



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA KETAHANAN KOROSI DARI DAERAH
SENSITISASI PADA SAMBUNGAN LASAN LOGAM
BERBEDA JENIS ANTARA BAJA TAHAN KARAT SS304 DAN
BAJA KARBON A36 DENGAN PARAMETER KETEBALAN
DAN POSISI PENGELASAN**

SKRIPSI

**ABDULLAH NIRMOLO
0806331361**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA KETAHANAN KOROSI DARI DAERAH
SENSITISASI PADA SAMBUNGAN LASAN LOGAM
BERBEDA JENIS ANTARA BAJA TAHAN KARAT SS304 DAN
BAJA KARBON A36 DENGAN PARAMETER KETEBALAN
DAN POSISI PENGELASAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ABDULLAH NIRMOLO

0806331361

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Abdullah Nirmolo

NPM : 0806331361

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Abdullah Nirmolo

NPM : 0806331361

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Analisa Ketahanan Korosi Dari Daerah Sensitisasi Pada Sambungan Lasan Logam Berbeda Jenis Antara Baja Tahan Karat SS304 dan Baja Karbon A36 Dengan Parameter Ketebalan dan Posisi pengelasan

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Rini Riastuti, M.Sc.

Pembimbing 2 : Dr.Ir. Winarto, M.Sc.

Penguji 1 : Dra. Sari Katili, M.S.

Penguji 2 : Dr.Ir. Sutopo, M.Sc.

(Yang)

(Rini)

(Sari)

(Sutopo)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2012

KATA PENGANTAR

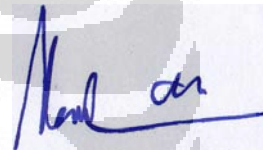
Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, dorongan, saran, dan bimbingan dari berbagai pihak penulis tidak akan mendapatkan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Winarto, MSc, dan Ibu Ir.Rini Riastuti M,Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan nasehat yang berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Dr.Badrul Munir S.T., M.Eng. S.C., selaku Pembimbing Akademis
3. Bapak Seto Cahyono, Ahmad Ashari, S.T, dan M. Sajalih yang telah memberikan bantuan dalam proses pengelasan dan persiapan sampel.
4. PT Baja Mukti Tirtaperkasa yang telah memberikan bantuan material dan pengelasan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. PT. FSCM yang telah mengizinkan untuk uji keras disana.
6. Teman-teman Angkatan 2008, khususnya yang telah bersama-sama mengerjakan tugas akhir yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan skripsi ini.
7. Brian hermawan rekan seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir sekaligus sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman seangkatan Metalurgi dan Material 2008 yang telah memberikan rasa kekeluargaan dan kenyamanan selama masa kuliah.

9. Senior dan junior yang banyak memberikan semangat.
10. Dan secara khusus kepada ayahanda Teguh Nirmolo dan ibunda Sartini, serta adik Sidik Nirmolo yang telah banyak memberikan bantuan moral dan juga memberikan motivasi kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dan penulis juga berharap semoga skripsi ini membawa manfaat dalam pengembangan ilmu.

Depok, 22 Juni 2012



Abdullah Nirmolo

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

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

Nama : Abdullah Nirmolo
NPM : 0806331361
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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 :

**Analisa Ketahanan Korosi Dari Daerah Sensitisasi Pada Sambungan Lasan
Logam Berbeda Jenis Antara Baja Tahan Karat SS304 dan Baja Karbon
A36 Dengan Parameter Ketebalan dan Posisi Pengelasan**

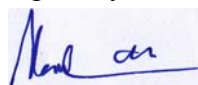
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 22 Juni 2012

Yang menyatakan



(Abdullah Nirmolo)

ABSTRAK

Nama : Abdullah Nirmolo
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Analisa Ketahanan Korosi Dari Daerah Sensitisasi Pada
Sambungan Lasan Logam Berbeda Jenis Antara Baja Tahan
Karat SS304 dan Baja Karbon A36 Dengan Parameter
Ketebalan dan Posisi Pengelasan

Kemajuan Teknologi dalam hal ini mendorong pertumbuhan industri-industri alat berat beserta fasilitas-fasilitas lainnya. Proses penyambungan material dengan pengelasan memegang peran penting dalam proses pembuatan dan perawatan fasilitas-fasilitas di industri. Material yang digunakan dalam pembuatan alat-alat di industri tentunya tidak hanya satu jenis saja, begitupun proses pengelasan yang dilakukan tidak dalam satu posisi saja. Baja tahan karat austenitik 304 banyak digunakan dalam aplikasi di industri karena harganya yang murah, memiliki ketahanan korosi yang baik, dan kemampuan yang bagus. Akan tetapi, baja tahan karat austenitik 304 akan menurun ketahanan korosinya jika mengalami sensitisasi, yaitu terbentuknya senyawa krom karbida di batas butir, yang menyebabkan serangan korosi di sekitar batas butir. Dalam Penelitian ini, dilakukan percobaan pengelasan antara pelat baja tahan karat austenitik 304 dengan baja karbon A36 dengan variasi ketebalan pelat 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12mm, dengan variasi posisi pengelasan 1G (datar), 2G (horisontal), dan 3G (vertikal). Hasil percobaan akan dilihat pengaruhnya terhadap terbentuknya sensitisasi dengan mengacu pada standar ASTM A262. Hasilnya menunjukkan sensitisasi paling minim terjadi pada pengelasan pelat 10 mm dan 12 mm dengan posisi 1G dan pada ketebalan 10 mm dan 12 mm dengan posisi 2G. Sedangkan tingkat sensitisasi akan maksimum pada proses pengelasan dengan posisi 3G di semua ketebalan 6mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm.

Kata kunci : posisi las, ketebalan pelat, sensitisasi, masukan panas, korosi intergranular

ABSTRACT

Name : Abdullah Nirmolo
Major : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Corrosion Resistance Analysis of Regional Sensitization In
Dissimilar Weld Metal of Stainless Steel SS304 and Carbon
Steel A36 With the Thickness and Position of Welding
Parameters

Technology Advancement in this regard encourages the growth of heavy industries along with other facilities. Joining material in the welding process plays an important role in the process of manufacture and maintenance facilities in the industry. Materials used in the manufacture of tools in the industry is certainly not just one type, as well as the welding process is carried out not in one position only. 304 austenitic stainless steels are widely used in industrial applications because it is cheap, has good corrosion resistance, and good weldability. However, corrosion resistance of austenitic stainless steels 304 will be reduced if experience sensitization, it is the formation of chromium carbide compounds in the grain boundaries, leading to corrosion attack around the grain boundaries. In this study, conducted experiments the welding of austenitic stainless steel plate 304 with A36 carbon steel plate with thickness 6 mm, 8 mm, 10 mm, and 12mm, with a variety of welding positions 1G (flat), 2G (horizontal), and 3G (vertical). The experimental results will be looked its influence on the formation of sensitization with reference to ASTM A262 standards. The results show the most minimal sensitization occurs in the welding plates 10 mm and 12 mm with the position of 1G and the thickness of 10 mm and 12 mm in 2G position. While the level of sensitization will be maximum at the position of the welding process with 3G in all the thickness of 6 mm, 8 mm, 10 mm, and 12 mm.

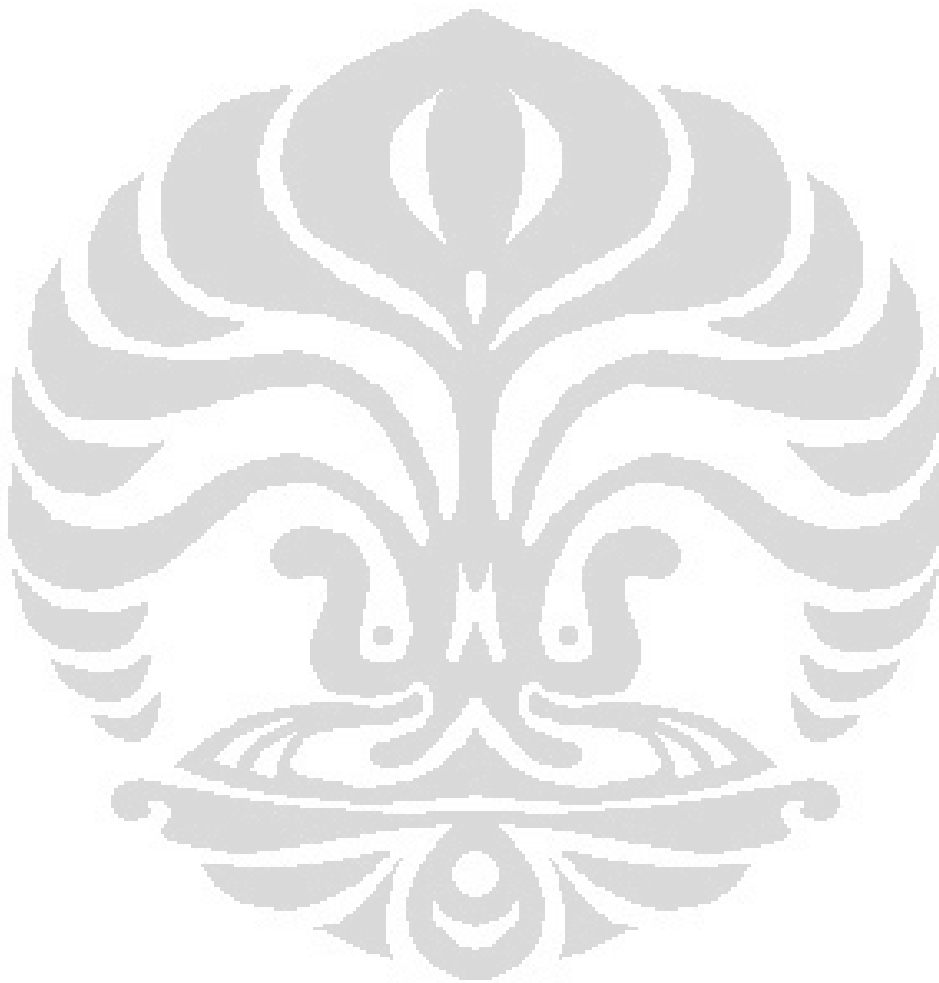
Keywords : welding position, plate thickness, sensitization, heat input, intergranular corrosion

DAFTAR ISI

UNIVERSITAS INDONESIA	1
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
PENDAHULUAN	1
<i>I.1. Latar Belakang</i>	<i>1</i>
<i>I.2. Perumusan Masalah.....</i>	<i>3</i>
<i>I.3. Tujuan Penelitian.....</i>	<i>3</i>
<i>I.4. Batasan Penelitian</i>	<i>3</i>
<i>I.5. Tempat Penelitian.....</i>	<i>4</i>
<i>I.6. Sistematika Penelitian.....</i>	<i>4</i>
TINJAUAN PUSTAKA	6
<i>II.1. Baja Tahan Karat Austenitik</i>	<i>6</i>
<i>II.2. Komposisi Kimia dan Sifat-Sifat Baja Tahan Karat SS304 ⁽²⁾</i>	<i>7</i>
<i>II.3. Proses Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)</i>	<i>8</i>
<i>II.4. Pengelasan Logam Berbeda Jenis⁽⁷⁾.....</i>	<i>10</i>
<i>II.5. Posisi Pengelasan dan Ketebalan Pelat</i>	<i>12</i>
<i>II.6. Masukan Panas (Heat Input)</i>	<i>13</i>
<i>II.7. Sensitisasi pada Baja Tahan Karat.....</i>	<i>15</i>
METODOLOGI PENELITIAN	18
<i>III.1. Diagram alir penelitian.....</i>	<i>18</i>
<i>III.2. Alat dan Bahan</i>	<i>18</i>

III.2.1. Alat	18
III.2.2. Bahan	19
III.3. <i>Persiapan Bahan</i>	19
III.4. <i>Proses Pengelasan</i>	21
III.5. <i>Pengamatan Struktur Mikro (Metalografi)</i>	22
III.6. <i>Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)</i>	23
III.7. <i>Pengujian Kekerasan</i>	24
III.8. <i>Pengujian Ketahanan Korosi dengan Metode Immersion</i>	24
HASIL DAN PEMBAHASAN	26
IV.1. <i>Analisa Perbedaan Posisi Las dan Ketebalan Pelat terhadap Masukan Panas</i>	26
IV.1.1. Masukan Panas Posisi Las 1G (Datar) (detail terlampir)	26
IV.1.2. Masukan Panas Posisi Las 2G (Horizontal) (detail terlampir).....	27
IV.1.3. Masukan Panas Posisi Las 3G (Vertikal) (detail terlampir)	28
IV.2. <i>Hasil dan Analisa Perbedaan Ketebalan Pelat terhadap Mikrostruktur Sensitisasi di SS304</i>	29
IV.2.1. Mikrostruktur Sensitisasi 1G (Datar)	29
IV.2.2. Mikrostruktur Sensitisasi 2G (Horizontal)	32
IV.2.3. Mikrostruktur Sensitisasi 3G (Vertikal).....	34
IV.3. <i>Hasil Analisa Perbedaan Posisi Pengelasan terhadap Mikrostruktur Sensitisasi di SS304</i>	37
IV.3.1 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 6mm	37
IV.3.2 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 8mm	39
IV.3.3 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 10mm	41
IV.3.4 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 12mm	43
IV.4. <i>Hasil Pengamatan dengan SEM dan EDS</i>	45
IV.4.1 Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G6mm.....	45
IV.4.2. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G8mm.....	46
IV.4.3. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G10mm.....	47
IV.4.4. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G12mm.....	48
IV.4.5. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G6mm.....	49
IV.4.6. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G8mm.....	50
IV.4.7. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G10mm.....	51
IV.4.8. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G12mm.....	52
IV.4.9. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G6mm.....	53
IV.4.10. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G8mm.....	54
IV.4.11. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G10mm.....	55
IV.4.12. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G12mm.....	56
IV.5. <i>Analisa Hasil Pengamatan dengan SEM dan EDS</i>	56
IV.6. <i>Hasil dan Analisa Pengujian Mikrovickers</i>	57

<i>IV.7. Hasil Pengujian Ketahanan Korosi dengan Metode Immersion Pengaruh Parameter Ketebalan Terhadap Posisi Las.....</i>	<i>58</i>
<i>IV.8. Analisa Hasil Pengujian Ketahanan Korosi dengan Metode Immersion Pengaruh Parameter Ketebalan Terhadap Posisi Las</i>	<i>60</i>
<i>KESIMPULAN.....</i>	<i>61</i>

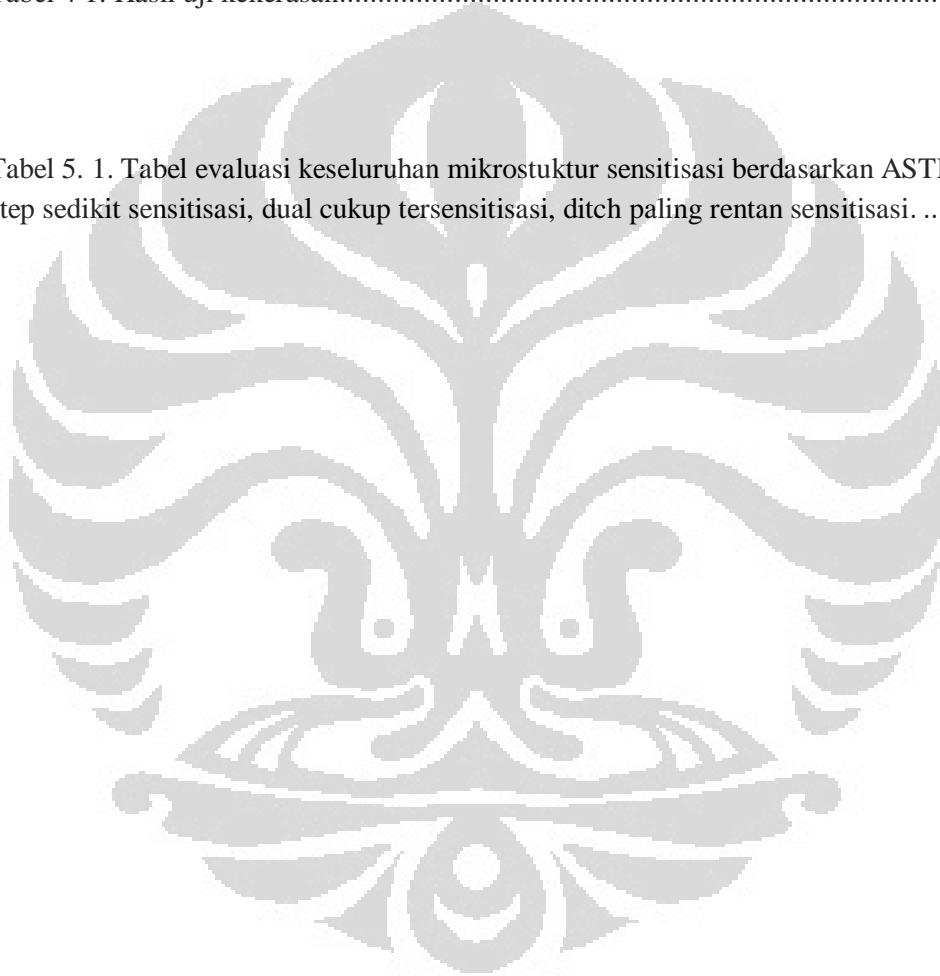


DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Persyaratan standard komposisi kimia SS 304, 304L dan 309 ^{(3),(2)}	7
Tabel 2 2. Standard kekuatan mekanik 304, 304L ⁽³⁾	8
Tabel 2 3. Sifat – sifat fisik baja tahan karat tipe 304 ⁽³⁾⁽²⁾	8
Tabel 2 4. Karakteristik polaritas dan arus dalam pengelasan GTAW ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	10
Tabel 2 5. Cr ekuivalen dan Ni ekuivalen sampel	11

Tabel 4 1. Hasil uji kekerasan.....	57
-------------------------------------	----

Tabel 5. 1. Tabel evaluasi keseluruhan mikrostruktur sensitisasi berdasarkan ASTM A262, step sedikit sensitisasi, dual cukup tersensitisasi, ditch paling rentan sensitisasi.	61
--	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur mikro logam dasar baja tahan karat austenitik 304.....	7
Gambar 2. 2. Skema umum proses pengelasan GTAW ⁽⁴⁾	9
Gambar 2. 3. Diagram schaeffler hasil lasan akhir menunjukkan struktur akhir austenite + ferrite 20%	12
Gambar 2. 4. Posisi las <i>groove</i> untuk pelat	12
Gambar 2. 5. Posisi pengelasan untuk desain sambungan <i>groove</i> ⁽⁹⁾	13
Gambar 2. 6. Pengaruh masukan panas terhadap laju pendinginan	14
Gambar 2. 7. Laju presipitasi Cr ₂₃ C ₆ sebagai fungsi kadar karbon ⁽¹⁴⁾	15
Gambar 2. 8. Presipitasi karbida chrom pada batas butir ⁽¹⁾	16
Gambar 2. 9. Penurunan kadar chrom disekitar batas butir ⁽³⁾	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3. 2. (a) Potongan Sebelum Pengelasan; (b) Bentuk Sambungan saat Pengelasan	20
Gambar 3. 3. (a) Tampak atas; (b) Tampak samping; (c) Dimensi bevel.....	21
Gambar 3. 4. klasifikasi struktur di ASTM A262 metode A, a) step, b) dual, dan c) ditch ⁽¹⁷⁾	22
Gambar 3. 5 Mesin Poles Universal.....	23
Gambar 4. 1 HAZ SS 304 di posisi pengelasan 1G perbesaran 500x (a) 6mm (b) 8mm (c) 10mm (d) 12mm	30
Gambar 4. 2 HAZ SS 304 di posisi pengelasan 2G perbesaran 500x (a) 6mm (b) 8mm (c) 10mm (d) 12mm	33
Gambar 4. 3. HAZ SS 304 di posisi pengelasan 3G perbesaran 500x (a) 6mm (b) 8mm (c) 10mm (d) 12mm	36
Gambar 4. 4. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 6mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G	38
Gambar 4. 5. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 8mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G	40
Gambar 4. 6. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 10mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G	42
Gambar 4. 7. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 12mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G	44
Gambar 4. 8. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G6mm perbesaran 1650x	45
Gambar 4. 9. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G8mm perbesaran 1650x	46
Gambar 4. 10. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G10mm perbesaran 1650x	47

Gambar 4. 11. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G12mm perbesaran 1650x	48
Gambar 4. 12. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G6mm perbesaran 1650x...	49
Gambar 4. 13. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G8mm perbesaran 1650x	50
Gambar 4. 14. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G10mm perbesaran 1650x	51
Gambar 4. 15. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G12mm perbesaran 1650x..	52
Gambar 4. 16. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G6mm perbesaran 1650x	53
Gambar 4. 17. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G8mm perbesaran 1650x	54
Gambar 4. 18. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G10mm perbesaran 1650x	55
Gambar 4. 19. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G12mm perbesaran 1650x	56
Gambar 4. 20. Gambar sampel 1G 6 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x.....	58
Gambar 4. 21. Gambar sampel 1G 8 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x.....	59
Gambar 4. 22. Gambar sampel 1G 10 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x.....	59
Gambar 4. 23. Gambar sampel 1G 12 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Perkembangan Teknologi dalam hal ini telah mengembangkan sektor industri menjadi maju semakin pesat. Berbagai hasil yang telah dicapai dari penerapan ilmu pengetahuan dan rekayasa teknologi telah banyak berperan dalam mempermudah berbagai aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya termasuk mempercepat dan memperluas lalu lintas manusia dan barang serta meningkatkan frekuensi transaksi jasa tanpa ada batasan ruang dan waktu.

