



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PERBANDINGAN PROSES PENGELASAN ANTARA
METODE *GAS METAL ARC WELDING* (GMAW), *GAS
TUNGSTEN ARC WELDING* (GTAW) DAN *PLASMA ARC
WELDING* (PAW) PADA BAJA LEMBARAN LAPIS SENG
DENGAN KETEBALAN 1 MM**

TESIS

**HASUDUNGAN ERIC MAMBY
0606003796**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
KEKHUSUSAN DESAIN MANUFAKTUR
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.



Nama : Hasudungan Eric Mamby
NPM : 0606003796
Tanda Tangan :
Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Hasudungan Eric Mamby
NPM : 0606003796
Program Studi : Metalurgi dan Material
Judul tesis : **Studi Perbandingan Proses Pengelasan antara Metode *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*, *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* dan *Plasma Arc Welding* pada Baja Lembaran Lapis Seng dengan Ketebalan 1 mm**

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Winarto, M.Sc. (.....)

Penguji : Dr. Ir. Winarto, M.Sc. (Ketua) (.....)

Dr. Ir. Muhammad Anis, M.Met. (Anggota) (.....)

Dr. Ir. Dedy Priadi, D.E.A. (Anggota) (.....)

Dr. Badrul Munir, ST, M.Sc. (Anggota) (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan oleh penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya dan kemudahan yang telah diterima penulis dalam menyelesaikan penelitian dan seluruh aktivitas di Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material guna memperoleh gelar Magister Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan seluruh penyelesaian penelitian dan aktivitas perkuliahan ini, yaitu :

1. Bapak Dr. Ir. Winarto MSc. sebagai pembimbing yang membimbing saya dalam menyusun tesis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini;
2. Bapak Ir. Budi Wahyu dan Bapak Ir. Wisnu dari pihak PT. Astra Honda Motor yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
3. Bapak Kasno dari pihak PT. MNF Fabrication yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
4. Ayahanda D. Sitanggang dan Ibunda Lastiur Silalahi, SPd, serta seluruh adik-adikku yang memberikan dukungan dan mendoakan demi menyelesaikan tesis saya;
5. Seluruh staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Metalurgi dan Material FT UI yang telah ikut serta memberikan masukan dan dukungan; dan
6. sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengelasan di Indonesia.

Depok, Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hasudungan Eric Mamby
NPM : 0606003796
Program Studi : Desain Manufaktur
Departemen : Metalurgi
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

”Studi Perbandingan Proses Pengelasan antara Metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan *Plasma Arc Welding* pada Baja Lembaran Lapis Seng dengan Ketebalan 1 mm”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal :

Yang menyatakan

(Hasudungan Eric Mamby)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR / UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. RUANG LINGKUP	2
1.4. TUJUAN	3
1.5. KEGUNAAN	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	4
2.1. TEORI DIFUSI	4
2.2. BAJA KARBON	5
2.3. BAJA KARBON LAPIS SENG	7
2.4. KEMAMPULASAN BAJA KARBON LAPIS SENG	9
2.5. PENGELASAN BAJA KARBON LAPIS SENG	10
2.5.1. Metode Las <i>Gas Metal Arc Welding</i>	10
2.5.2. Metode Las <i>Gas Tungsten Arc Welding</i>	14
2.5.3. Metode Las <i>Plasma Arc Welding</i>	16

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. BAHAN PENELITIAN	17
3.2. PROSEDUR PENELITIAN	18
3.2.1. Pembuatan Sampel	18
3.2.2. Proses Pengelasan	18
3.2.3. Karakterisasi Hasil Pengelasan	18
3.3. METODOLOGI PENELITIAN	21
BAB 4 HASIL PENELITIAN	22
4.1. PARAMETER PENGELASAN	22
4.2. PENGAMATAN VISUAL	23
4.3. PENGUJIAN TARIK	23
4.4. PENGAMATAN STRUKTUR BUTIR	25
4.4.1. Pengamatan Secara Makro	25
4.4.2. Pengamatan Secara Mikro	27
4.5. PENGUJIAN KEKERASAN MIKRO	32
4.6. PENGAMATAN UNSUR SENG	36
4.6.1. Pengamatan Unsur Seng di Daerah <i>Fusion Zone</i>	37
4.6.2. Pengamatan Unsur Seng di Daerah HAZ	43
4.7. PENGUJIAN TEKUK	48
BAB 5 KESIMPULAN	51
DAFTAR ACUAN	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	

