pengaruh kadar C terhadap keuletan pipa baja API 5L X52	57
4.11 Bentuk struktur butiran sambungan las.....	57
4.12 Pengaruh impurity terhadap kekuatan luluh minimum.....	58

4.13 Pengaruh pearlite terhadap kekuatan luluh minimum.....	61
4.14 Pengaruh ferrite terhadap kekuatan luluh minimum.....	63
BAB V KESIMPULAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Daerah yang diteliti dalam pengujian sturuktur butiran.....	2
Gambar 2.1 Pengaruh Kadar Karbon Terhadap Kekuatan Dan Keuletan Baja	7
Gambar 2.2 Batas Antara Daerah Logam Las, Daerah HAZ Dan Logam Induk	10
Gambar 2.3 Batas butir pada penampang baja karbon rendah yang dietsa.....	10
Gambar 2.4 Dendrite padat yang tumbuh dari sebuah inti pada logam cair	12
Gambar 2.5 Hubungan besar butir dan kekuatan luluh untuk baja karbon rendah	13
Gambar 2.6 Diagram Fe ₃ C	15
Gambar 2.7 Tampilan imageJ pada computer.....	17
Gambar 2.8 Hasil imageJ	17
Gambar 2.9 Hasil prosentase ferrite.....	17
Gambar 3.1 Diagram alir pengujian	20
Gambar 3.2 Alat uji mikrografi	22
Gambar 3.3 Hasil mikrografi dilaboratorium Metalurgi.....	22
Gambar 3.4 Diagram alir pengujian mikrografi.....	24
Gambar 3.5 Diagram alir pengujian metalografi	26
Gambar 3.6 Specimen uji komposisi	26
Gambar 3.7 Alat uji <i>microhardness vickers</i> dan Digital Type Micro Hardness Tester.....	27
Gambar 3.8 Contoh foto hasil jejak uji kekerasan mikro Vickers	28
Gambar 3.9 Gambar mesin SEM JSM-35C	29
Gambar 3.10 Gambar mesin SEM JSM 2D-35C	30
Gambar 3.11 Skema prosedur pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) JSM 35C.....	31
Gambar 3.12 Alat uji tarik Universal Testing Machine.....	32
Gambar 3.13 Benda uji tarik	33
Gambar 3.14 Diagram alir pengujian tarik	34
Gambar 4.1 Foto SEM logam dasar (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 5000x.....	35

Gambar 4.2 Foto SEM daerah HAZ (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 5000x.....	35
Gambar 4.3 Foto SEM pada logam las (a) perbesaran 3000x (b) perbesaran 5000x.....	36
Gambar 4.4 Struktur mikro logam dasar, didominasi struktur ferit (daerah terang), dan perlit (daerah gelap) (Perbesaran 400x dengan etsa nital 2%)	38
Gambar 4.5 Struktur mikro daerah HAZ, struktur ferit (daerah terang) dan perlit (daerah gelap), sebagian ferit berbentuk memanjang (Perbesaran 400x dengan etsa nital 2%)	38
Gambar 4.6 Struktur mikro daerah lasan (Perbesaran 400x dengan etsa nital 2%).....	39
Gambar 4.7 Skema Pembagian Garis Pada Pengujian Kekerasan.....	42
Gambar 4.8 Grafik hubungan nilai kekerasan dengan jarak indentasi pada garis 1	44
Gambar 4.9 Grafik hubungan nilai kekerasan dengan jarak indentasi pada garis 2	44
Gambar 4.10 Grafik hubungan nilai kekerasan dengan jarak indentasi pada garis 3	45
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara nilai kekerasan dengan jarak indentasi pada variasi tiga garis.....	45
Gambar 4.12 Grafik tegangan regangan benda uji logam dasar 1	47
Gambar 4.13 Grafik tegangan regangan benda uji logam dasar 2	47
Gambar 4.14 Grafik tegangan regangan benda uji logam las 1	48
Gambar 4.15 Grafik tegangan regangan benda uji logam las 2	48
Gambar 4.16 Logam dasar SEM 5000X dengan menggunakan imageJ.....	51
Gambar 4.17 Logam HAZ SEM 5000X dengan menggunakan imageJ.....	52
Gambar 4.18 Logam las SEM 5000X dengan menggunakan imageJ.....	52
Gambar 4.19 Hasil prosentase komposisi pada logam dasar dengan EDX	53
Gambar 4.20 Hasil prosentase komposisi pada daerah terpengaruh panas Dengan EDX	55
Gambar 4.21 Hasil prosentase komposisi pada daerah logam las dengan EDX.....	57
Gambar 4.22 Struktur butir logam dasar.....	58
Gambar 4.23 Struktur butir logam las.....	58
Gambar 4.24 Hasil EDX pada bahan uji berupa inklusi pada HAZ	59
Gambar 4.25 Struktur mikro daerah lasan (Perbesaran 400x dengan etsa nital 2%).....	64

Gambar 4.26 Foto SEM (a) logam dasar perbesaran 5000x
(b) logam las perbesaran 5000x 65

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Klasifikasi Baja Karbon.....	6
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Bahan.....	9
Tabel 3.1 Preparasi uji tarik	33
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi kimia logam dasar baja Pipa Gas	40
Tabel 4.2 Hasil uji komposisi kimia logam las baja Pipa Gas	42
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kekerasan Benda Uji Dari Pipa Gas	46
Tabel 4.4 Tabel range kekerasan pada logam las.....	46
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Tarik Benda Uji Dari Pipa Gas	50
Tabel 4.6 Jumlah butir menurut ASTM	50

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A** Syarat Spesifikasi Standar API 5L-X52
- LAMPIRAN B** Hasil Pengujian Spektrometri
- LAMPIRAN C** Tabel Nilai Kekerasan Untuk Masing-Masing Spesimen Uji
(Laboratorium Metalurgi Fisik Dan Keramik, Departemen Rekayasa
Pertambangan Institut Teknologi Bandung)
- LAMPIRAN D** Foto Hasil Pengujian Metalografi
- LAMPIRAN E** Tabel Hasil Uji Tarik (Laboratorium Rekayasa Struktur, Fakultas
Teknik sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung)
- LAMPIRAN F** Perhitungan Besar Butir
- LAMPIRAN G** Berbagai Jenis Uji Kekerasan

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

LAMBANG	KETERANGAN	SATUAN
A	Luas butir rata – rata	[mm ²]
d	Diameter butir rata – rata	[mm]
f	Perbesaran kuadrat per luas lingkaran	[1/mm ²]
G	Ukuran butiran pada ASTM	[-]
k	Konstanta logam	[-]
N _A	Jumlah butir per mm ²	[1/mm ²]
n	<i>ASTM Micro Grain Size Number</i>	[1/in ²]
n ₁	Jumlah butir utuh dalam lingkaran	[-]
n ₂	Jumlah butir yang memotong lingkaran	[-]
σ _i	<i>Lattice friction factor</i>	[-]
σ _y	Kekuatan luluh	[kg/mm ²]
API	<i>American Petroleum Institute</i>	
ASTM	<i>American Society of Testing Materials</i>	
EDX	<i>Electron Diffraction X-Ray</i>	
HAZ	<i>Heat Affected Zone</i>	
HSLA	<i>High Strength Low Alloy</i>	
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>	
VHN	<i>Vickers Hardness Number</i>	