Pembangunan fasilitas-fasilitas produksi, transportasi, komunikasi dan fasilitas-fasilitas lainnya tidak bisa dipisahkan dari proses manufaktur dan fabrikasi. Logam baja merupakan salah-satu bahan yang banyak digunakan karena kemudahan dalam manufaktur, fabrikasi, sifat-sifat mekanik dan sifat-sifat fisik yang memadai serta ketersediaannya yang cukup melimpah. Namun pemakaian logam baja juga memiliki keterbatasan tergantung pada kondisi lingkungan dan perlakuan yang dialami mulai dari proses manufaktur, proses fabrikasi serta jenis pembebanan dalam aplikasi teknisnya. Untuk mengatasi beberapa keterbatasan ini, sesuai dengan kebutuhan aplikasinya, Beberapa jenis baja paduan telah dibuat dengan karakteristik tertentu. Proses pembuatan beberapa jenis baja paduan seringkali membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga harga material tersebut juga mahal. Sedangkan pemakaian material baru dengan karakteristik yang lebih baik dengan sifat khusus, pada umumnya relatif mahal. Dengan demikian, pemilihan material agar memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomis, dapat dilakukan dengan mengkombinasikan material-material yang memiliki karakteristik tertentu yang sesuai dengan perencanaan desain atau aplikasi tertentu.

Aplikasi pada *Heat Exchanger* dalam hal ini pada bagian kondenser uap, menggunakan lebih dari satu jenis logam yang berbeda. Pada aplikasinya, *heat exchanger* memiliki lingkungan masukan dan keluaran yang berbeda begitu juga dengan temperturnya. Oleh sebab itu dalam proses fabrikasi maupun perawatannya dibutuhkan proses penyambungan dari lebih satu jenis material logam. Lingkungan yang korosif dan beban kerja dari material harus diimbangi

juga dengan material yang digunakan. Selain lingkungan dan beban kerja, harga material yang akan digunakan saat fabrikasi secara massal juga perlu menjadi pertimbangan. Baja tahan karat SS304 dan baja karbon A36 digunakan dalam penelitian ini untuk merepresentasikan pada aplikasi sebenarnya, dimana SS304 merupakan material yang tahan pada lingkungan yang korosif dan baja karbon A36 memiliki kekuatan struktural.

Metode penyambungan bagian-bagian logam yang umum digunakan adalah metode penyambungan dengan baut dan metode penyambungan dengan pengelasan. Dalam penelitian ini, yang akan ditelaah lebih lanjut adalah metode penyambungan las pada dua material yang berbeda antara SS304 dengan CS A36. Ada beberapa jenis proses pengelasan yang sering digunakan dibidang fabrikasi industri yakni salah satunya adalah proses pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*. Proses pengelasan ini cukup populer dan banyak digunakan, hal ini cukup beralasan karena jenis pengelasan ini cukup sederhana, tidak memerlukan peralatan yang kompleks, mobilitas peralatan yang bisa menjangkau berbagai tempat kerja, kualitas hasil pengelasan yang cukup baik, dan konsumsi energi, waktu serta biaya yang relatif kompetitif.

Dalam beberapa kondisi lingkungan kerja atau fabrikasi, pengelasan harus dilakukan dengan posisi yang berbeda-beda. Posisi pengelasan yang dimaksud adalah pengelasan dengan posisi datar (flat welding, 1G), horizontal (horizontal welding, 2G), Vertikal (vertical, 3G) dan atas kepala (overhead, 4G). Tiap posisi pengelasan memiliki tingkat kesulitan tertentu khususnya karena pengaruh gravitasi pada kolom cairan las maupun saat transfer material pengisi las. Demikian juga dengan ketebalan logam yang akan di las dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan design. Dalam penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut bagaimana pengaruh perbedaan posisi pengelasan dan ketebalan pelat terhadap terbentuknya sensitisasi di SS304 khususnya. Dengan demikian akan diperoleh informasi untuk memperoleh hasil las yang terbaik dari parameter yang peneliti gunakan.

I.2. Perumusan Masalah

Proses Pengelasan pada saat pembuatan maupun perbaikan kerusakan di *heat exchanger* tidak dilakukan dalam satu posisi saja, dan juga logam yang digunakan tidak dalam satu jenis ketebalan saja karena kompleksnya fungsi pada bagian-bagian *heat exchanger*.

Perbedaan posisi las mengakibatkan bedanya arus yang digunakan dan laju pengelasan yang mengakibatkan perbedaan masukan panas yang dihasilkan. Perbedaan ketebalan juga menimbulkan perbedaan laju pendinginan dari logam pengisi. Perbedaan masukan panas dan ketebalan pelat ini dapat menimbulkan perbedaan tingkat sensitisasi pada SS304 yang digunakan sebagai logam dasarnya.

Baja tahan karat 304 akan memiliki kelemahan jika saat fabrikasinya melewati temperatur kritis untuk terjadinya sensitisasi yang dapat memicu terjadinya korosi intergranular saat ter-ekspos pada lingkungan yang korosif. Oleh sebab itu tingkat terbentuknya sensitisasi saat proses pengelasan akan mempengaruhi tingkat ketahanan lebih lanjut dari SS304 saat diaplikasikan.

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Meneliti efek dari perbedaan posisi pengelasan terhadap sensitisasi yang terbentuk.
2. Meneliti efek dari perbedaan ketebalan pelat terhadap sensitisasi yang terbentuk.
3. Meneliti efek ketahanan korosi akibat sensitisasi di satu posisi dengan variabel ketebalan.
4. Memberikan rekomendasi pada posisi dan ketebalan yang dapat meminimalisir terbentuknya sensitisasi pada SS304 yang di las.

I.4. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Bahan baku yang digunakan adalah sebagai berikut :
 - Material SS304 dan CS A36 sebagai logam utama

- Kawat ER309L sebagai Logam pengisi
2. Proses pengelasan yang digunakan pada percobaan ini adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)
 3. Posisi pengelasan yang menjadi variabel dalam penelitian ini adalah 1G (datar), 2G(horisontal), dan 3G (vertikal)
 4. Ketebalan pelat yang menjadi variabel dalam penelitian ini adalah 6mm, 8mm, 10mm, dan 12mm.
 5. Pengamatan secara khusus terjadinya sensitisasi adalah pada bagian SS304, terutama di bagian *Heat Affected Zone* yang selanjutnya disingkat menjadi daerah HAZ.
 6. Karakterisasi untuk mengetahui sensitisasi yang terjadi yaitu :
 - Pengamatan struktur mikro (metalografi)
 - Pengujian kekerasan (HV)
 - Pengamatan struktur mikro endapan dengan FeSEM
 - Karakterisasi komposisi kimia secara mikro dengan EDS

I.5. Tempat Penelitian

Pembuatan sampel atau dalam hal ini proses pengelasan dilakukan di PT. Bajamukti Tirtaperkasa , Cimone, Tangerang. Proses pemotongan sebagian dilakukan di tempat tersebut dan sebagian di *workshop* Departemen Teknik Metalurgi dan Material (DTMM). Karakterisasi dan proses pengujian dilakukan sepenuhnya di laboratorium uji DTMM.

I.6. Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun agar penulisan skripsi ini menjadi runut sehingga kerangka alur penelitian mudah dimengerti, sistematis dan praktis. Sistematika tersebut dapat diuraikan dalam bentuk bab-bab yang saling terpartisi dan saling berkaitan satu sama lain, yaitu sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Membahas dasar teori penunjang tentang material komposit, MMC, wettability, dan proses peleburan dengan menggunakan metode stir casting.

Bab III Metodologi Penelitian

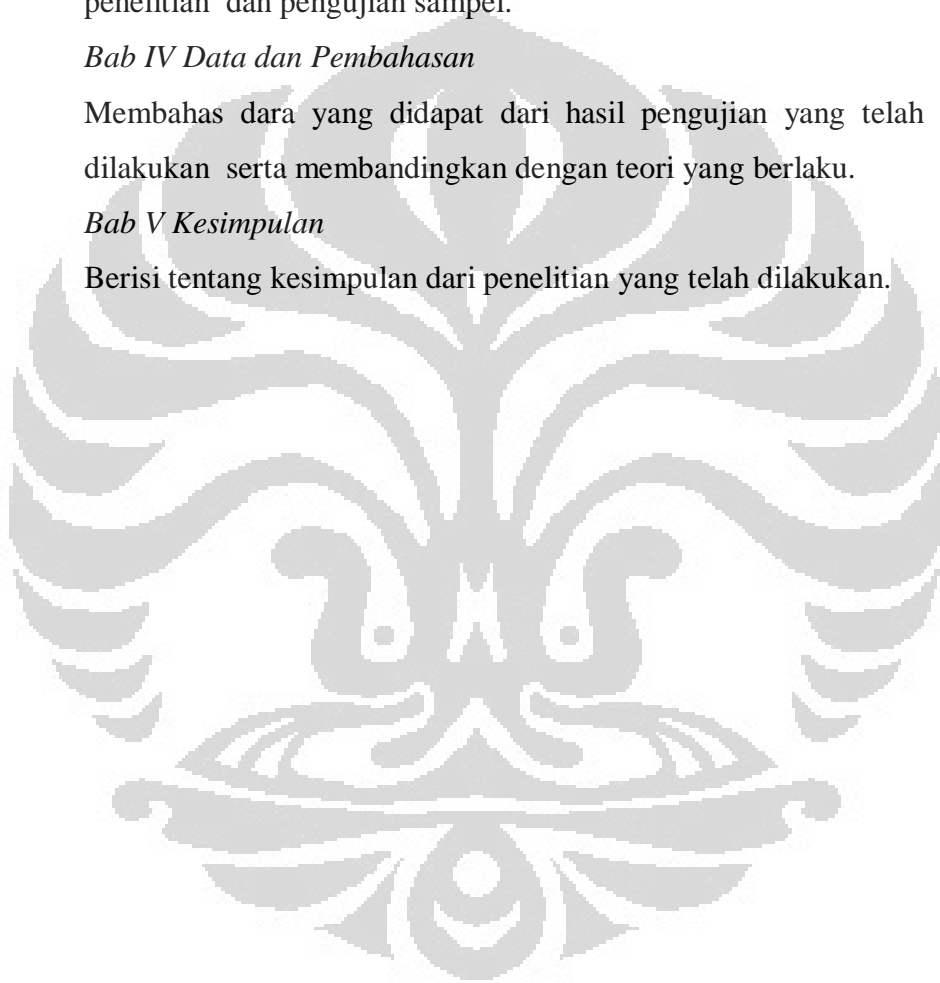
Membahas diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian dan pengujian sampel.

Bab IV Data dan Pembahasan

Membahas data yang didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan serta membandingkan dengan teori yang berlaku.

Bab V Kesimpulan

Berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.



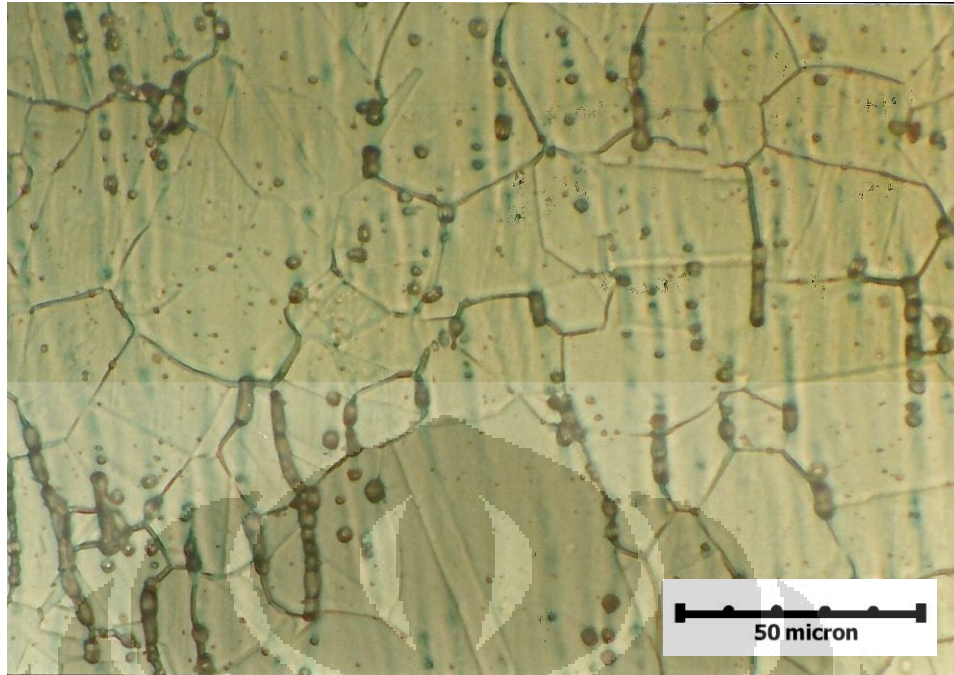
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Baja Tahan Karat Austenitik

Banyak sekali jenis dari baja tahan karat jenis austenitik dan juga baja tahan karat jenis ini sangat umum digunakan. Baja tahan karat austenitik memiliki nomor seri 200 dan 300. Baja tahan karat austenitik memiliki kemampuan bentuk yang baik dan baik jika mengalami proses pengelasan serta dapat diaplikasikan untuk kondisi temperatur tinggi dengan tidak banyak mengalami perubahan sifat-sifat mekanis maupun korosi (sensitisasi). Secara metalurgi, baja tahan karat austenitik memiliki struktur kristal *face center cubic* (FCC). Kekuatan tariknya antara 200 MPa dan dapat ditingkatkan hingga 2000 MPa melalui pengerjaan dingin. Namun baja tahan karat austenitik juga memiliki beberapa kelemahan antara lain⁽¹⁾ :

- a. Memiliki ketahanan yang kurang terhadap *cyclic oxidation* jika dibandingkan dengan tipe ferritik karena koefisien ekspansi termal yang tinggi sehingga cenderung menyebabkan rusaknya lapisan oksida kromium.
- b. Memiliki *Fatigue endurance limit* yang lebih rendah (~ 30% *Tensile Strength*) jika dibandingkan dengan tipe ferritik (~ 50% – 60% *Tensile Strength*).
- c. Memiliki *Termal fatigue* yang relatif rendah karena koefisien ekspansi termal yang relatif tinggi.



Gambar 2. 1 Struktur mikro logam dasar baja tahan karat austenitik 304

II.2. Komposisi Kimia dan Sifat-Sifat Baja Tahan Karat SS304 ⁽²⁾

Tabel 2 1 Persyaratan standard komposisi kimia SS 304, 304L dan 309 ^{(3),(2)}

Desain		Komposisi Kimia									Lain-lain
UNS	Nama umum	C	Cr	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si	
S30400	SS304	0.08 max.	18.0-20.0	2.00 max.	-	0.1	8.0-10.5	0.045 max.	0.030 max	0.75	-
S30403	SS304L	0.03 max.	18.0-20.0	2.00 max.	-	0.1	8.0-12.0	0.045 max.	0.030 max	0.75	-
S30900	SS309	0.20 max.	22.0-24.0	2.00 max.	-	0.1	12.0-15.0	0.045 max.	0.030 max	1.0 max	-

Tabel 2.2. Standard kekuatan mekanik 304, 304L⁽³⁾

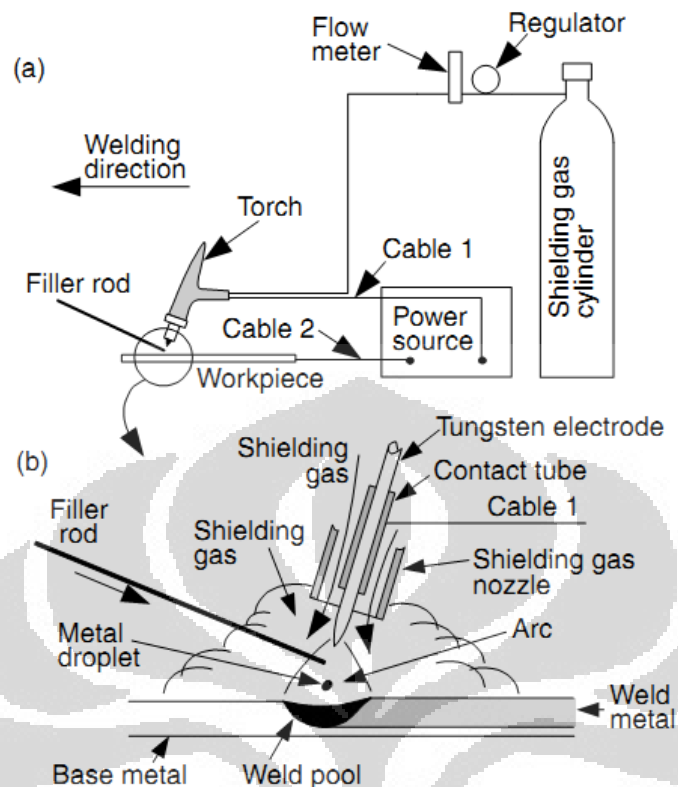
Kekuatan mekanik							
UNS	Nama umum	ASTM	Bentuk	YS	TS	Elongasi pada 50 mm min., %	Kekerasan
S30400	SS304	A240	Pelat	30 ksi min	75 ksi min	40	201 BHN Max
				205 Mpa min.	515 Mpa min.		92 HRB Max
S30403	SS304 L	A240	Pelat	25 ksi min	70 ksi min	40	201 BHN Max
				170 Mpa min.	485 Mpa min.		92 HRB Max

Tabel 2.3. Sifat – sifat fisik baja tahan karat tipe 304⁽³⁾⁽²⁾

Sifat – sifat fisik	
Density, kg/m ³	7900
Mean coefficient of thermal expansion, x 10 ⁻⁶ K ⁻¹	16.5 (20°C – 200°C) 17.5 (20°C – 400°C)
Specific heat pada 20°C, J/kg.K	500
Temperatur lebur, °C	1400 – 1450
Modulus of elasticity, GPa	200
Thermal conductivity pada 20°C, W/m.K	15
Electrical resistivity pada 20°C, Ω.mm ² /m	0.73

II.3. Proses Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Proses Pengelasan adalah proses penyambungan dari logam atau non-logam yang dihasilkan dengan memanaskan material hingga temperatur las, dengan atau menggunakan tekanan (pressure) atau hanya tekanan, dengan atau tanpa logam pengisi⁽⁴⁾.

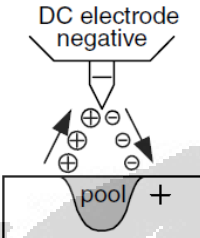
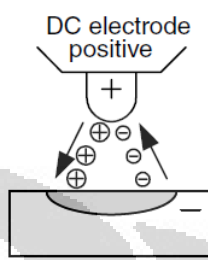
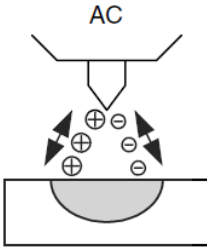


Gambar 2. 2. Skema umum proses pengelasan GTAW⁽⁴⁾

Proses pengelasan GTAW atau TIG merupakan jenis las busur listrik dengan elektroda tidak terkonsumsi. Terjadinya busur listrik akibat elektroda *tungsten* dan kawah las (*weld pool*) dan pada prosesnya diselubungi oleh gas *inert*. Keuntungan dari proses pengelasan ini yaitu kualitas hasil lasannya tinggi, tidak menghasilkan asap, hasil lasannya bersih karena tidak ada fluks atau terak, kecepatan lasnya lebih cepat dibanding SMAW, dan dapat digunakan untuk berbagai jenis logam termasuk *stainless steel*⁽⁵⁾. Sedangkan kelemahan dari GTAW yaitu kecepatannya yang lambat secara umum sehingga deposisinya rendah dan peralatannya yang cukup mahal.

Polaritas yang digunakan dalam proses pengelasan GTAW dibagi menjadi 3 (tiga) tipe yakni polaritas lurus (DCSP/DCEN), polaritas terbalik (DCRP/DCEP) dan polaritas arus bolak-balik (AC) yang masing –masing memiliki karakteristik yang berbeda.

Tabel 2.4. Karakteristik polaritas dan arus dalam pengelasan GTAW⁽⁴⁾⁽⁶⁾

Jenis Arus	DCEN/DCSP	DCEP/DCRP	AC (Balance)
	Polaritas lurus	Polaritas terbalik	Polaritas bolak-balik
Polaritas elektroda	Negatif	Positif	Positif-negatif
Aliran ion dan elektron			
Karakteristik penetrasi			
Efek pembersihan oksida	Tidak	Ya	Ya sekali dalam tiap siklus
Keseimbangan panas	70% panas terjadi pada benda kerja	30% panas terjadi pada benda kerja	50% panas terjadi pada benda kerja
pengelasan dalam busur listrik. (pendekatan)	30% panas terjadi pada ujung elektroda	70% panas terjadi pada ujung elektroda	50% panas terjadi pada ujung elektroda
Penetrasi	Dalam, sempit	Dangkal, lebar	Medium
Kapasitas elektroda	Sangat bagus	Kurang bagus	Sedang
	Misal : 1/8 in.(3.2 mm)	Misal : 1/4 in.(6.4 mm)	Misal : 1/8 in (3.2 mm) 225 A
	400 A	120 A	

II.4. Pengelasan Logam Berbeda Jenis⁽⁷⁾

Bagus atau tidaknya hasil dari proses pengelasan itu tergantung juga dari materialnya, yaitu:

- sifat fisiknya
- titik leburnya
- konduktivitas thermal
- ukuran atomnya

e. ekspansi thermal masing-masing logam

Kemampulan dari material harus dilihat dari paduan dan fasa yang terbentuk di dalamnya.. Apabila terdapat senyawa intermetalik (*intermetallic compound*) pada saat dua material berbeda dilas, maka senyawa tersebut bersifat getas.