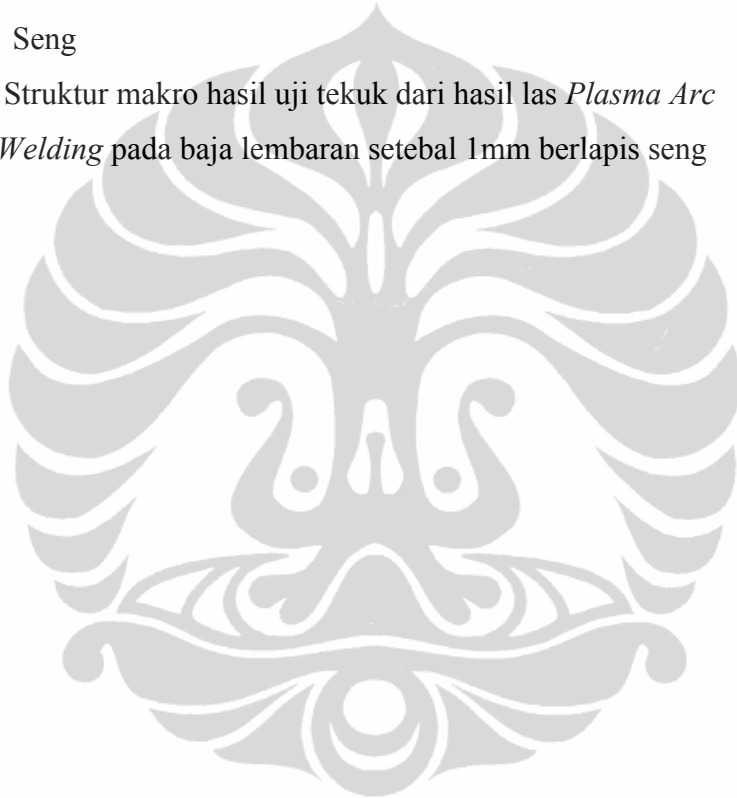
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema mekanisme difusi kekosongan (<i>vacancy</i>)	4
Gambar 2.2. Diagram CCT Baja Karbon Rendah	6
Gambar 2.3. Skema Proses Pelapisan Lembaran Baja dengan Metode <i>Continuous Sheet Galvanizing</i>	8
Gambar 2.4. Foto Mikro Penampang Lapisan Seng pada Baja Lembaran dengan metode <i>Continuous Sheet Galvanizing</i>	8
Gambar 2.5. Diagram Fasa Fe-Zn	10
Gambar 2.6. Skema Peralatan Las Semi Automatis	11
Gambar 2.7. Skema Pergerakan <i>Weld Gun</i>	12
Gambar 2.8. Karakteristik dari sambungan (<i>weld bead</i>) yang buruk	13
Gambar 2.9. Karakteristik dari sambungan (<i>weld bead</i>) yang baik	13
Gambar 2.10. Sistem pengelasan metode <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW)	15
Gambar 2.11. Perbandingan Ujung <i>Weld Gun</i> antara Metode PAW dengan GTAW	16
Gambar 3.1. Baja Lembaran SPCC Berlapis Seng dengan Ketebalan 1 mm	17
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1. Grafik Parameter pengelasan dari proses <i>Gas Metal Arc</i> <i>Welding</i> (GMAW), <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW), dan <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW) pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	22
Gambar 4.2. Grafik Hasil Pengujian Tarik Pengelasan <i>Gas Metal Arc</i> <i>Welding</i> , <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> , dan <i>Plasma Arc</i> <i>Welding</i> pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	24
Gambar 4.3. Struktur makro hasil las <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW) pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng, pembesaran 7x, dengan etsa Nital 3%	25

Gambar 4.4. Struktur makro hasil las <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW) pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng, pembesaran 7x, dengan etsa Nital 3%	25
Gambar 4.5. Struktur makro hasil las <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW) pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng, pembesaran 7x, dengan etsa Nital 3%	26
Gambar 4.6. Skema letak daerah (<i>fusion zone</i>), daerah terpengaruh panas (<i>Heat Affected Zone</i>) dan daerah logam dasar (<i>base metal zone</i>) beserta bagian yang akan diamati secara mikro (bagian 1, 2 dan 3)	27
Gambar 4.7. Struktur mikro hasil las <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW) pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng, pembesaran 100x, etsa Nital 3%	28
Gambar 4.8. Struktur mikro hasil las <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW) pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng, pembesaran 100x, etsa Nital 3%	29
Gambar 4.9. Struktur mikro hasil las <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW) pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng, pembesaran 100x, etsa Nital 3%	30
Gambar 4.10. Skema lokasi pengujian kekerasan	32
Gambar 4.11. Grafik hubungan antara jarak dengan nilai kekerasan pada baja lembaran setebal 1 mm lapis seng yang dilas dengan metode <i>Gas Metal Arc Welding</i> , <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> dan <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW)	35
Gambar 4.12. Skema letak daerah (<i>fusion zone</i>) dan daerah terpengaruh panas (<i>Heat Affected Zone</i>) yang diamati unsur sengnya	37
Gambar 4.13. Penyebaran unsur seng di daerah <i>fusion zone</i> dari proses pengelasan metode <i>Gas Metal Arc Welding</i> pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng	38

- Gambar 4.14. Penyebaran unsur seng di daerah *fusion zone* dari proses pengelasan metode *Gas Tungsten Arc Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng 39
- Gambar 4.15. Penyebaran unsur seng di daerah *fusion zone* dari proses pengelasan metode *Plasma Arc Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng 40
- Gambar 4.16. Grafik hubungan antara kandungan unsur Zn yang melebur dengan jarak dari permukaan las pada baja lembaran setebal 1 mm lapis seng yang dilas dengan metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan *Plasma Arc Welding* (PAW) di daerah *fusion zone* 41
- Gambar 4.17. Struktur mikro daerah *fusion zone* hasil pengelasan: (a). GMAW, (b). GTAW dan (c). PAW pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng, etsa Nital 3% 42
- Gambar 4.18. Difusi unsur seng di daerah HAZ dari proses pengelasan metode *Gas Metal Arc Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng 43
- Gambar 4.19. Difusi unsur seng di daerah HAZ dari proses pengelasan metode *Gas Tungsten Arc Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng 44
- Gambar 4.20. Difusi unsur seng di daerah HAZ dari proses pengelasan metode *Plasma Arc Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng 45
- Gambar 4.21. Grafik hubungan antara kandungan unsur Zn yang berpenetrasi dengan jarak dari permukaan las pada baja lembaran setebal 1 mm lapis seng yang dilas dengan metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan *Plasma Arc Welding* (PAW) di daerah HAZ

- Gambar 4.22. Struktur mikro daerah HAZ hasil pengelasan: (a). GMAW,
(b). GTAW dan (c). PAW pada baja lembaran setebal 1mm
berlapis seng, etsa Nital 3% 47
- Gambar 4.23. Struktur makro hasil uji tekuk dari hasil las *Gas Metal Arc
Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng 49
- Gambar 4.24. Struktur makro hasil uji tekuk dari hasil las *Gas Tungsten
Arc Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis
Seng 49
- Gambar 4.25. Struktur makro hasil uji tekuk dari hasil las *Plasma Arc
Welding* pada baja lembaran setebal 1mm berlapis seng 50



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pengelompokan Baja Karbon	6
Tabel 2.2. Besarnya Ukuran Diameter Kawat Las dengan Besar Arus Listrik dan Kecepatan Umpan Kawat Elektroda	12
Tabel 2.3. Kandungan Gas Pelindung dan Pemakaiannya pada Pengelasan GMAW	14
Tabel 2.4. Besar Arus Listrik dan Tipe Sumber Listrik pada Pengelasan <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW) dengan Elektroda Paduan Tungsten (2 % Thorium)	15
Tabel 4.1. Lebar Daerah HAZ (<i>Heat Affected Zone</i>) Hasil Pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW), <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW), dan <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW) pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	26
Tabel 4.2. Besar Butir di Daerah <i>fusion zone</i> , HAZ dan logam induk Hasil Pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW), <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW), dan <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW) pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	31
Tabel 4.3. Data Hasil Uji Kekerasan Hasil Pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	33
Tabel 4.4. Data Hasil Uji Kekerasan Hasil Pengelasan <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	34
Tabel 4.5. Data Hasil Uji Kekerasan Hasil Pengelasan <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	35
Tabel 4.6. Persentase Unsur di Daerah <i>Fusion Zone</i> dan Nilai Kekerasan dari Proses Pengelasan Metode <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	38

Tabel 4.7. Persentase Unsur di Daerah <i>Fusion Zone</i> dan Nilai Kekerasan dari Proses Pengelasan Metode <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	39
Tabel 4.8. Persentase Unsur di Daerah <i>Fusion Zone</i> dan Nilai Kekerasan dari Proses Pengelasan Metode <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	40
Tabel 4.9. Persentase Unsur di Daerah HAZ dan Nilai Kekerasan dari Proses Pengelasan Metode <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	43
Tabel 4.10. Persentase Unsur di Daerah HAZ dan Nilai Kekerasan dari Proses Pengelasan Metode <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	44
Tabel 4.11. Persentase Unsur di Daerah HAZ dan Nilai Kekerasan dari Proses Pengelasan Metode <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW), pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	45
Tabel 4.12. Data Hasil Uji Tekuk Hasil Pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW), <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW), dan <i>Plasma Arc Welding</i> (PAW) pada Baja Lembaran Setebal 1mm Berlapis Seng	48