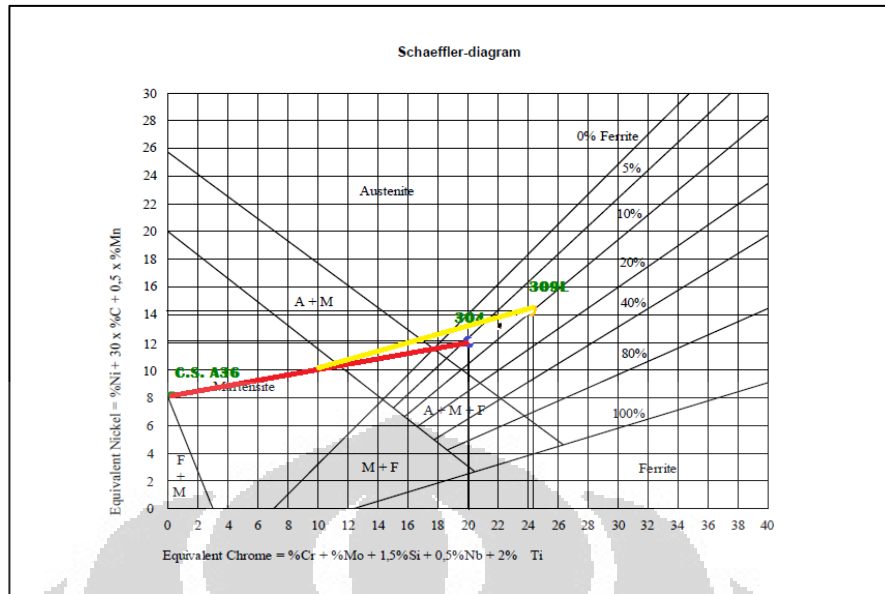
Pengelasan antara *stainless steel* (SS 304) dengan *low carbon steel* (A 36), perpaduan antara kedua jenis logam ini akan menghasilkan paduan yang keras dan getas yang besarnya tergantung pada komposisi kimia logam las. Pengelasan *stainless steel* dengan baja paduan rendah (*low alloyed steel*) biasanya memerlukan logam pengisi dengan kandungan nikel yang lebih tinggi atau sama dengan logam dasarnya. Hal ini dilakukan agar struktur akhir yang terbentuk stabil pada fasa austenit dan terhindar dari fasa akhir martensit. Tiga diantara bahan pengisi tersebut di atas yang paling umum digunakan adalah: 23 – 25%Cr 11 – 15Ni (dengan atau tanpa Mo), 29Cr9Ni, dan 18Cr-8Ni-6Mn⁽⁷⁾.

Metode lain dalam pengelasan logam berbeda jenis yaitu dengan melapisi permukaan sisi kampuh (*buttering*) bahan baja paduan rendah dengan *stainless steel* dan kemudian baru diisi dengan logam pengisi yang sesuai. Hal ini bertujuan mengontrol laju pendinginan dan aliran panas. Apabila bahan pengisi ataupun bahan *buttering* tidak sesuai, dapat mengakibatkan retak di dalam bahan las. Retak ini biasa disebut retak akibat pembekuan (*solidification crack*). Karenanya penentuan jenis bahan pengisi yang sesuai menjadi sangat penting artinya.

Menentukan logam pengisi (*filler*) yang tepat untuk pengelasan logam berbeda jenis, diperlukan perhitungan *Cr equivalence* dan *Ni equivalence* dari tiap-tiap material yang disambung serta logam pengisi yang digunakan harus tepat dan sesuai dengan yang diplotkan didalam Diagram *Schaeffler*.

Tabel 2 5. Cr ekuivalen dan Ni ekuivalen sampel

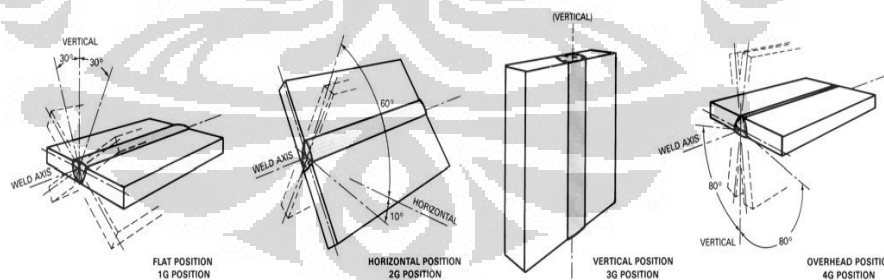
BAHAN AISI	%							Cr eqv	Ni eqv
	C	Cr	Ni	Mo	Si	Nb	Mn		
SS 304	0,08	19,00	9,25	0,00	0,75	0,00	2,00	20,13	12,15
CS A36	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	8,18
309 L	0,04	23,45	12,60	0,00	0,53	0,00	1,58	24,25	14,44



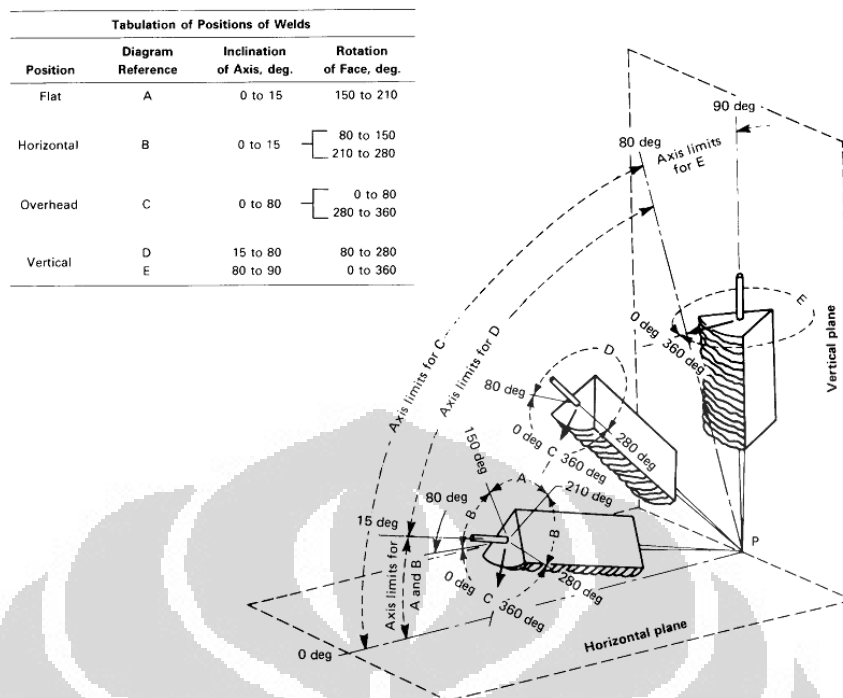
Gambar 2. 3. Diagram schaeffler hasil lasan akhir menunjukkan struktur akhir austenite + ferrite 20%

II.5. Posisi Pengelasan dan Ketebalan Pelat

Proses pengelasan dapat dilakukan dengan berbagai posisi. Posisi las adalah pengaturan posisi dan gerakan elektroda las. Posisi las yang dilakukan oleh operator las tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi las pada pelat terdapat empat jenis sesuai AWS, seperti terlihat pada Gambar 2.4, yaitu 1G, 2G, 3G, dan 4G⁽⁸⁾



Gambar 2. 4. Posisi las *groove* untuk pelat



Gambar 2. 5. Posisi pengelasan untuk desain sambungan *groove*⁽⁹⁾

Ketebalan pelat juga akan mempengaruhi sifat mekanis dan mikrostruktur dari material⁽¹⁰⁾. Pelat merupakan media konduktif yang berperan sebagai penransfer panas selama proses solidifikasi dari logam pengisi terjadi. Semakin tebal pelat logam, maka semakin cepat transfer panas yang berlangsung dan akibatnya laju pendinginan semakin cepat. Sebaliknya jika semakin tipis pelat maka semakin lama transfer panas dan semakin lama laju pendinginannya.

II.6. Masukan Panas (*Heat Input*)

Masukan panas atau yang dalam prakteknya sering disebut *Heat Input* adalah jumlah energi/panas yang diterima oleh logam induk dan logam las per satuan panjang pengelasan. *Heat input* adalah salah satu faktor yang paling penting dalam proses pengelasan karena besar kecil *heat input* akan menentukan sifat akhir mekanis dan struktur mikro dari sambungan⁽¹¹⁾.

Masukan panas (*heat input*) ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$HI = \frac{f1 \times E \times I}{s} \quad (2.1)$$

dimana :

HI = Heat Input (Joule / cm)

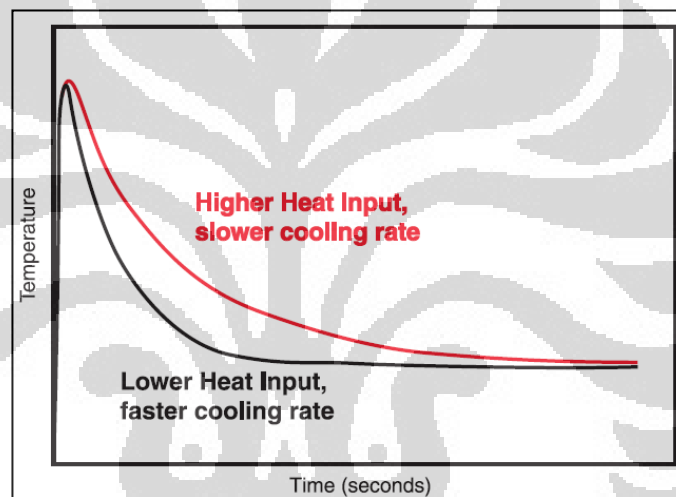
f_1 = Efisiensi perpindahan panas

E = Tegangan busur Las (Volt)

I = Arus Las (Ampere)

V = Kecepatan Las (cm / detik)

Dari rumus diatas dapat dikatakan bahwa besar kecil *heat input* saat proses pengelasan, ditentukan oleh juru las yang melaksanakan pekerjaan karena ke 3 parameter seperti : tegangan (volt), arus (amper) dan kecepatan las dapat diatur secara manual.

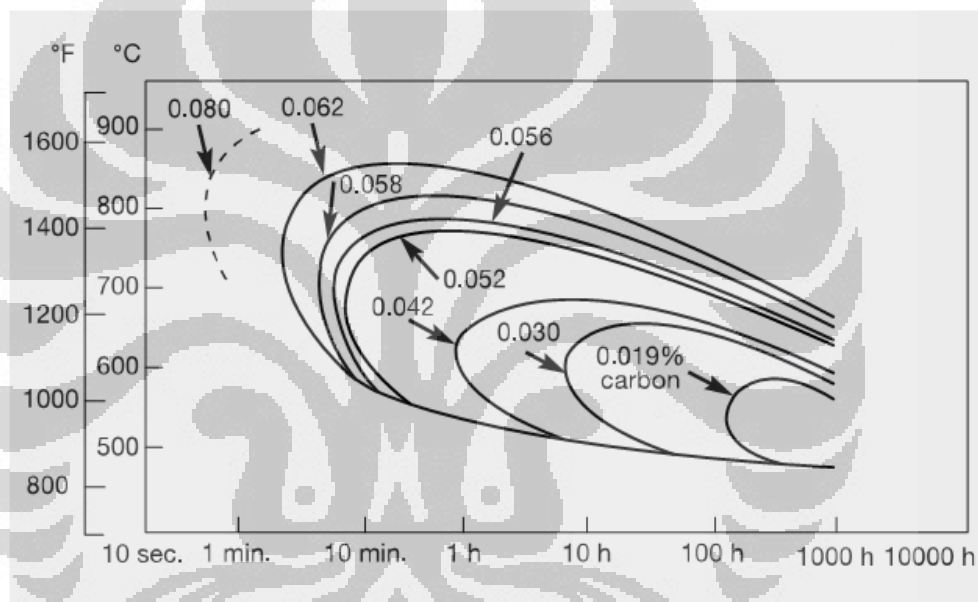


Gambar 2. 6. Pengaruh masukan panas terhadap laju pendinginan

Pengaruh pemasukan panas (*heat input*) terhadap kecepatan pendinginan (*cooling rate*) sambungan las sama seperti pengaruh pemanasan mula (*preheat*) yaitu , untuk material yang sama, semakin tinggi nilai *heat input* atau *preheat* maka kecepatan pendinginan (*cooling rate*) makin rendah, demikian juga sebaliknya. Kecepatan pendinginan (*cooling rate*) ditentukan beberapa faktor seperti : ketebalan material yang dilas , panas jenis (*specific heat*), berat jenis (*density*) dan daya hantar panas (*thermal conductivity*).

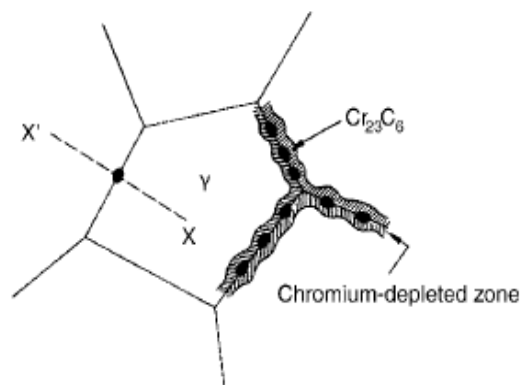
II.7. Sensitisasi pada Baja Tahan Karat

Sensitisasi merupakan fenomena buruk yang terjadi pada austenitic stainless steel (SS) ketika diterapkan pada peningkatan suhu yang tidak tepat seperti apa yang terjadi selama pengelasan atau operasi pada kisaran suhu antara 400 °C dan 800 °C⁽¹²⁾. Ini adalah fenomena yang terkenal dan terdiri dari presipitasi karbida pada batas butir dan pengurangan krom di daerah yang berdekatan dengan batas butir, membuat bahan yang rentan terhadap korosi intergranular⁽¹³⁾. Baru-baru ini, penelitian sebelumnya dari uji laboratorium menunjukkan bahwa sensitisasi pada 650 °C dapat menyebabkan *embrittlement* (penggetasan) dari baja AISI 304⁽¹³⁾.

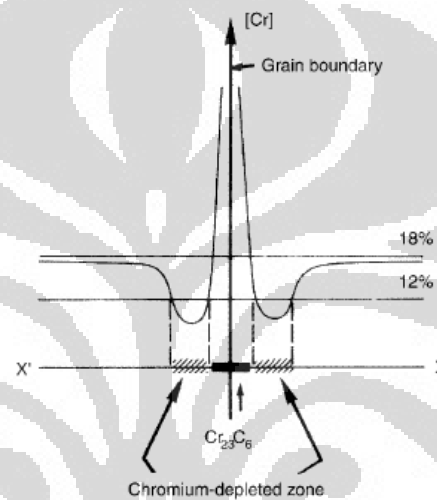


Gambar 2. 7. Laju presipitasi Cr_{23}C_6 sebagai fungsi kadar karbon⁽¹⁴⁾

Karbon cenderung berdifusi menuju batas butir pada baja tahan karat austenik selama preparasi material atau pemanasan yang tidak tepat dalam kisaran suhu 425-815 °C^[13]. Hal ini menyebabkan presipitasi $(\text{Fe, Cr})_{23}\text{C}_6$ ^[12] yang berdekatan dengan batas butir. Konsentrasi kromium di daerah batas butir berkurang sedangkan konsentrasi kromium di dalam butir tetap dan tidak berubah. Proses ini yang disebut dengan sensitisasi. Daerah batas butir yang kekurangan kromium ketahanan korosinya berkurang daripada di dalam butir. Jika konsentrasi kromium turun di bawah nilai kritis, maka korosi terjadi pada batas butir sementara bagian dalam butir tetap pasif dalam kondisi elektrokimia tertentu. Proses ini dikenal sebagai korosi intergranular⁽¹⁵⁾



Gambar 2. 8. Presipitasi karbida chrom pada batas butir⁽¹⁾

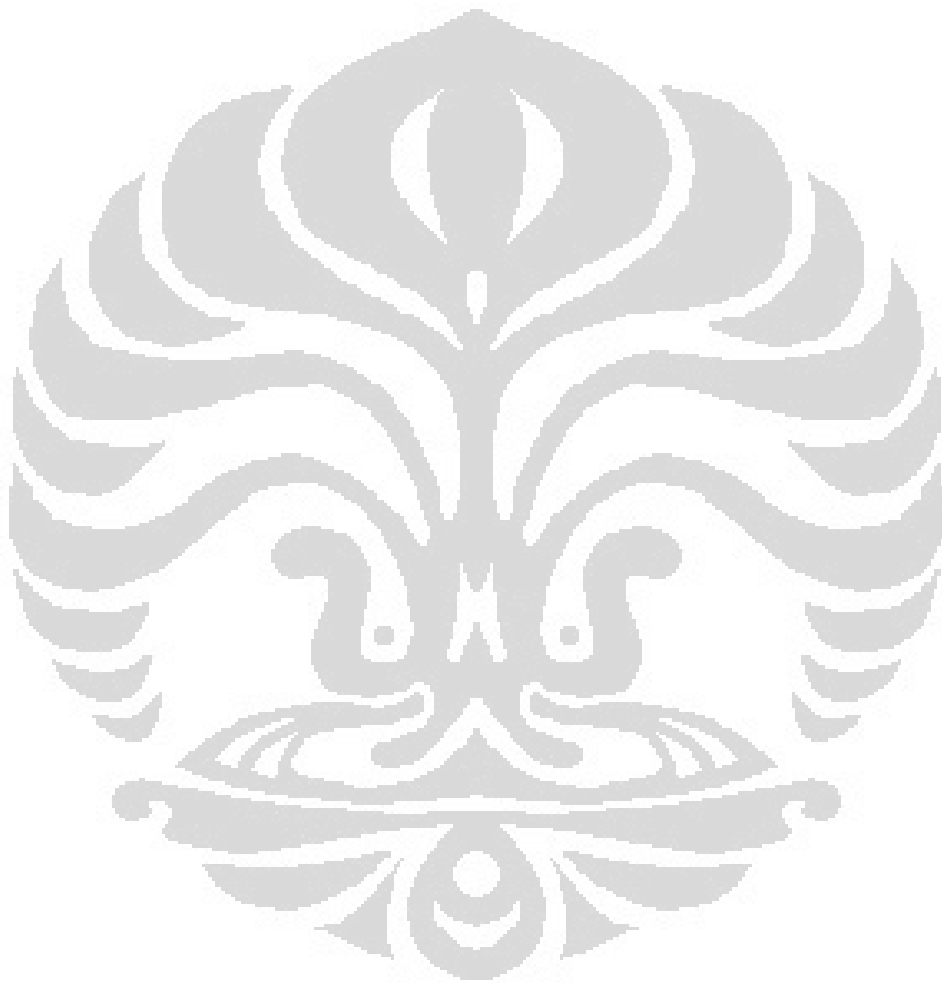


Gambar 2. 9. Penurunan kadar chrom disekitar batas butir⁽³⁾

Ukuran atau lebar sensitisasi pada las-lasan baja tahan karat tipe 304 dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti besarnya masukan panas, maksimum temperatur, dan laju pendinginan pada temperatur $900\text{ }^{\circ}\text{C} - 550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dengan mengontrol parameter-parameter ini, dapat dibuat ukuran sensitisasi yang minimum dan permukaan las-lasan yang bebas terhadap sensitisasi sehingga akan mengurangi potensi terjadinya korosi intergranular khususnya akibat dari kondisi lingkungan yang agresif (*environment induced IGC*)⁽¹⁶⁾.

Lebar dari zona sensitisasi proporsional dengan besar dari *heat input*, kecuali jika fusi yang terjadi sangat kecil. Ukuran sensitisasi yang minimum dapat diperoleh dengan distribusi sumber panas secara luas dengan laju pengelasan yang cepat. Ukuran maksimum dapat dicapai dengan kecepatan yang rendah dan

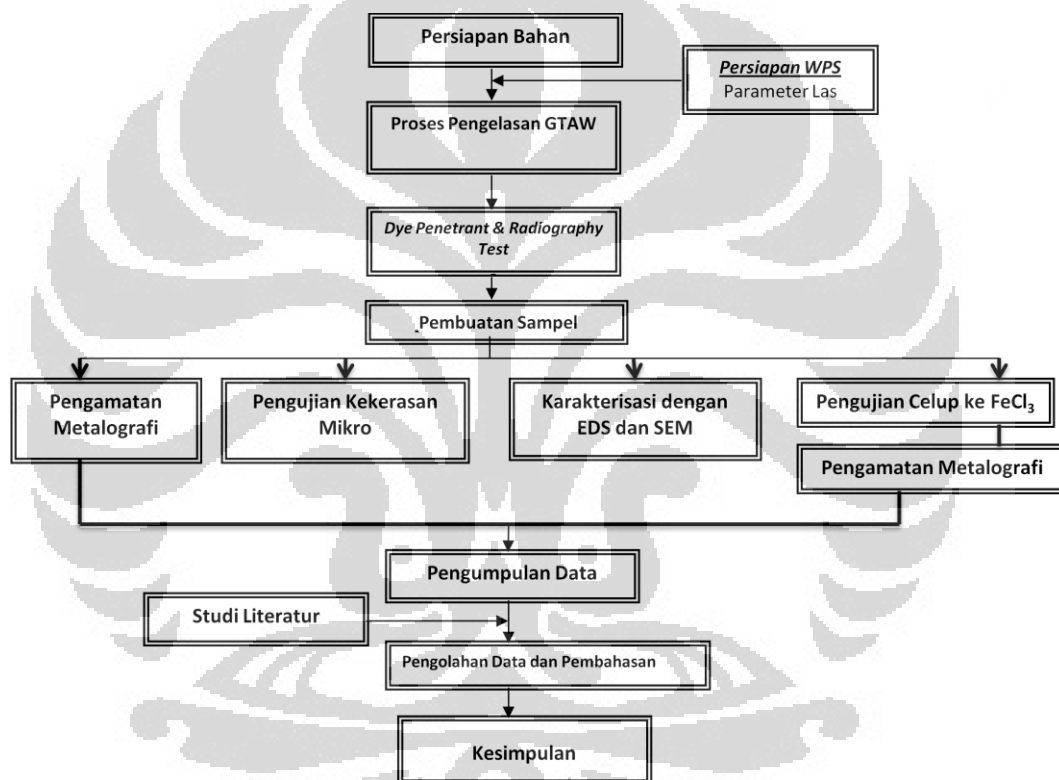
distribusi panas yang sempit. Ukuran yang maksimum tidak baik untuk ketahanan korosi.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini akan dibuat lasan logam berbeda antara baja tahan karat ss304 dengan baja karbon A36 dengan logam pengisinya yaitu ER309. Hasil lasan kemudian diuji tak rusak dengan *penetrant test* dan radiografi untuk melihat kualitasnya sebelum dipotong. Setelah dipotong, sampel kemudian diamati mikrostrukturnya untuk dilihat sensitisasinya. Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

III.2. Alat dan Bahan

III.2.1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama yaitu peralatan yang digunakan saat pembuatan atau fabrikasi sampel. Bagian kedua yaitu yang digunakan untuk karakterisasi dan pengujian.

Peralatan yang digunakan untuk fabrikasi hasil lasan:

- a) Mesin Las GTAW
- b) Gas Argon 99,9%

- c) Meja Las
- d) Tang *Ampere*
- e) Meteran.
- f) *Stopwatch*
- g) Gerinda
- h) *Welding Gage*
- i) Selang gas
- j) Mesin potong

b. Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi hasil lasan

- a) Kertas amplas grit 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1200, 1500
- b) Kain poles
- c) Pasta Alumina
- d) Mesin Amplas dan Poles
- e) Mikroskop optik
- f) Kamera dan roll film
- g) SEM dan EDX
- h) Mesin uji keras vickers

III.2.2. Bahan

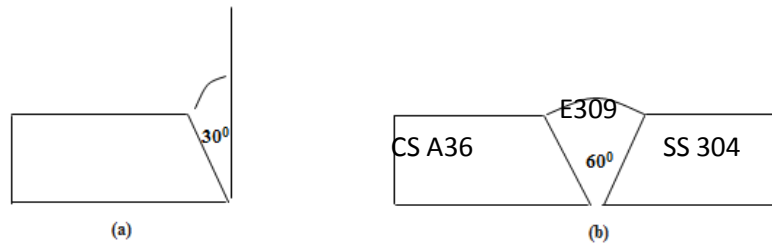
Bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan komposit Al/Al₂O₃:

- a) Pelat baja anti karat SS 304 dan Baja Karbon A36
- b) Logam Pengisi ER 309
- c) Zat etsa asam oksalat 10%
- d) *Penetrant*

III.3. Persiapan Bahan

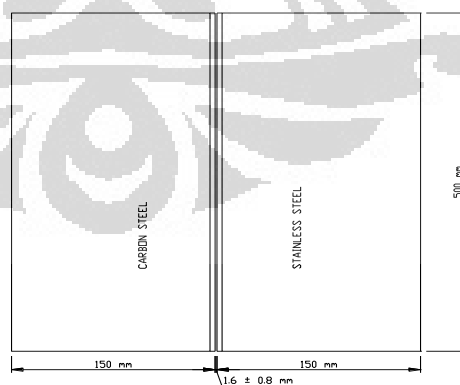
Persiapan material meliputi pengadaan material pelat baja karbon ASTM A36 dan baja tahan karat ASTM A240 Tipe 304 dengan ketebalan 4mm, 6mm, 8mm, dan 10mm. Kawat las yang digunakan untuk *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* adalah E309, Gas argon 99,9% dan bahan-bahan lain yang dibutuhkan. Sebagai logam induk, kedua material akan dipotong masing-masing dengan dimensi 300 mm x 600 mm. Dan selanjutnya akan di *bevel single V-groove* dengan membuat alur dengan kemiringan 30⁰ sesuai dengan AWS A5.1-81 pada masing-masing logam dasar. Setelah digabungkan terbentuk model V groove dengan sudut alur 60⁰.

Demikian juga komposisi kimia logam induk dan kawat las akan dianalisa dan dicatat.

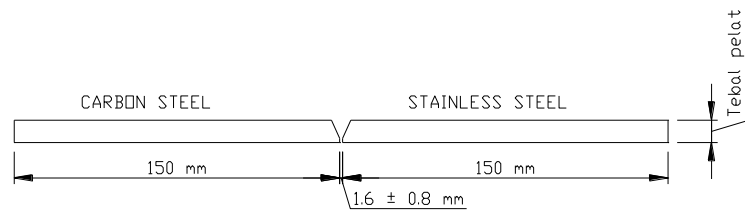


Gambar 3. 2. (a) Potongan Sebelum Pengelasan; (b) Bentuk Sambungan saat Pengelasan

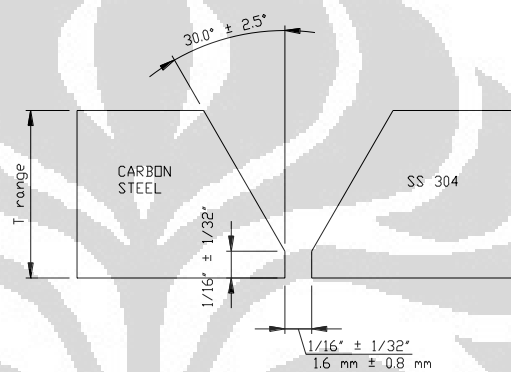
Persiapan sampel las meliputi pengadaan material pelat baja karbon ASTM A36 dan baja tahan karat ASTM A240 Tipe 304 dengan ketebalan 6mm, 8mm, 10mm, dan 12mm. Kawat las yang digunakan untuk *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* adalah ER 309 L, Gas argon 99,9% dan bahan-bahan lain yang dibutuhkan. Sebagai logam induk, kedua material akan dipotong masing-masing dengan dimensi 500 mm x 150 mm. Dan selanjutnya akan di *bevel single V-groove* dengan membuat alur dengan kemiringan 30° sesuai dengan AWS A5.1-81 pada masing-masing logam dasar. Setelah digabungkan terbentuk model V groove dengan sudut alur 60°. Demikian juga komposisi kimia logam induk dan kawat las akan dianalisa dan dicatat.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. 3. (a) Tampak atas; (b) Tampak samping; (c) Dimensi bevel

III.4. Proses Pengelasan

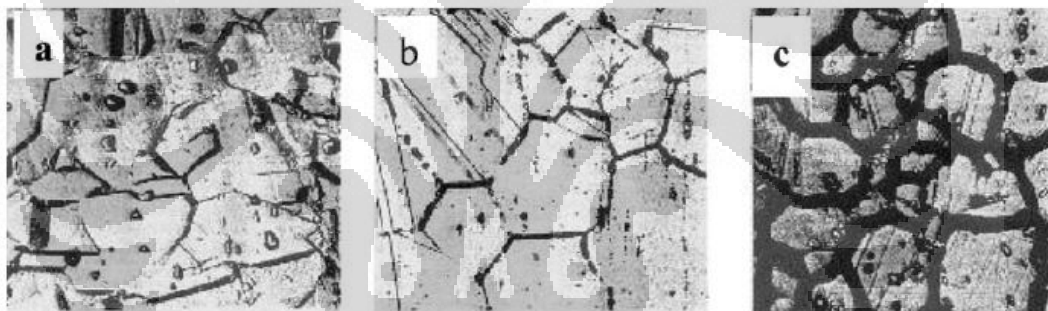
Proses pengelasan dilakukan dengan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) *Butt Joint* pada pelat baja karbon A36 dan SS304 dengan variasi ketebalan 6mm, 8mm, 10mm, dan 12 mm dengan posisi 1G(flat), 2G(Horizontal), dan 3G(Vertikal), pada masing-masing ketebalan.

- Pelaksanaan pengelasan spesimen uji dilakukan di bengkel kerja fabrikator dengan acuan prosedur pengelasan (*Welding Procedure Specification / WPS*) yang telah ditetapkan.
- Kualifikasi juru las untuk pengelasan yang telah memenuhi persyaratan dalam *ASME Section IX "Welding and Brazing Qualifications"*

- c. Pelat yang akan digunakan sebagai spesimen pengujian akan di tandai dan dipotong sesuai dengan dimensi yang sesuai dengan persyaratan standard .
- d. Setiap spesimen pengujian akan diberikan penanda permanen sebagai identifikasi khusus.
- e. Dilakukan penghitungan waktu las setiap 10cm, pencatatan besar rata-rata arus yang mengalir dan tegangan dengan menggunakan tang ampere.

III.5. Pengamatan Struktur Mikro (Metalografi)

Pengamatan mikrostruktur ini bertujuan untuk mendeteksi tingkat sensitisasi yang terjadi. Dalam pengamatan ini menggunakan standar ASTM A262 “*Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels*” Practice A. Terdapat tiga karakteristik struktur sensitisasi pada standar tersebut, yaitu *step*, *dual*, dan *ditch*.



Gambar 3. 4. klasifikasi struktur di ASTM A262 metode A, a) step, b) dual, dan c)ditch⁽¹⁷⁾

Pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik di Departemen Metalurgi dan Material FTUI. Mikroskop optik yang digunakan adalah mikroskop optik dengan kamera *roll film*. Tahapan yang dilakukan sesuai metode A di ASTM A262 yaitu :

- a. Sampel dipotong dengan gergaji, agar tidak menimbulkan panas yang tinggi, pada dimensi 10mm x 50mm.
- b. Sampel kemudian diampelas dengan dimulai dari grit #80, #120, #240, #400, #600, #800, #1000, #1200, #1500 sampai permukaan rata dan orientasinya searah.
- c. Sampel kemudian dipoles dengan ditambahkan pasta alumina sampai dapat memantulkan cahaya.

- d. Sampel kemudian di etsa dengan etsa elektrolitik dengan asam oksalat 10% sebagai elektrolit pada tegangan 6-8 Volt selama 90 detik. Sampel hasil lasan baja tahan karat bertindak sebagai anoda dan batang baja tahan karat sebagai anoda.
- e. Sampel kemudian diamati di mikroskop daerah yang tersensitisasi dengan perbesaran 500x dan diambil gambarnya dengan kamera berisi roll film.



Gambar 3. 5 Mesin Poles Universal

III.6. Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop elektron yang digunakan untuk studi langsung permukaan benda padat dan memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikroskop optik. Ketika sebuah berkas elektron berinteraksi dengan atom di dalam sampel, elektron secara individu menjalani dua jenis hamburan yaitu elastis dan inelastis. *Back-Scattered electrons* (BSE) adalah jenis hamburan elastis, sedangkan *Secondary Electrons* (SE) adalah jenis hamburan inelastis.

Pengujian ini dilakukan sebagai penguat hipotesa bahwa penebalan di batas butir yang terlihat dari foto mikro dengan mikroskop optik merupakan krom karbida. Sampel yang sama dengan sampel metalografi digunakan untuk SEM dan EDS dengan tujuan dapat dianalisis di gambar yang sama. Tahapannya pertama sampel masuk ke dalam chamber sampai vakum, setelah itu sampel ditembakkan

elektron di dekat batas butir yang tebal dan tepat di batas butirnya. Kemudian dibandingkan kadar kromium tepat di dekat batas butir dan di batas butirnya untuk membuktikan adanya pengendapan kromium yang tinggi di batas butir yang berasal dari kromium di dekatnya.

Pada semua gambar SEM diambil 4 titik tembak untuk pengujian EDS, yaitu dua pasang titik yang masing-masing terletak di dekat batas butir dan tepat di batas butir. Kemudian dibandingkan kadar kromiumnya di masing-masing pasangan titik untuk membuktikan terjadinya sensitisasi. Titik-titik tersebut bernomor 1, 2, 3, dan 4. Titik 1 terletak di dekat batas butir, titik 2 terletak di batas butir. Titik 3 terletak di dekat batas butir dan titik 4 terletak tepat di batas butir.

III.7. Pengujian Kekerasan

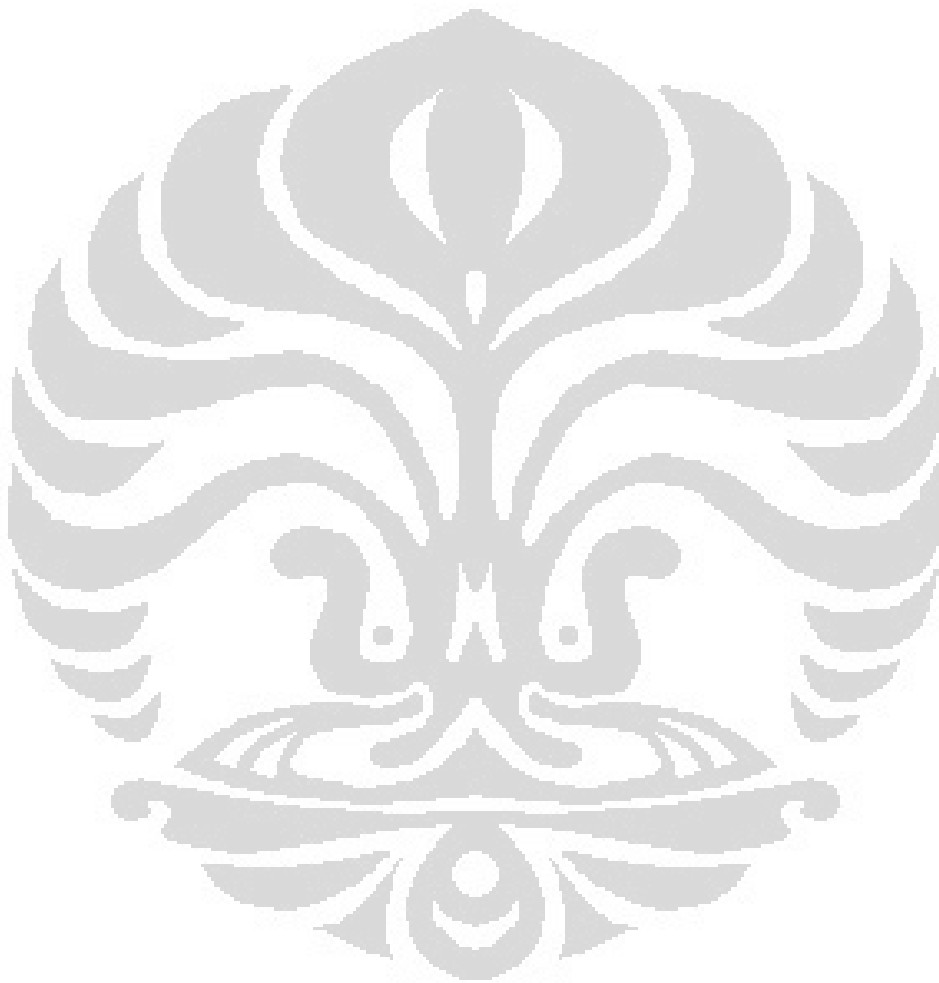
Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan otomatis di Laboratorium PT. FSCM. Menggunakan Metode kekerasan Vickers dengan standar ASTM E92. Titik penjejukan diambil di penampang las segaris lurus mulai dari logam dasar baja karbon, HAZ halus baja karbon, HAZ kasar baja karbon, garis fusi baja karbon dan logam lasan, logam lasan, garis fusi logam lasan dan baja tahan karat, HAZ baja tahan karat, sampai terakhir di logam dasar baja tahan karat.

III.8. Pengujian Ketahanan Korosi dengan Metode *Immersion*

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan melihat bagaimana pengaruh dari sensitisasi yang terjadi terhadap ketahanan korosi pada daerah sensitisasi tersebut. Pengujian ini mengacu dengan menggunakan standar ASTM G48 "*Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution*". Sampel hasil lasan yang digunakan adalah sampel dengan posisi las 1G (datar) dengan variasi ketebalan 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Sampel dipotong dengan ukuran 25 mm x 50 mm, kemudian larutan yang digunakan yaitu FeCl_3 dengan konsentrasi 6 wt%. Sampel yang telah dipotong kemudian diampelas mulai dari grit kasar #80 sampai grit halus #1500. Setelah itu

sampel dipoles dengan kain poles dan alumina. Sampel yang telah dipreparasi kemudian dicelup ke dalam larutan FeCl_3 selama 72 jam.

Setelah 72 jam, sampel kemudian diangkat dan dibilas dengan air lalu direndam di dalam *acetone*. Setelah itu sampel diangkat untuk kemudian dipoles dengan kain poles dan alumina. Sampel lalu dietsa elektrolitik dengan asam oksalat 10% selama 1,5 menit. Hasil etsa kemudian dilihat mikrostrukturnya dengan perbesaran 200x.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Analisa Perbedaan Posisi Las dan Ketebalan Pelat terhadap Masukan Panas

Perbedaan posisi las dan ketebalan pelat membuat proses pengelasan memiliki masukan panas yang berbeda karena parameter las yang berbeda. Arus yang dibutuhkan berbeda untuk tiap posisi karena perbedaan kebutuhan besar kecilnya busur las yang dibutuhkan. Ketika arus yang dibutuhkan berbeda, pastinya tegangan juga ikut berubah karena keduanya berhubungan. Parameter lain yang berbeda yakni bedanya kecepatan las di tiap posisi akibat tingkat kesulitan tertentu di tiap posisi las.

Perbedaan parameter-parameter di setiap posisi dan ketebalan inilah yang membuat masukan panas di tiap lasan berbeda nilainya berdasarkan persamaan 2.1. Dalam penelitian ini diasumsikan efisiensi pengelasan GTAW sebesar 70%

IV.1.1. Masukan Panas Posisi Las 1G (Datar) (detail terlampir)

1. Ketebalan 6 mm

Masukan panas total dari tebal 6 mm adalah 30,029 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 3 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 10,009 kJ/cm.

2. Ketebalan 8mm

Masukan panas total dari tebal 8 mm adalah 49,371 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 4 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 12,343 kJ/cm.

3. Ketebalan 10mm

Masukan panas total dari tebal 10 mm adalah 69,570 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 6 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 11,575 kJ/cm.

4. Ketebalan 12mm

Masukan panas total dari tebal 12 mm adalah 91,975 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 9 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 10,219 kJ/cm.

IV.1.2. Masukan Panas Posisi Las 2G (Horizontal) (detail terlampir)

1. Ketebalan 6mm

Masukan panas total dari tebal 6 mm adalah 27,442 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 3 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 9,147 kJ/cm.

2. Ketebalan 8mm

Masukan panas total dari tebal 8 mm adalah 49,320 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 6 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 8,220 kJ/cm.

3. Ketebalan 10mm

Masukan panas total dari tebal 10 mm adalah 64,977 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 8 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 8,122 kJ/cm.

4. Ketebalan 12mm

Masukan panas total dari tebal 12 mm adalah 90,668 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 12 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 7,555 kJ/cm.

IV.1.3. Masukan Panas Posisi Las 3G (Vertikal) (detail terlampir)

1. Ketebalan 6mm

Masukan panas total dari tebal 6 mm adalah 31,414 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 2 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 15,707 kJ/cm.

2. Ketebalan 8mm

Masukan panas total dari tebal 8 mm adalah 54,551 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 3 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 18,184 kJ/cm.

3. Ketebalan 10mm

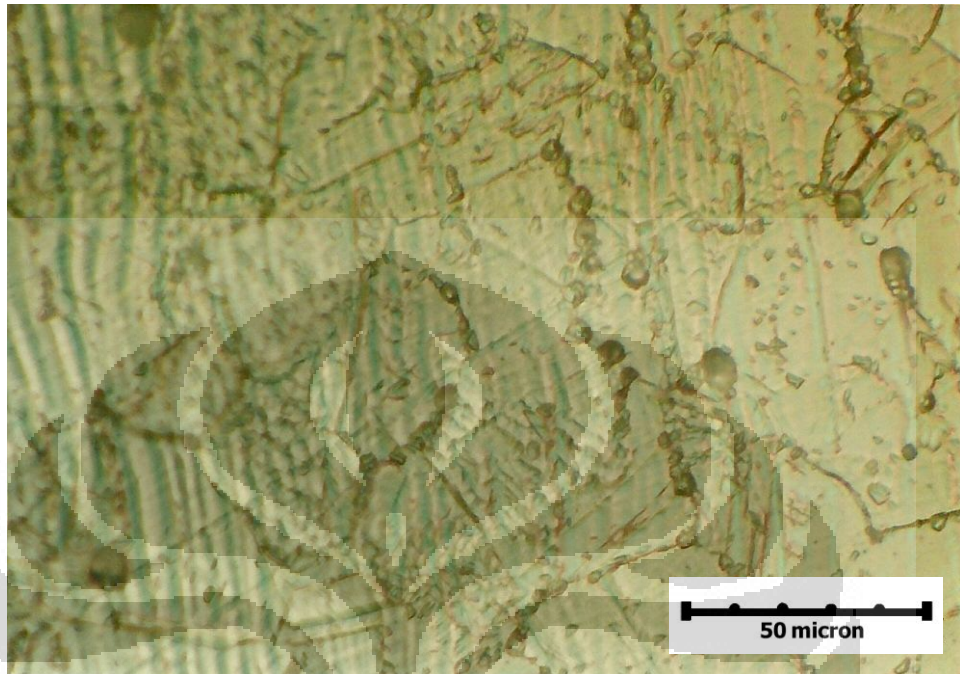
Masukan panas total dari tebal 10 mm adalah 73,583 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 5 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 14,716 kJ/cm.

4. Ketebalan 12mm

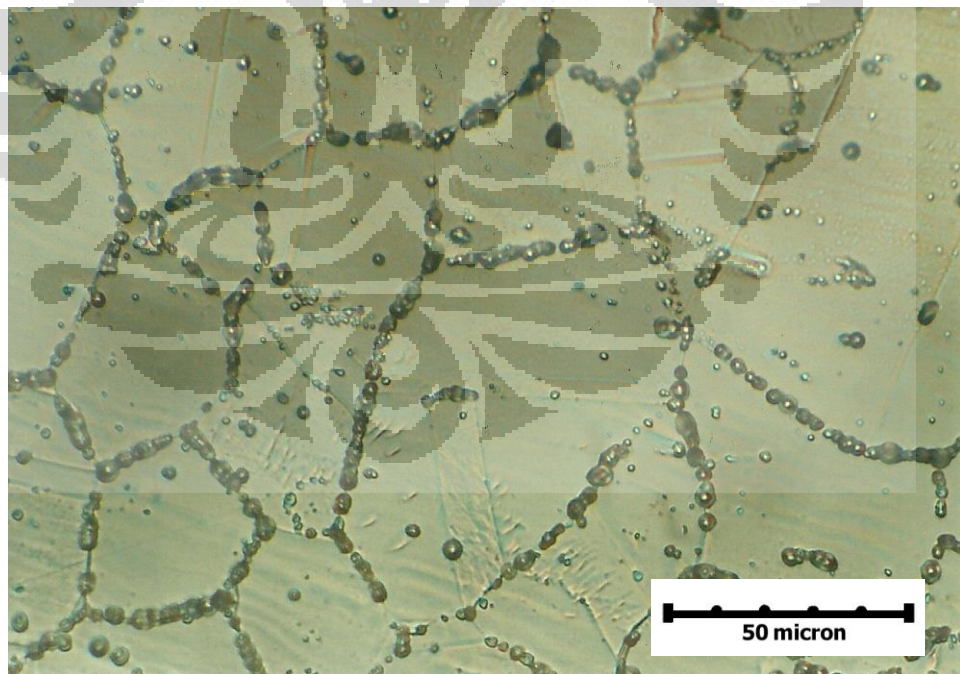
Masukan panas total dari tebal 12 mm adalah 103,401 kJ/cm, sedangkan jumlah *passing*-nya 7 kali. Maka jumlah Masukan panas yang diterima area sensitisasi rata-ratanya adalah masukan panas total dibagi jumlah *passing*, yaitu 14,772 kJ/cm.

IV.2. Hasil dan Analisa Perbedaan Ketebalan Pelat terhadap Mikrostruktur Sensitisasi di SS304

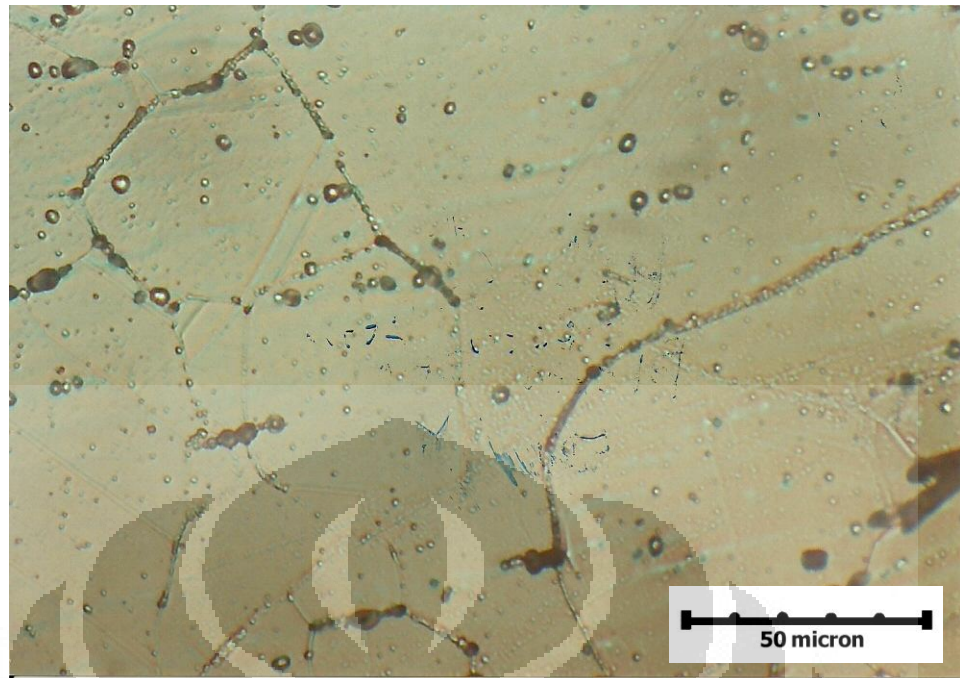
IV.2.1. Mikrostruktur Sensitisasi 1G (Datar)



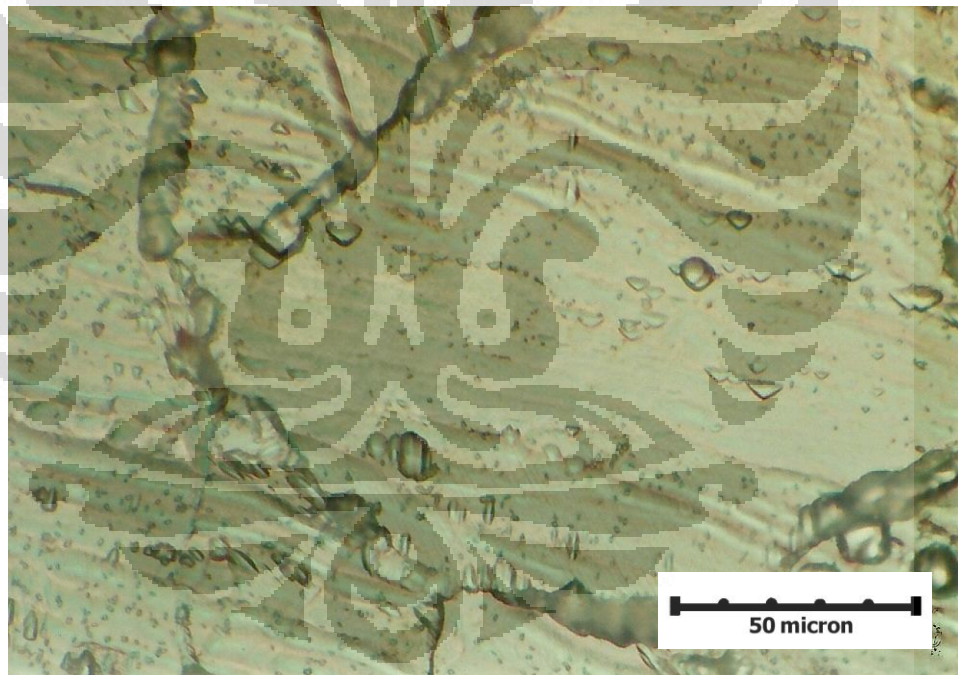
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. 1 HAZ SS 304 di posisi pengelasan 1G perbesaran 500x (a) 6mm (b) 8mm (c) 10mm (d) 12mm

Pada posisi pengelasan 1G (datar), hasilnya menunjukkan bahwa penebalan terjadi di semua batas butir. Hal ini menunjukkan bahwa sensitisasi terjadi di semua ketebalan pada posisi pengelasan 1G. Variasi ketebalan karbida di batas butir yang terjadi yaitu pada ketebalan 6 mm

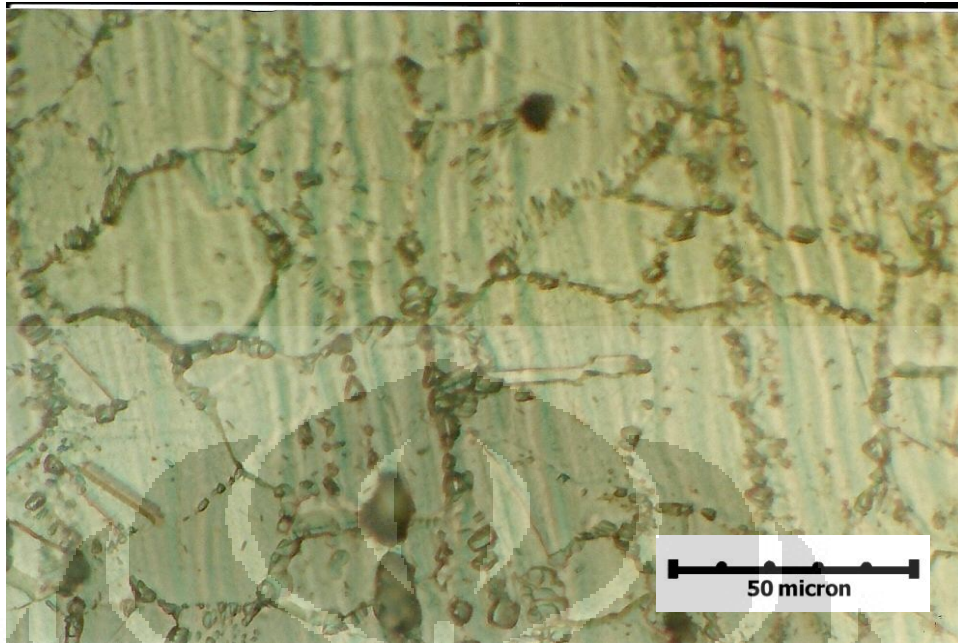
memiliki karbida yang paling tebal dan banyak, tetapi ada bagian yang terputus. Berikutnya yang memiliki ketebalan kurang dari yang ada di pelat 6 mm adalah pelat 8 mm. Pada pelat 8mm karbidanya saling bersambungan tapi ada juga bagian yang terputus. Urutan berikutnya yaitu di pelat dengan ketebalan 10 mm. Pada pelat dengan ketebalan 6 mm ada bagian yang tebal seperti di 8 mm dan ada juga yang tipis seperti di pelat 10mm, ada juga bagian yang terputus. Urutan terakhir yang memiliki ketebalan karbida paling tipis yaitu pelat 12mm.

Jika disesuaikan dengan standar di ASTM A262, pelat 12mm memiliki klasifikasi struktur sebagian *step*, 10 mm *step*, 8 mm *dual*, dan 6 mm *ditch*.

Perbedaan tingkat adanya karbida di batas butir ini menunjukkan adanya perbedaan tingkat sensitisasi yang terjadi. Jika ditinjau dari nilai masukan panas yang dimiliki masing-masing sampel, 12mm memiliki masukan panas 10,219 kJ/cm, 8 mm 12,343 kJ/cm, 6mm 10,009 kJ/cm, dan 10mm 11,575 kJ/cm. Rata-rata masukan panas pada setiap pelat itu sama sehingga dapat dianalisa dari laju pendinginannya berkaitan dengan ketebalan pelat. Pelat 12mm merupakan yang paling tebal, sehingga laju pendinginannya lebih cepat. Karbida tidak tebal di 12mm disebabkan tidak optimumnya ketebalan 12mm sebagai media pendingin untuk masukan panas sebesar itu. Pelat 8mm memiliki tingkat sensitisasinya lebih besar daripada pelat 10mm. Hal ini terjadi karena dengan masukan panas sebesar 11,575 kJ/cm lebih optimum untuk meminimalisir sensitisasi yang terjadi pada pelat 10mm sebagai media pendinginnya daripada di pelat 8mm. Demikian sama halnya dengan yang terjadi antara pelat 10mm dengan 6mm, tingkat sensitisasinya lebih tinggi di 6mm akibat tidak sesuainya masukan panas dengan ketebalan pelat.

Jadi pada posisi pengelasan 1G dengan variasi ketebalan, paling optimum sensitisasi tidak terjadi yaitu pada ketebalan 12mm. Sedangkan paling parah atau rentan tersensitisasi pada ketebalan 6mm.

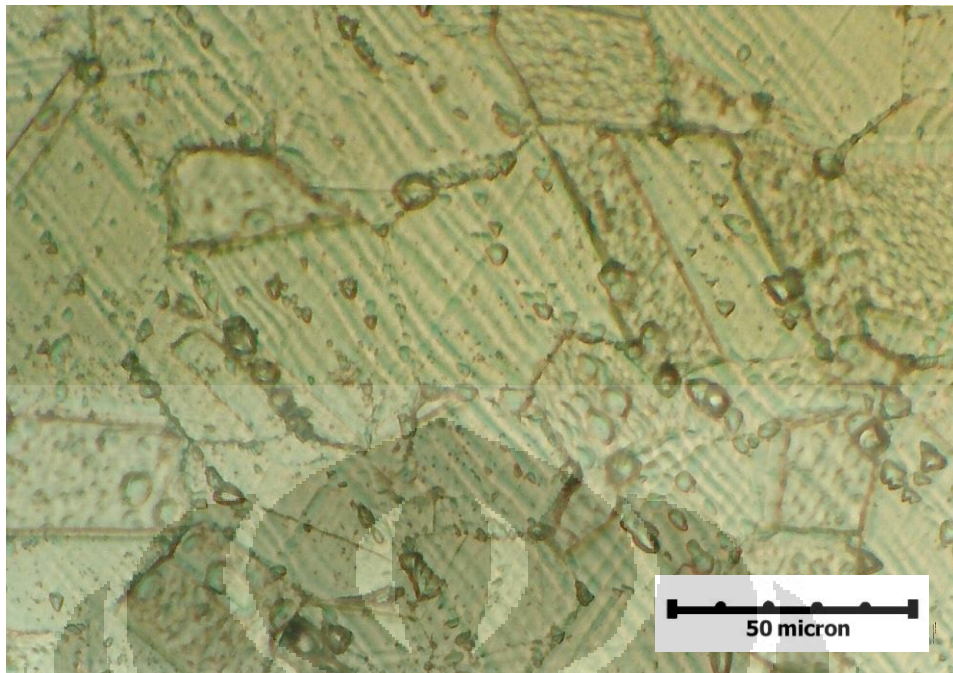
IV.2.2. Mikrostruktur Sensitisasi 2G (Horizontal)



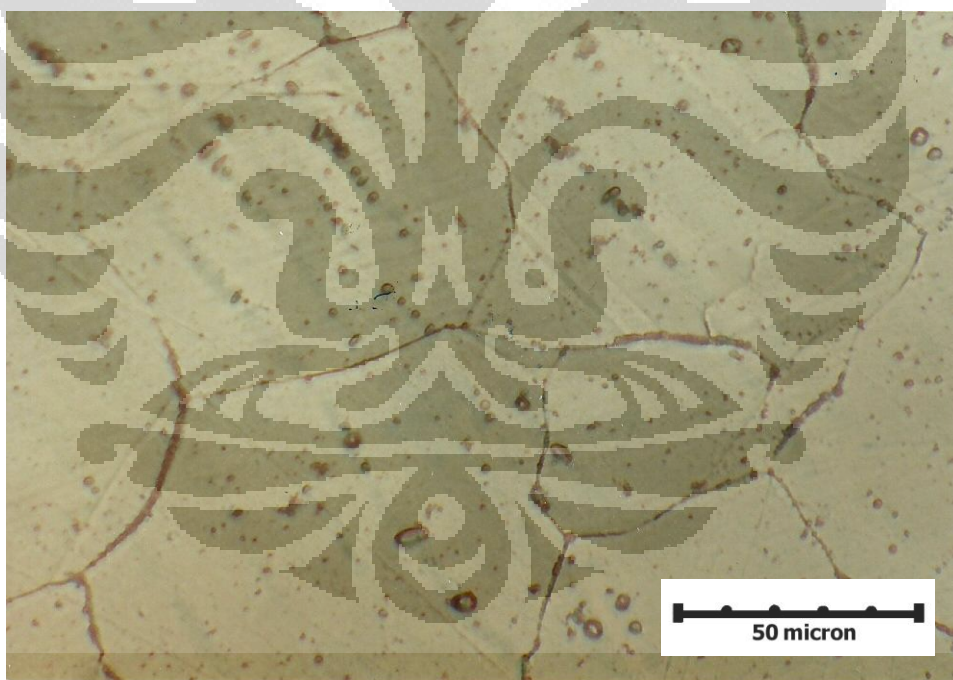
(a)



(b)



(c)



(d)

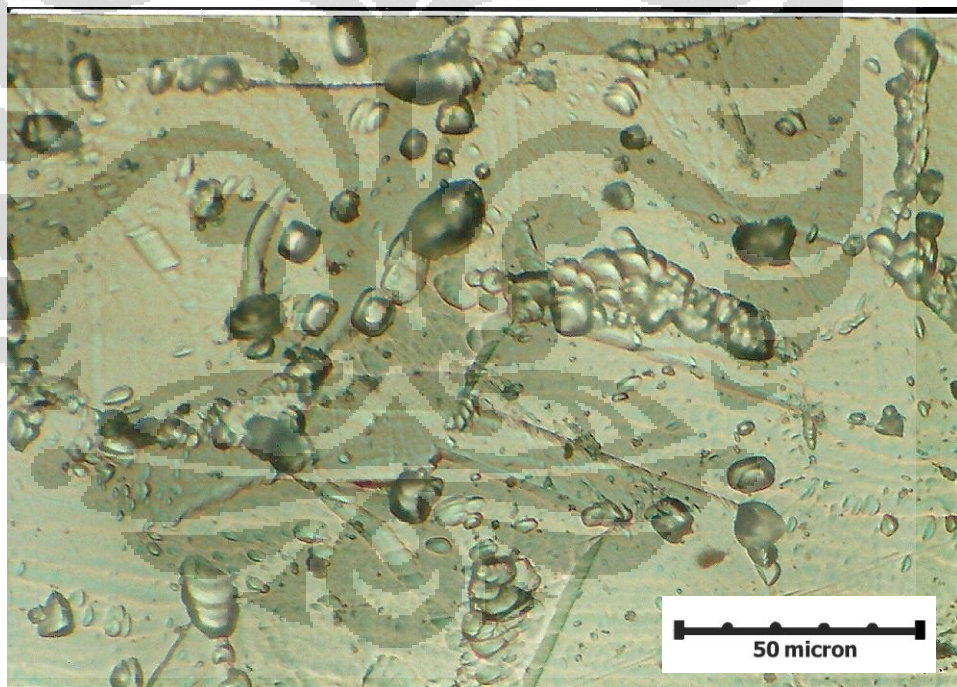
Gambar 4. 2 HAZ SS 304 di posisi pengelasan 2G perbesaran 500x (a) 6mm (b) 8mm (c) 10mm (d) 12mm

Pada posisi pengelasan 2G (Horizontal), jika diklasifikasikan sesuai standar di ASTM A262, maka mikrostruktur sensitisasi yang terbentuk pada 6mm

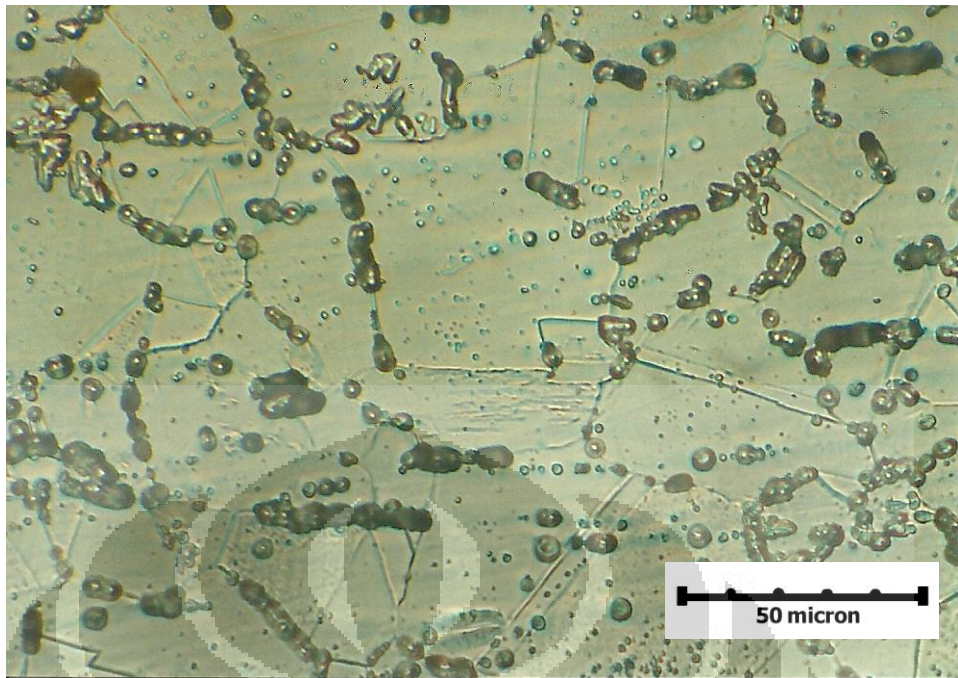
adalah hampir mendekati *ditch*, pada 8mm *dual*, pada 10mm *step* dan *ditch*, sedangkan pada 12mm berstruktur *step*.

Jika ditinjau dari nilai masukan panasnya, 12mm memiliki nilai 7,555 kj/cm, 10mm memiliki nilai 8,122 kj/cm, 8mm memiliki nilai 8,220 , dan 6mm memiliki nilai masukan panas 9,147 kj/cm. Rata-rata masukan panas pada setiap pelat itu sama sehingga dapat dianalisa dari laju pendinginannya berkaitan dengan ketebalan pelat. Seperti yang telah dijelaskan pada analisa di posisi pengelasan 1G, ketebalan 12mm dengan nilai masukan panas 7,555 kj/cm berarti paling optimum mengurangi sensitisasi akibat laju pendinginan yang cepat dengan nilai masukan sebesar itu.

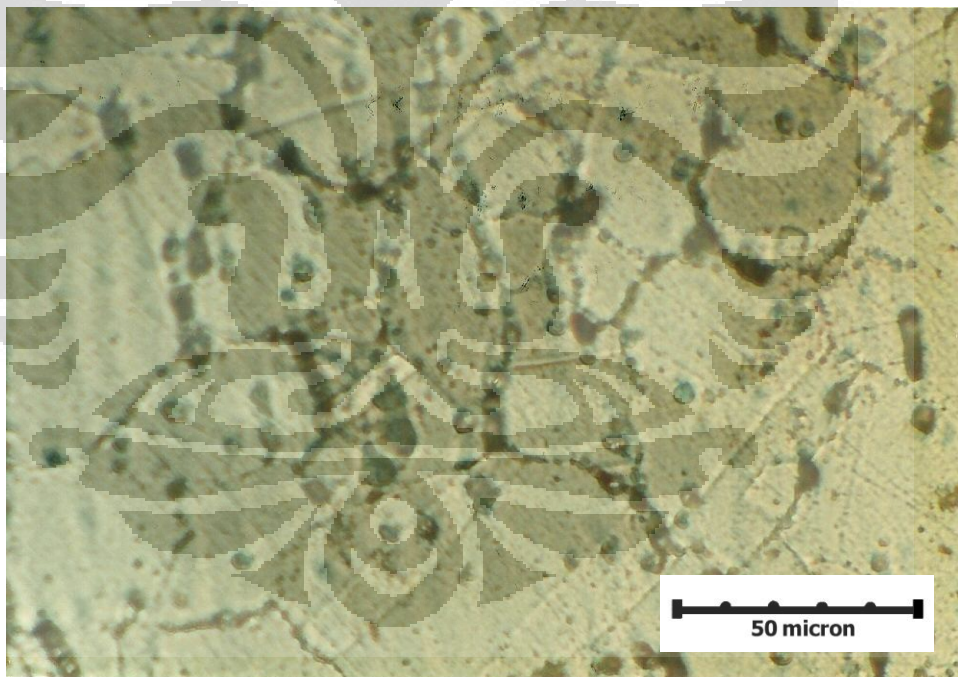
IV.2.3. Mikrostruktur Sensitisasi 3G (Vertikal)



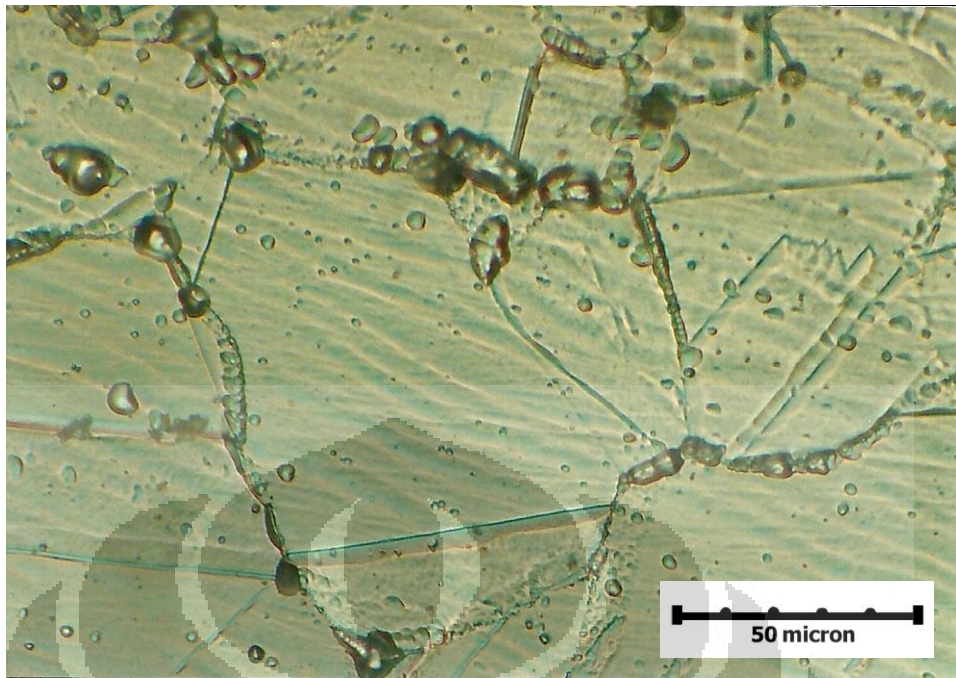
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. 3. HAZ SS 304 di posisi pengelasan 3G perbesaran 500x (a) 6mm (b) 8mm (c) 10mm (d) 12mm

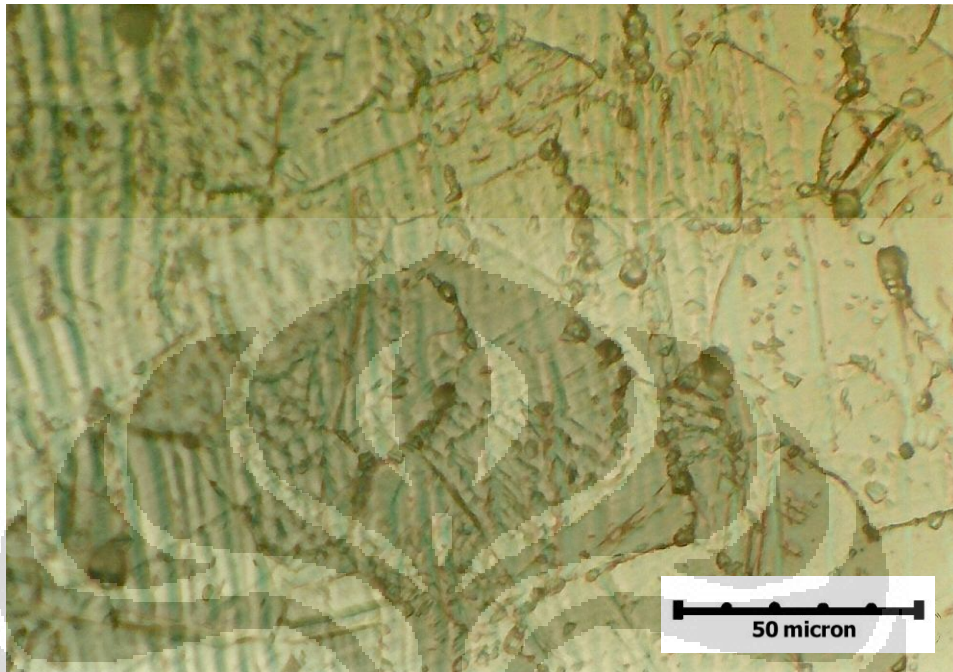
Pada posisi pengelasan 3G (vertikal), jika diklasifikasikan sesuai standar di ASTM A262, maka mikrostruktur sensitisasi yang terbentuk pada 6mm memiliki sedikit *ditch* tetapi lebih banyak *step*, pada 8mm *step* dan *dual*, pada 10mm *step* dan *dual*, sedangkan pada 12mm berstruktur *step*.

Jika ditinjau dari nilai masukan panasnya, 12mm memiliki nilai 14,772 kJ/cm, 10mm memiliki nilai 14,716 kJ/cm, 8mm memiliki nilai 18,184 dan 6mm memiliki nilai masukan panas 15,707 kJ/cm. Rata-rata masukan panas pada setiap pelat itu sama sehingga dapat dianalisa dari laju pendinginannya berkaitan dengan ketebalan pelat.

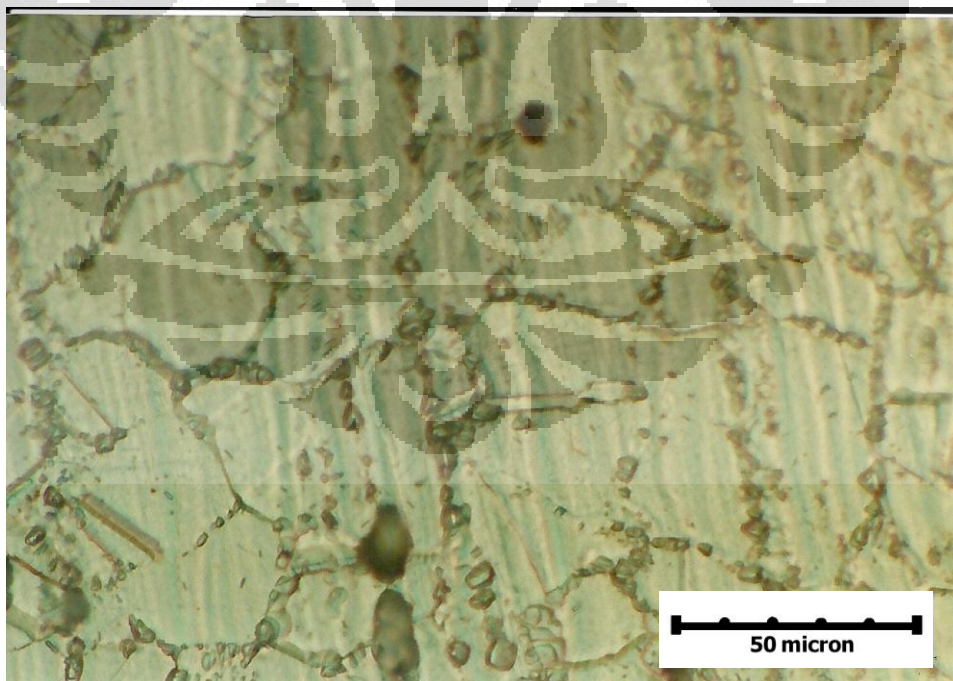
Pada posisi pengelasan 3G dengan variasi ketebalan 6mm, 8mm, 10mm, dan 12mm, paling maksimum untuk meminimalisir sensitisasi adalah pada ketebalan 12mm. Hal ini disebabkan dengan ketebalan 12mm masukan panas senilai 14,722 kJ/cm dapat terdistribusi secara baik karena laju pendinginannya cepat sehingga dapat meminimalisir sensitisasi yang terjadi.

IV.3. Hasil Analisa Perbedaan Posisi Pengelasan terhadap Mikrostruktur Sensitisasi di SS304

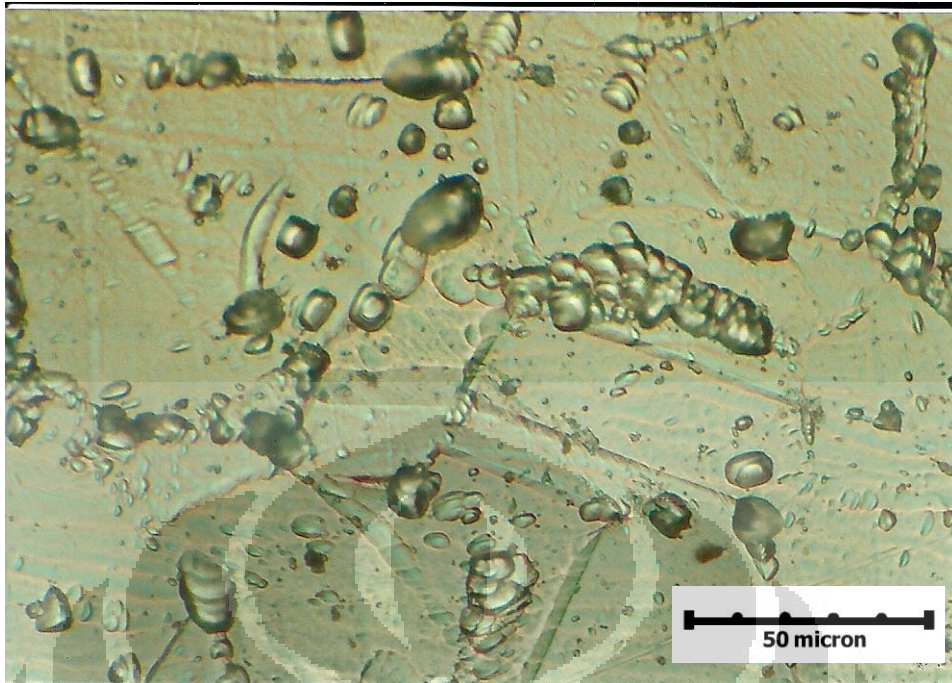
IV.3.1 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 6mm



(a)



(b)



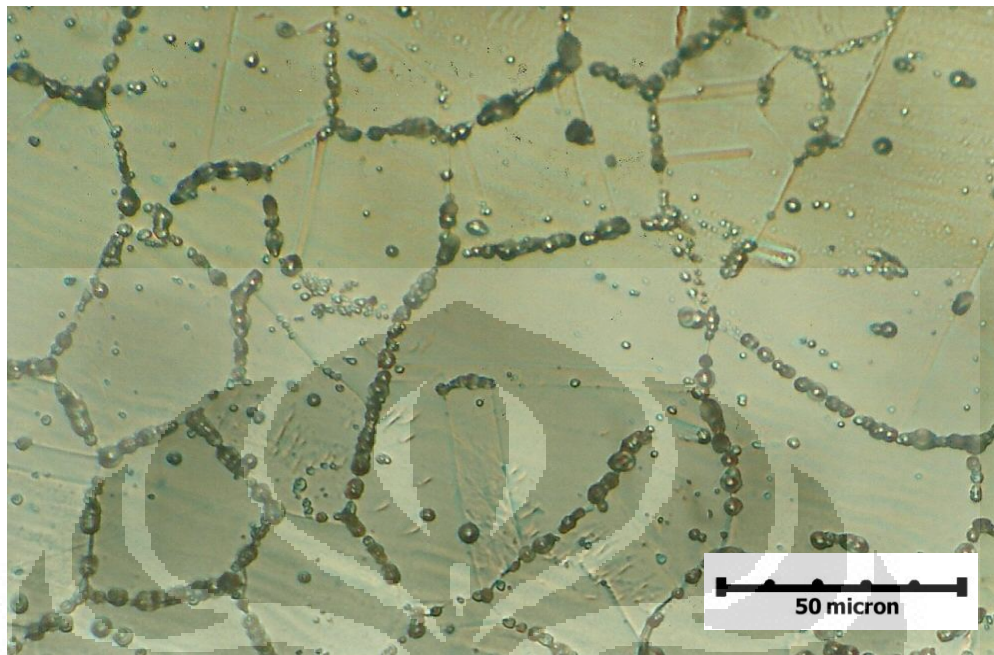
(c)

Gambar 4. 4. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 6mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G

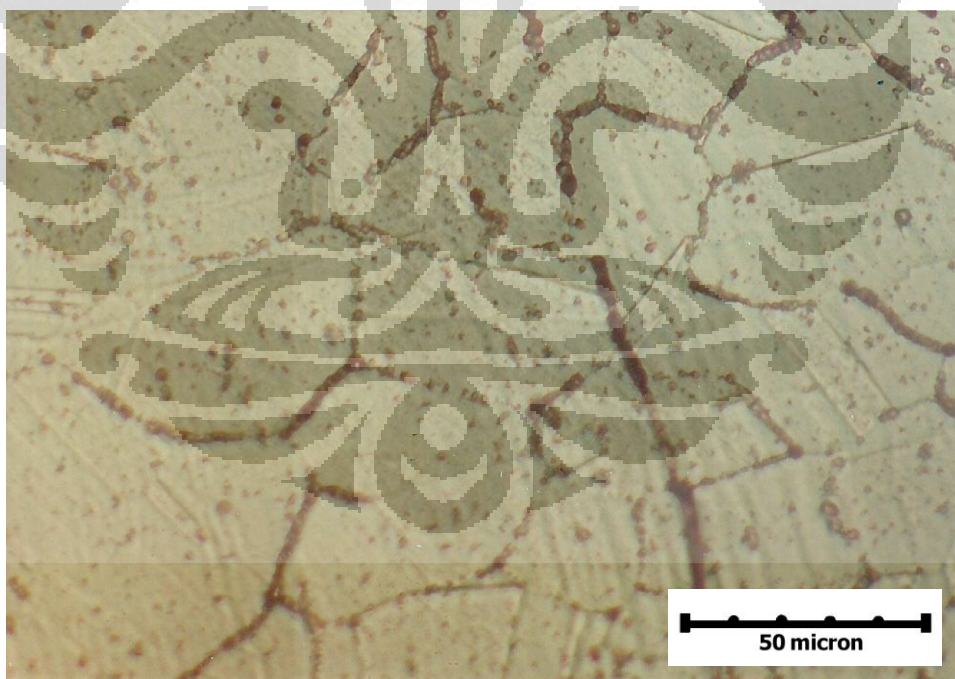
Pada ketebalan 6mm dengan variasi posisi pengelasan 1G, 2G, dan 3G, untuk menganalisis tingkat sensitisasi yang terjadi, sesuai literatur maka dilihat masukan panas yang dimiliki. Ketiganya memiliki nilai masukan panas yang tidak berbeda jauh, yaitu 10,009 kJ/cm untuk posisi 1G, 9,147 kJ/cm untuk posisi 2G, dan 15,707 kJ/cm untuk posisi 3G.

Nilai masukan panas yang dapat terdistribusi dengan baik pada pelat dengan ketebalan 6mm adalah 9,147 kJ/cm yaitu pada posisi pengelasan 2G. Paling parah terjadi sensitisasi justru terjadi di posisi 3G dengan nilai masukan panas paling tinggi 15,707 kJ/cm.

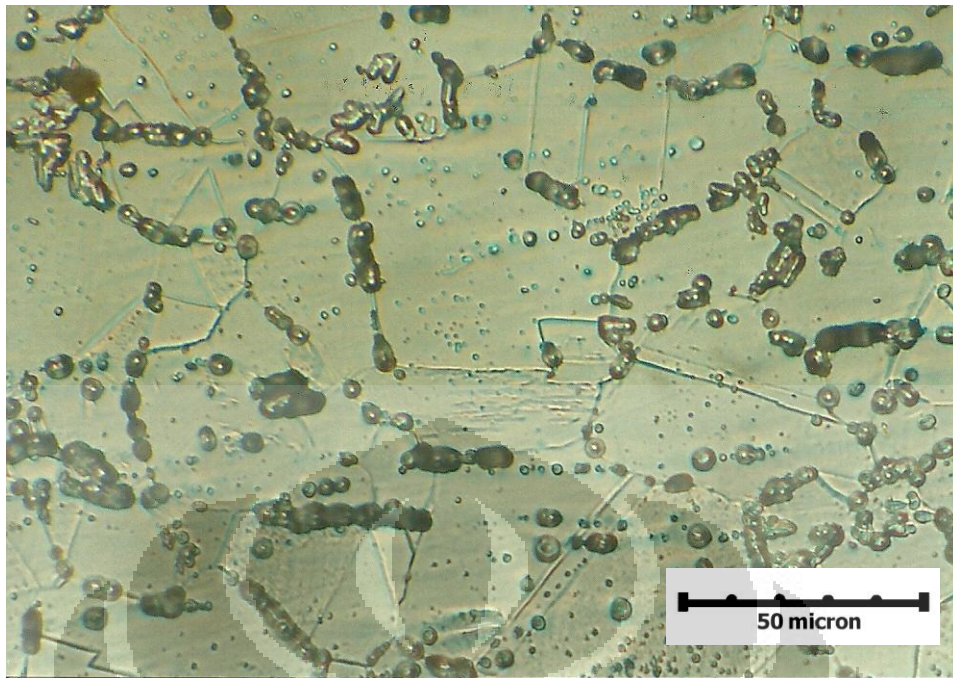
IV.3.2 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 8mm



(a)



(b)



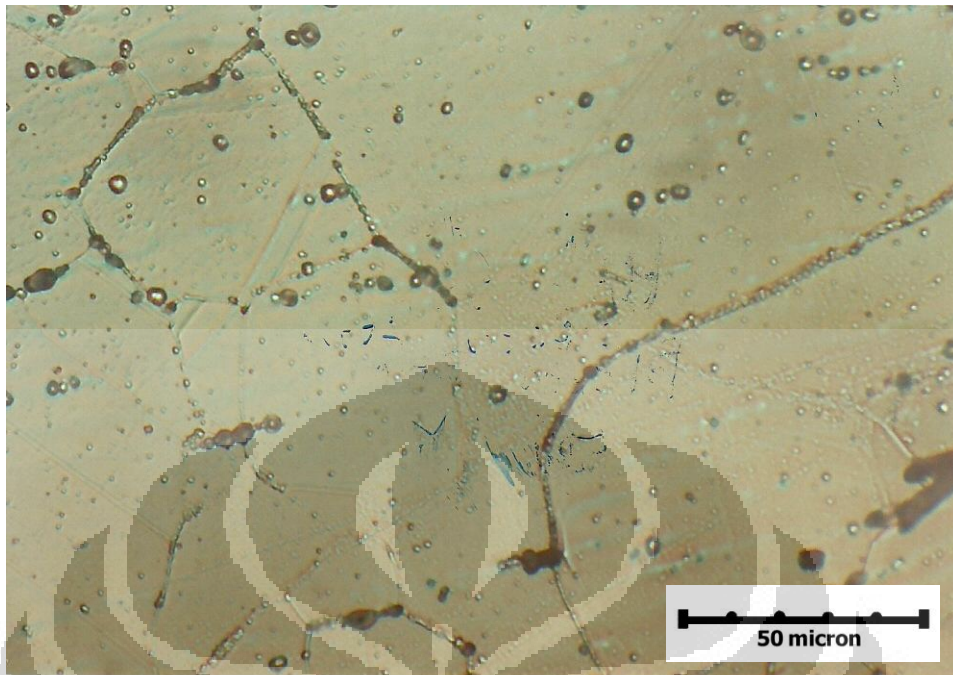
(c)

Gambar 4. 5. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 8mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G

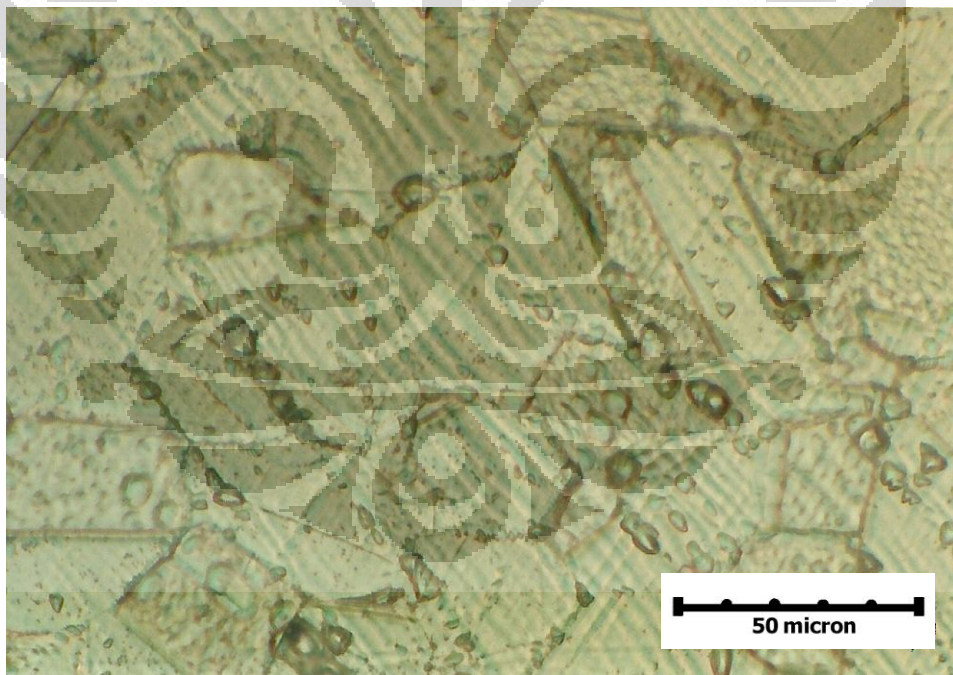
Pada ketebalan 8mm dengan variasi posisi pengelasan 1G, 2G, dan 3G, untuk menganalisis tingkat sensitisasi yang terjadi, sesuai literatur maka dilihat masukan panas yang dimiliki. Ketiganya memiliki nilai masukan panas yang tidak berbeda jauh, yaitu 12,343 kJ/cm untuk posisi 1G, 8,220 kJ/cm untuk posisi 2G, dan 18,184 kJ/cm untuk posisi 3G.

Nilai masukan panas yang dapat terdistribusi dengan baik pada pelat dengan ketebalan 8mm adalah pada posisi 2G dengan nilai masukan panas paling kecil yaitu 8,220 kJ/cm. Oleh sebab itu minim terjadi sensitisasi. Paling parah terjadi sensitisasi di posisi 3G dengan nilai masukan panas 18,814 kJ/cm yang mana memiliki nilai masukan panas paling tinggi.

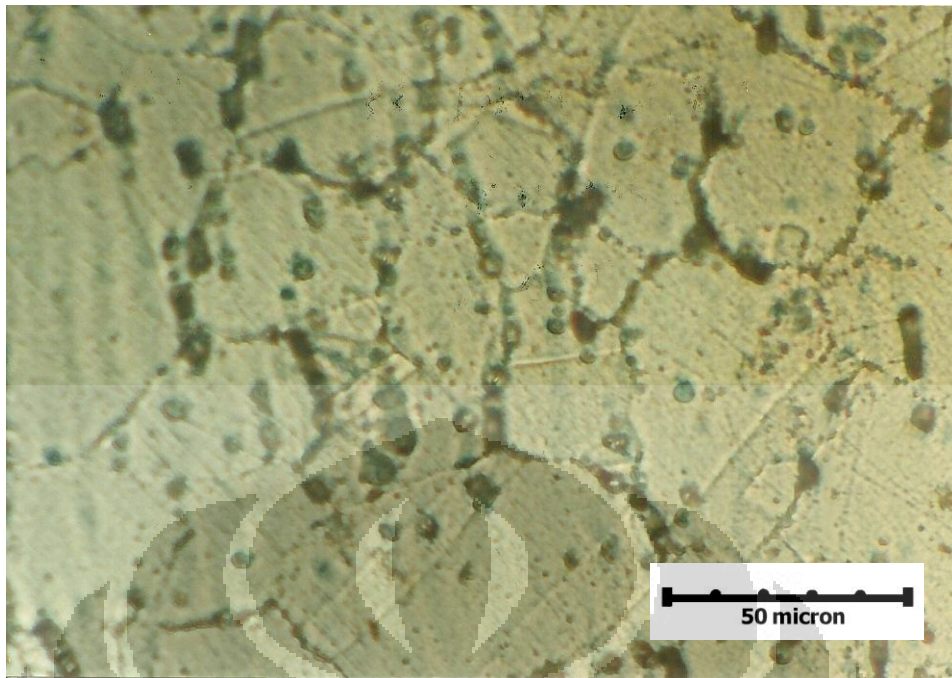
IV.3.3 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 10mm



(a)



(b)



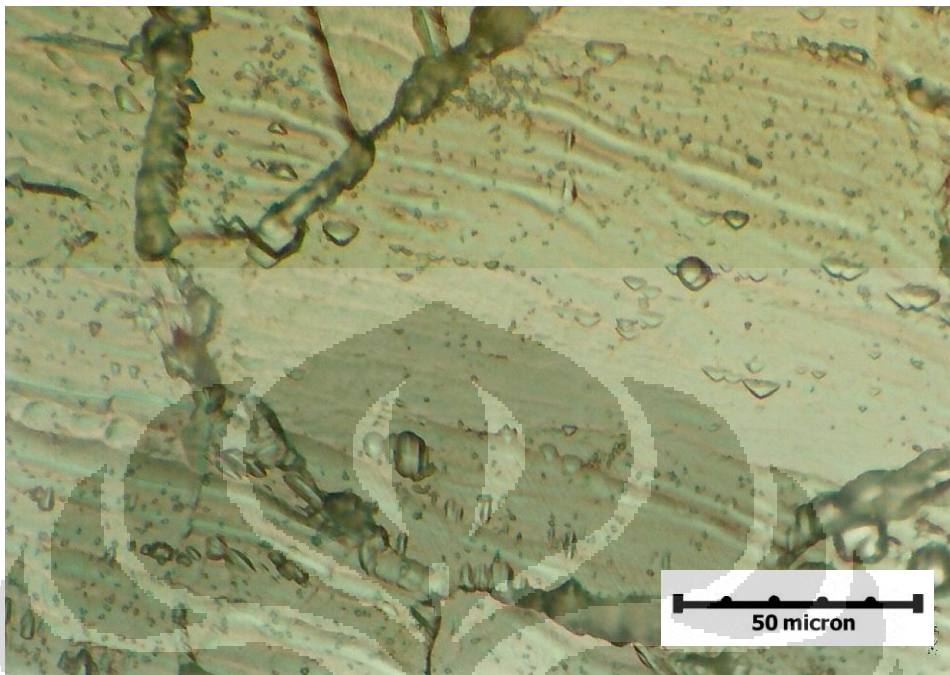
(c)

Gambar 4. 6. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 10mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G

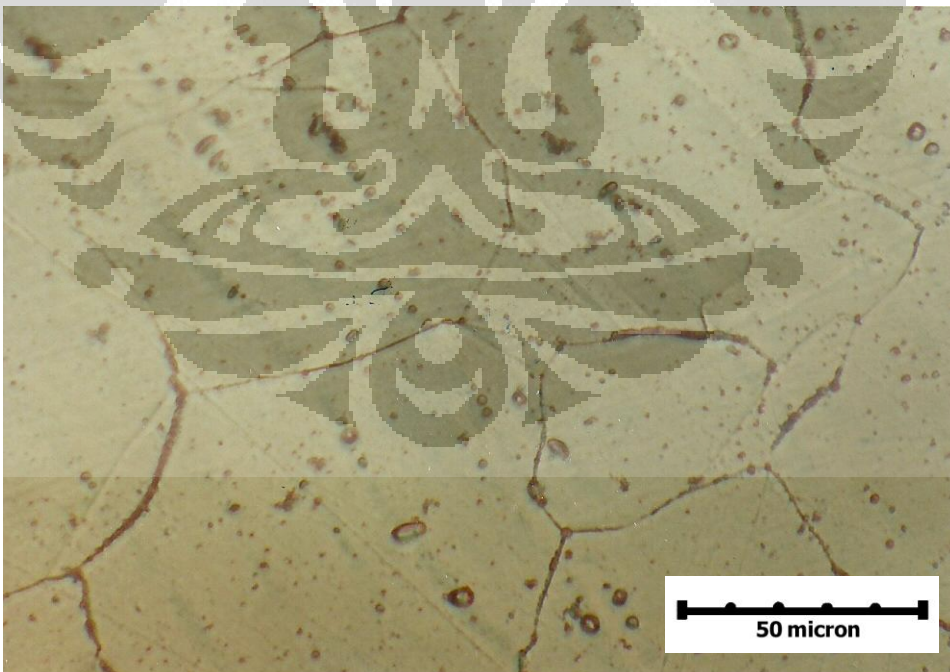
Pada ketebalan 10mm dengan variasi posisi pengelasan 1G, 2G, dan 3G, untuk menganalisis tingkat sensitisasi yang terjadi, sesuai literatur maka dilihat masukan panas yang dimiliki. Ketiganya memiliki nilai masukan panas yaitu 11,595 kJ/cm untuk posisi 1G, 8,122 kJ/cm untuk posisi 2G, dan 14,716 kJ/cm untuk posisi 3G.

Nilai masukan panas yang dapat terdistribusi dengan baik pada pelat dengan ketebalan 8mm adalah pada posisi 2G dengan nilai masukan panas 8,122 kJ/cm, yaitu yang memiliki nilai masukan panas paling rendah, sehingga sensitisasi minim terjadi. Paling parah terjadi sensitisasi di posisi 3G dengan nilai masukan panas 14,716 kJ/cm yang mana memiliki nilai masukan panas paling tinggi.

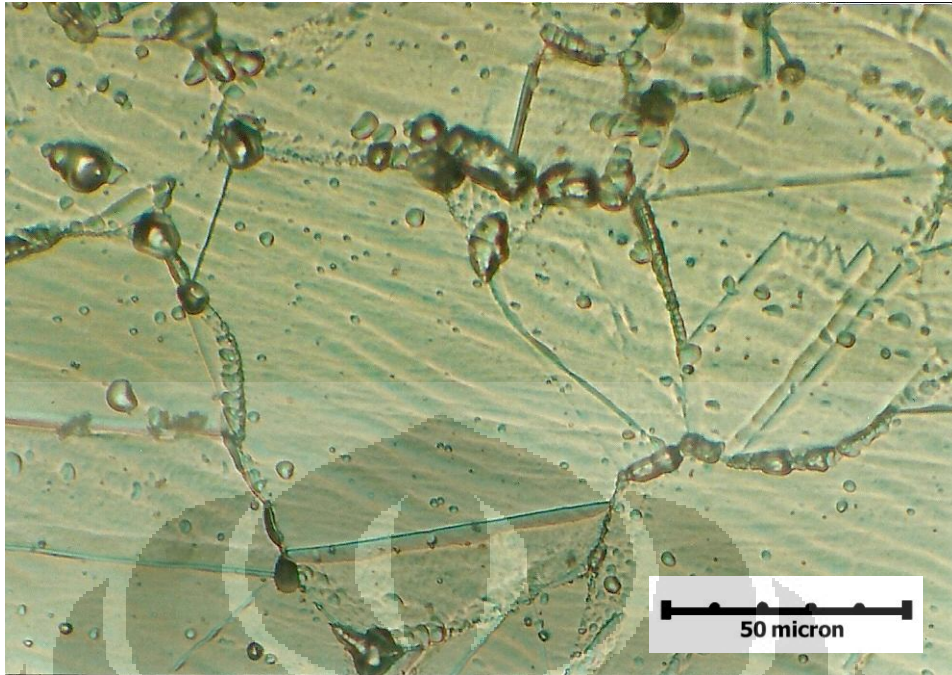
IV.3.4 Mikrostruktur Sensitisasi di Pelat dengan Ketebalan 12mm



(a)



(b)



(c)

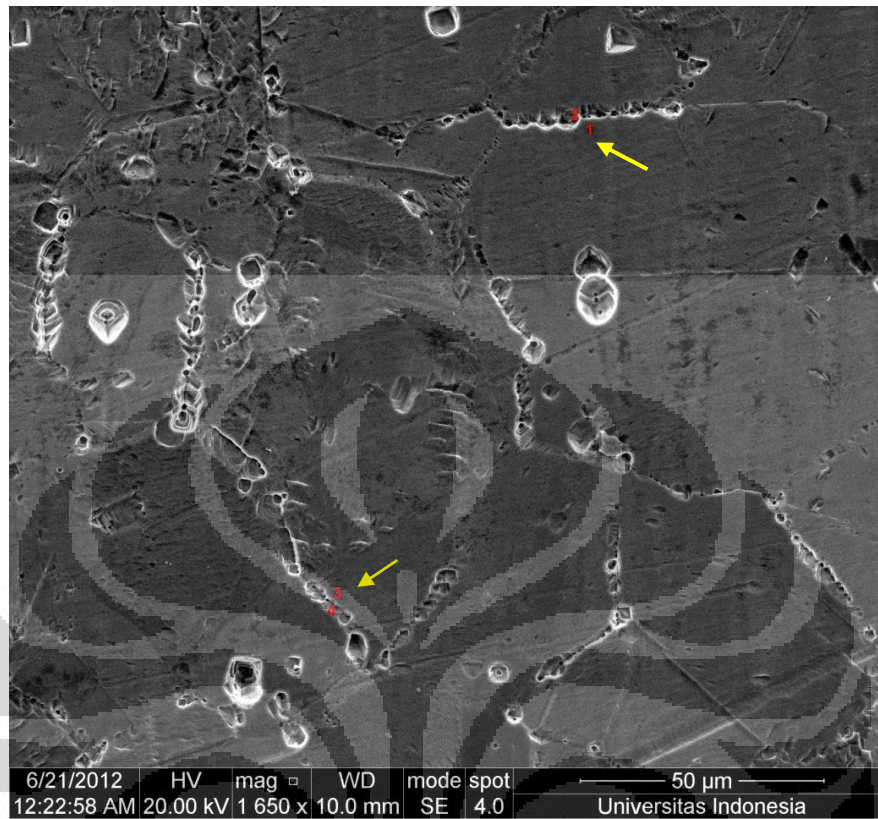
Gambar 4. 7. Mikrostruktur sensitisasi pelat ketebalan 12mm pada ss304 dengan variasi posisi pengelasan, a) 1G, b) 2G, dan c) 3G

Pada ketebalan 12mm dengan variasi posisi pengelasan 1G, 2G, dan 3G, untuk menganalisis tingkat sensitisasi yang terjadi, sesuai literatur maka dilihat masukan panas yang dimiliki. Ketiganya memiliki nilai masukan panas yaitu 10,219 kJ/cm untuk posisi 1G, 7,555 kJ/cm untuk posisi 2G, dan 14,771 kJ/cm untuk posisi 3G.

Nilai masukan panas yang dapat terdistribusi dengan baik pada pelat dengan ketebalan 8mm adalah pada posisi 2G dengan nilai masukan panas 7,555, yaitu yang memiliki nilai masukan panas paling rendah. Oleh sebab itu sensitisasi yang terjadi di posisi 2G dapat diminimalisir. Paling parah terjadi sensitisasi di posisi 3G dengan nilai masukan panas 14,7715 kJ/cm yang mana memiliki nilai masukan panas paling tinggi.

IV.4. Hasil Pengamatan dengan SEM dan EDS

IV.4.1 Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G6mm

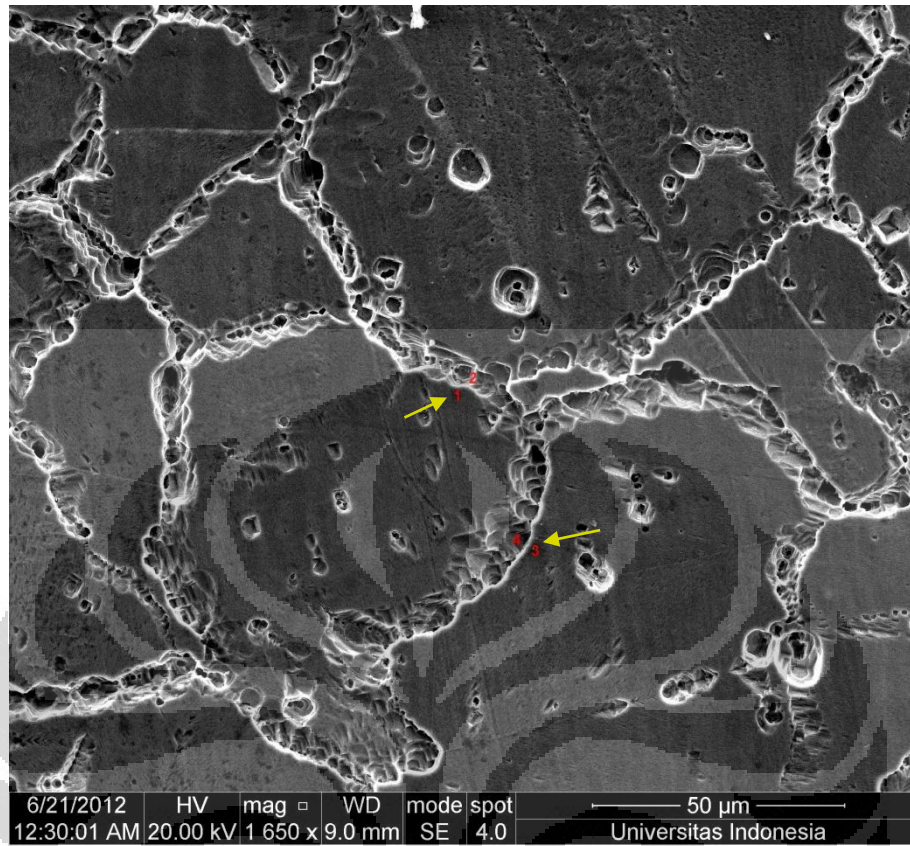


Gambar 4. 8. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G6mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 14,99
2. 19,38
3. 16,29
4. 20,13

IV.4.2. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G8mm

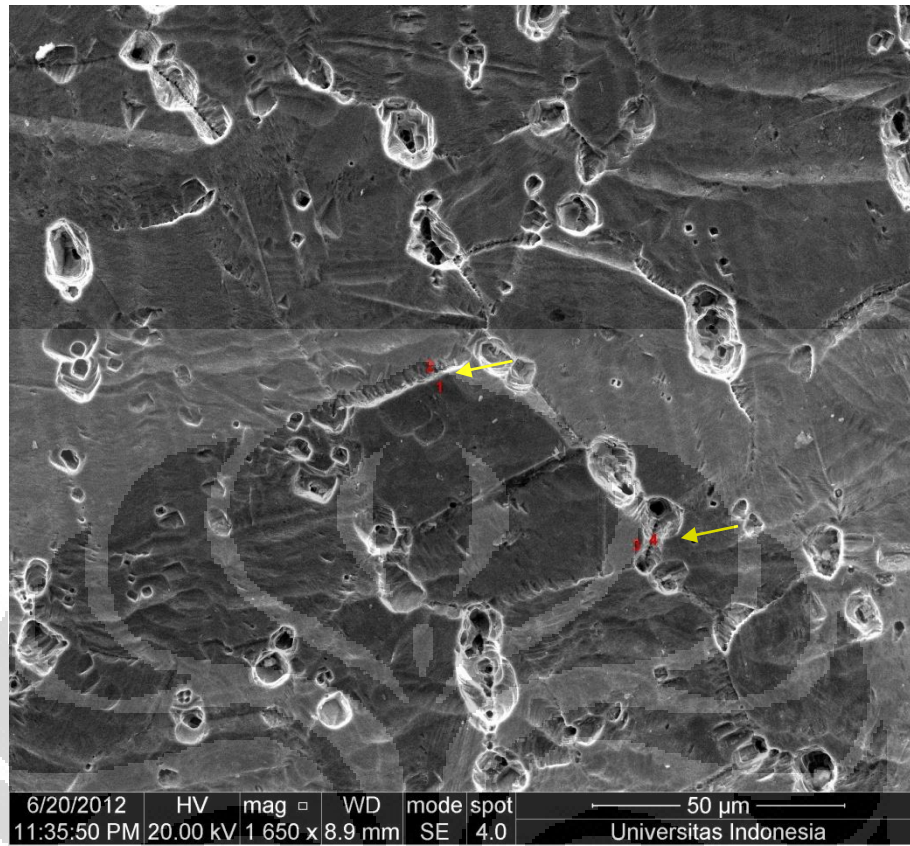


Gambar 4. 9. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G8mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 14,86
2. 18,43
3. 14,54
4. 21,68

IV.4.3. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G10mm

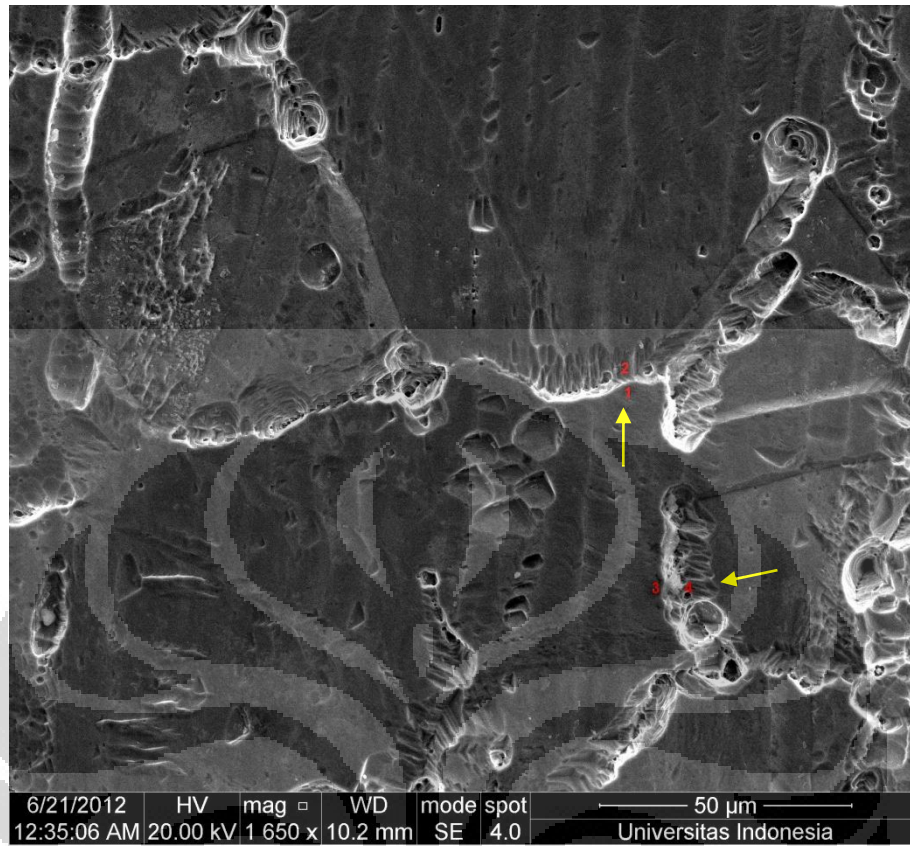


Gambar 4. 10. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G10mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 14,80
2. 15,22
3. 15,16
4. 17,15

IV.4.4. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 1G12mm

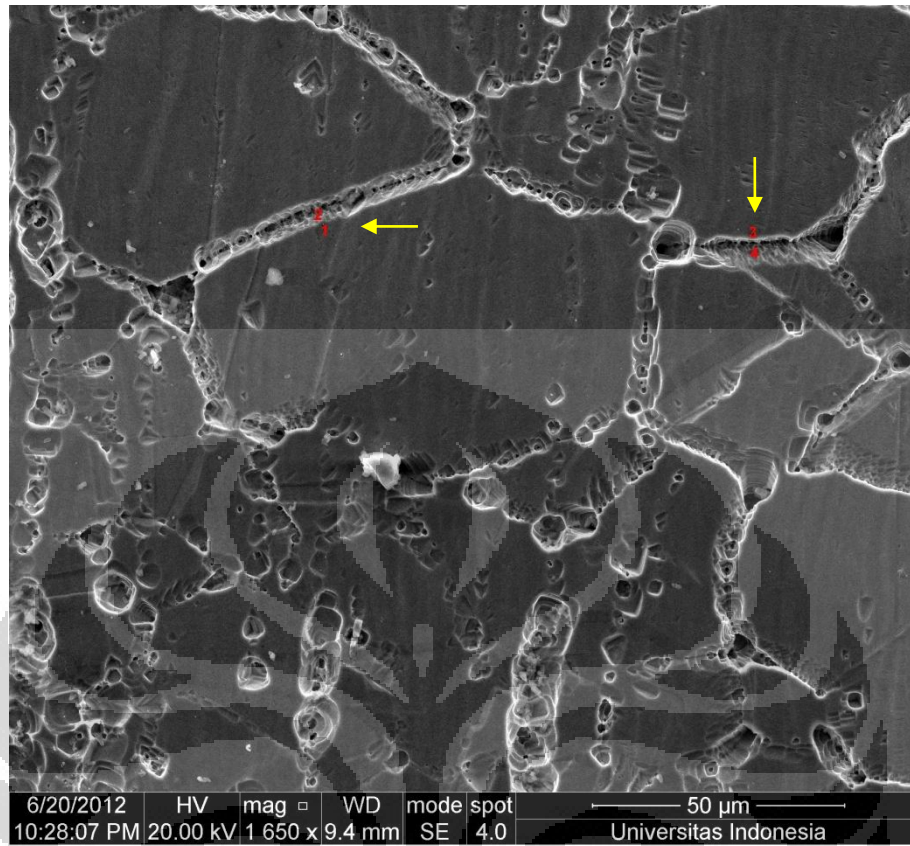


Gambar 4. 11. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 1G12mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 14,88
2. 15,64
3. 14,44
4. 15,94

IV.4.5. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G6mm

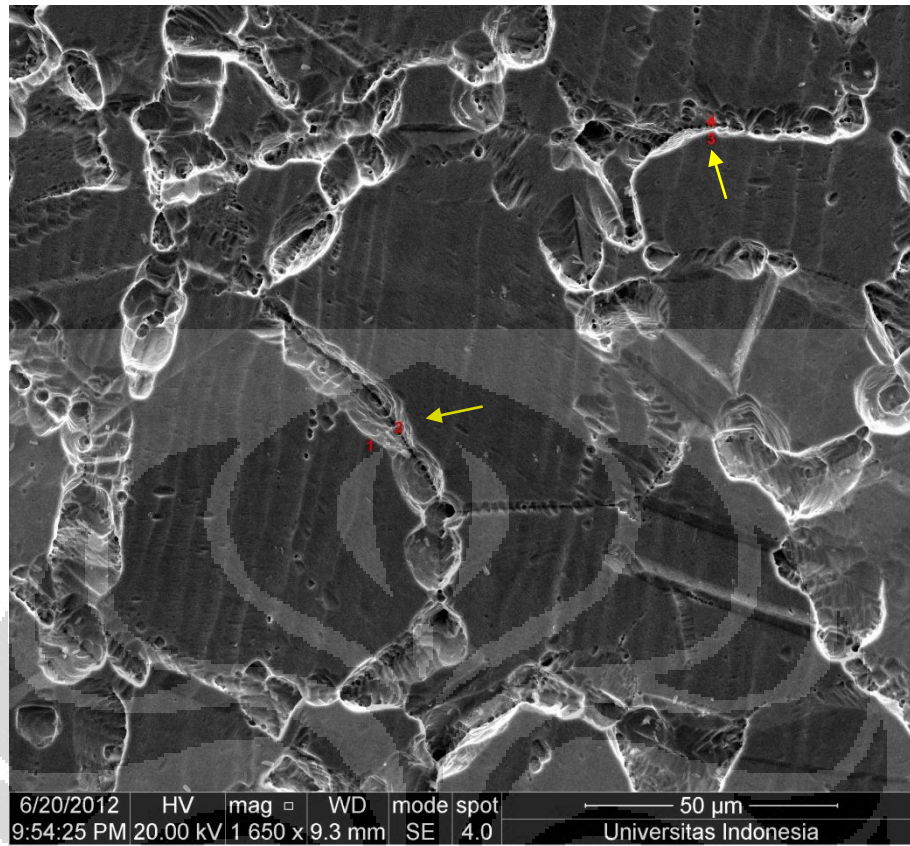


Gambar 4. 12. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G6mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 15,06
2. 16,37
3. 15,58
4. 16,45

IV.4.6. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G8mm

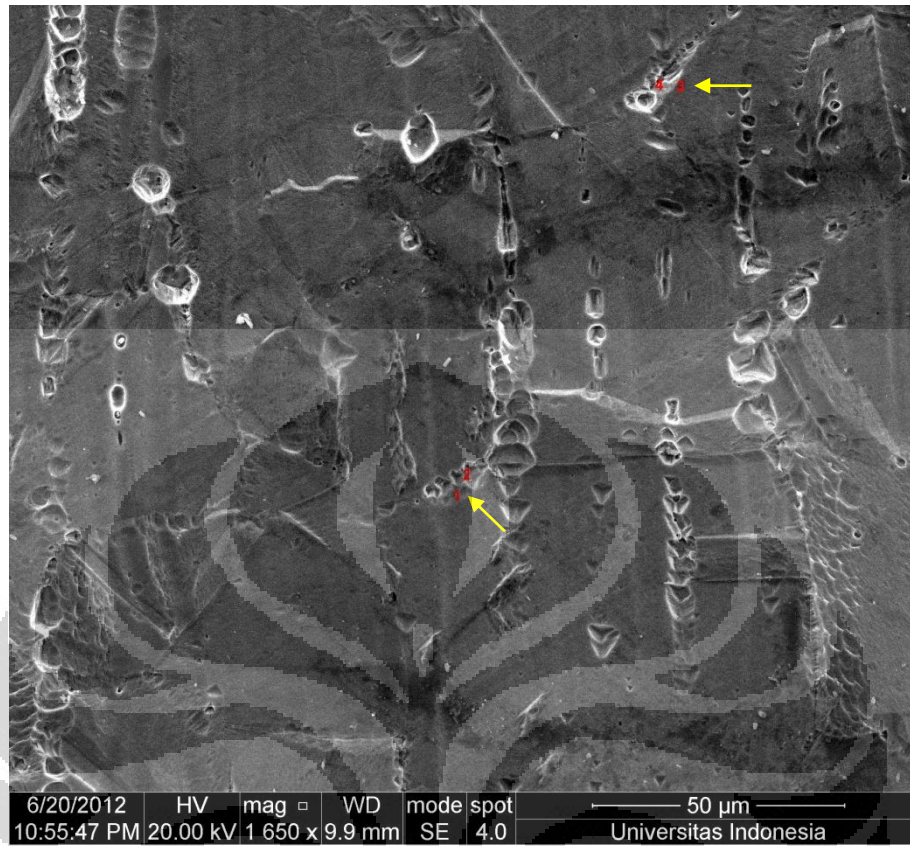


Gambar 4. 13. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G8mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 15,36
2. 22,36
3. 15,82
4. 22,36

IV.4.7. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G10mm

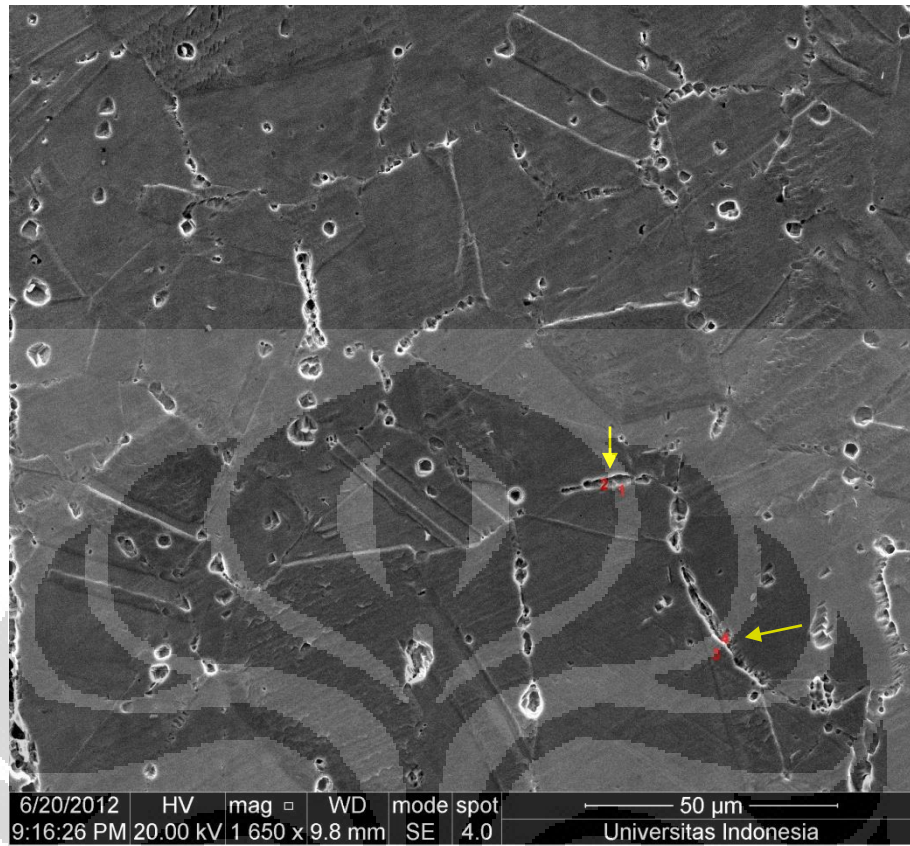


Gambar 4. 14. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G10mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 15,50
2. 16,16
3. 14,74
4. 16,46

IV.4.8. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 2G12mm

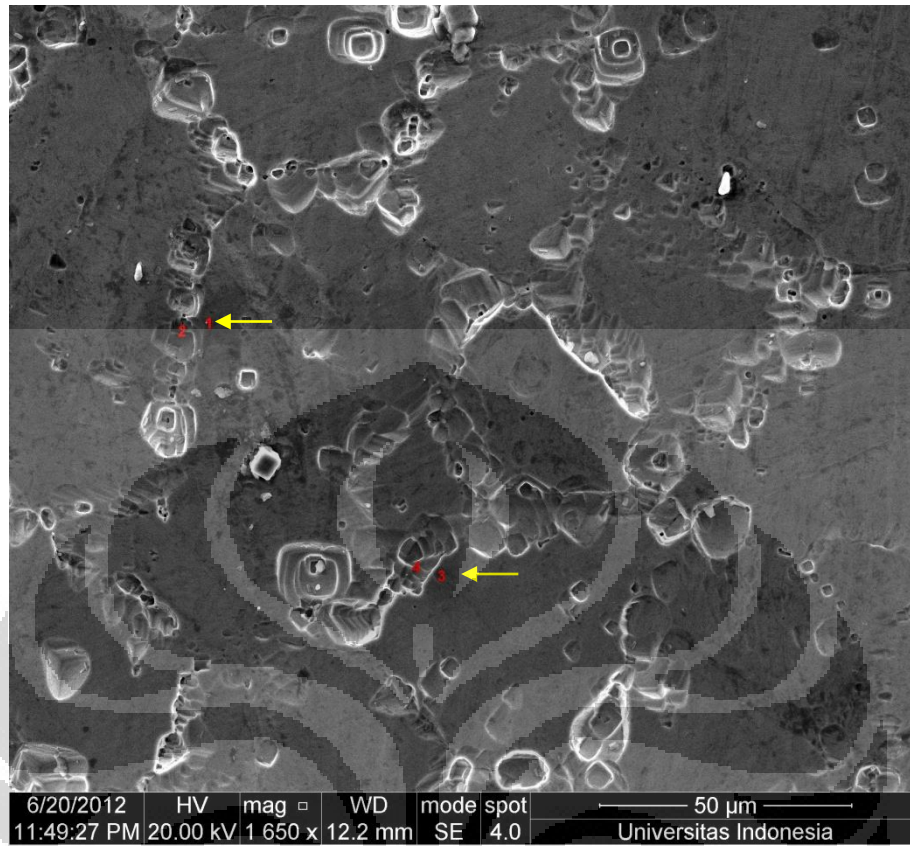


Gambar 4. 15. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 2G12mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 15,57
2. 16,43
3. 16,13
4. 20,20

IV.4.9. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G6mm

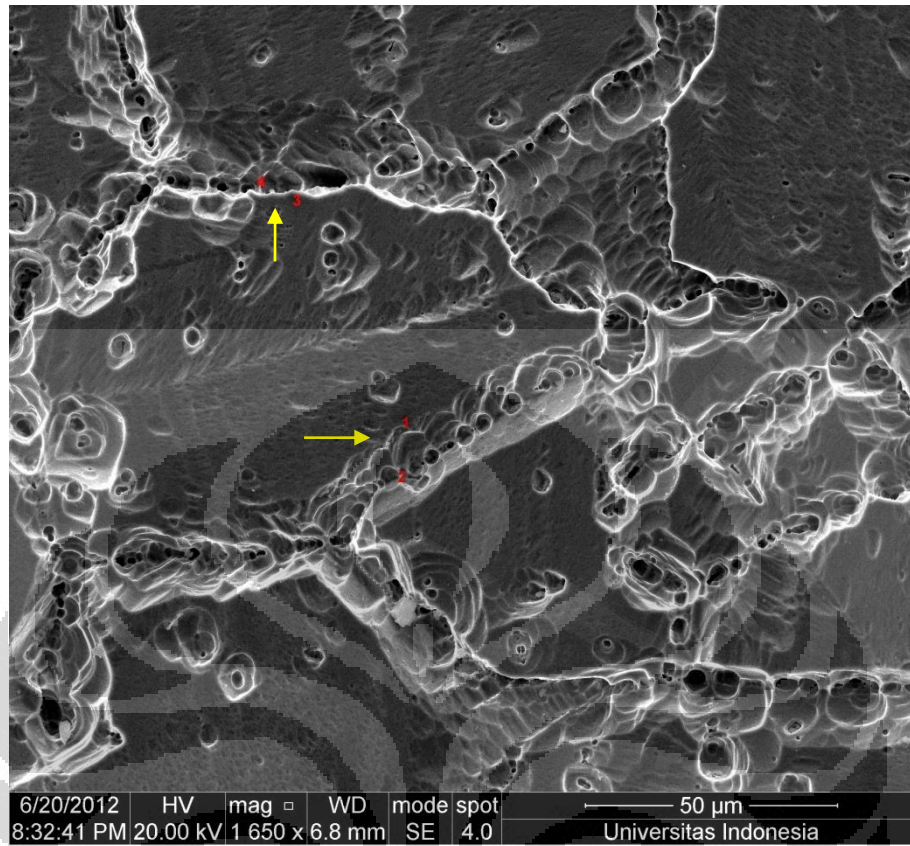


Gambar 4. 16. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G6mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 12,46
2. 14,11
3. 13,67
4. 15,52

IV.4.10. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G8mm

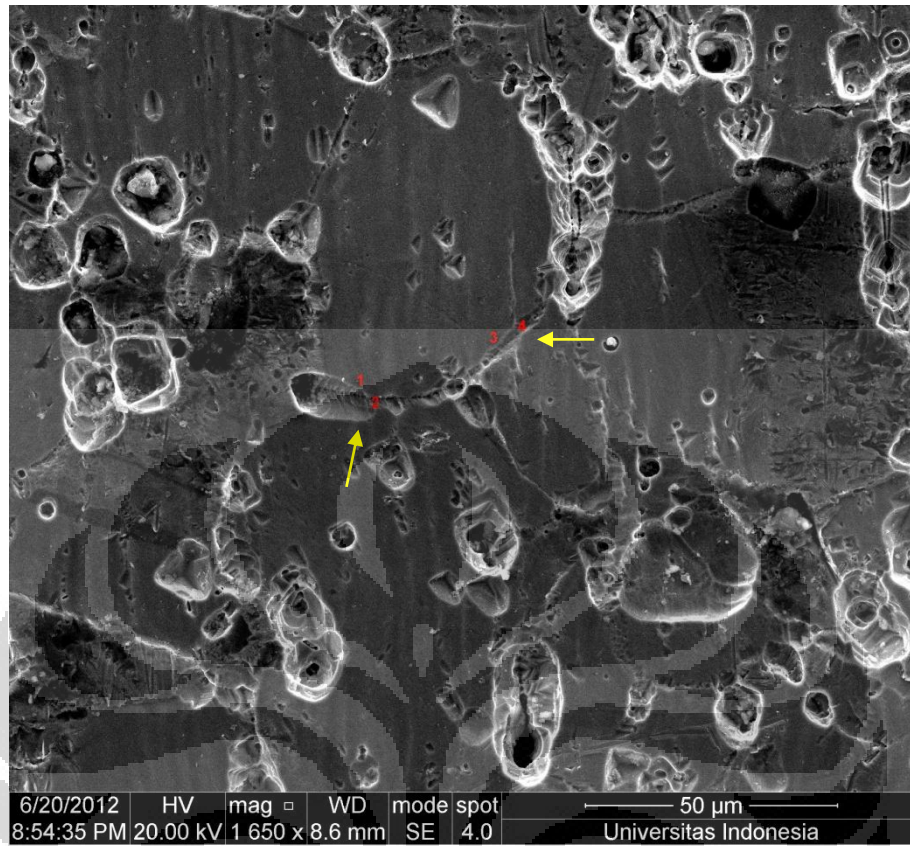


Gambar 4. 17. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G8mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 15,06
2. 16,53
3. 14,67
4. 15,52

IV.4.11. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G10mm

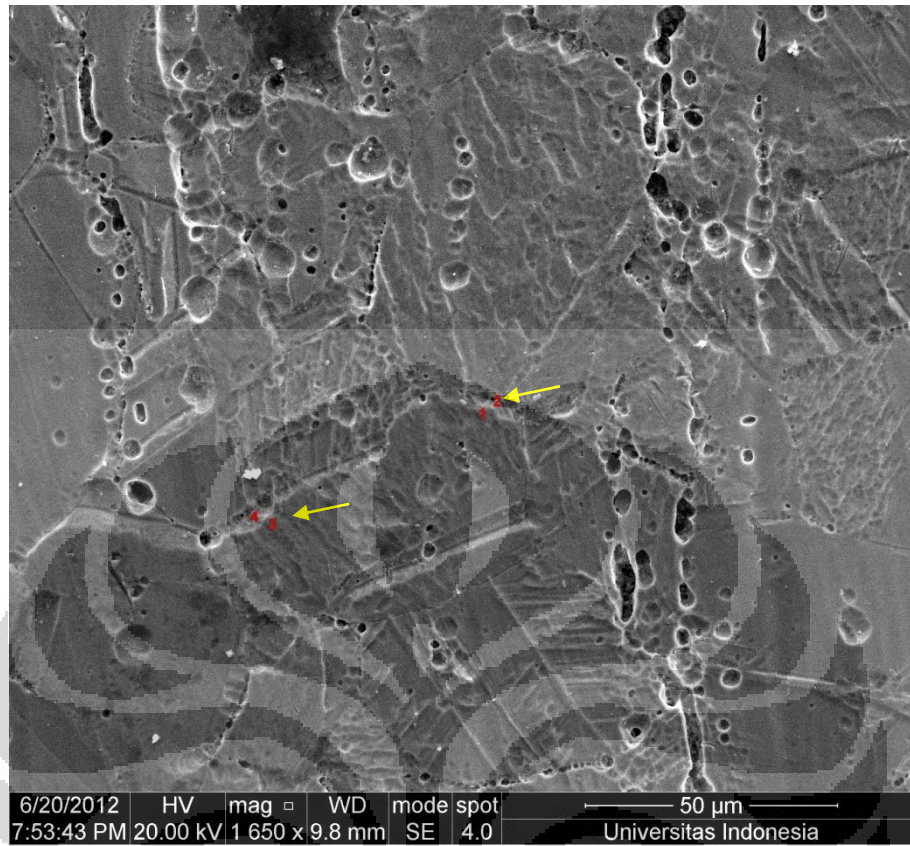


Gambar 4. 18. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G10mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 15,54
2. 16,08
3. 15,85
4. 16,24

IV.4.12. Hasil SEM dan EDS di HAZ SS304 3G12mm



Gambar 4. 19. Mikrostruktur dan titik tembak EDS sampel 3G12mm perbesaran 1650x

Kadar Cr (wt%) di titik :

1. 16,12
2. 17,15
3. 13,92
4. 16,58

IV.5. Analisa Hasil Pengamatan dengan SEM dan EDS

Atom C mempunyai nomor atom 6 lebih kecil daripada nomor atom Fe, Cr, dan Ni, masing-masing 24, 26, dan 28. Perbedaan nomor atom ini membuat posisi intertisi atom-atom C yang larut padat di dalam baja paduan. Logam yang diameternya tidak jauh berbeda menempati posisi substitusi. Pergerakan atom-atom C yang menempati posisi intertisi, lebih leluasa berdifusi di dalam kristal kubik (FCC).

Atom-atom C cenderung berdifusi menuju ke posisi susunan atom-atom yang mempunyai energi tinggi, yaitu yang susunan kisi kristalnya dalam keadaan tidak beraturan. Susunan-susunan ini terletak di batas butir. Oleh karena itu, atom-atom C yang berdifusi terakumulasi di batas butir, kemudian bereaksi dengan atom Cr di sekitarnya membentuk senyawa $Cr_{23}C_6$. Cr yang bereaksi dengan karbon di batas butir kemudian meninggalkan daerah di dekat batas butir yang berkurang kadar kromiumnya⁽¹⁸⁾. Oleh sebab itu daerah yang berkurang kadar Cr ini berpotensi terserang korosi intergranular⁽¹⁹⁾.

Dari semua data yang diambil dengan EDS di dekat batas butir dan tepat di batas butir, menunjukkan perbedaan konsentrasi Cr di keduanya. Konsentrasi Cr di dekat batas butir yang terdapat endapan karbida selalu lebih rendah daripada konsentrasi Cr tepat di batas butir. Dari perbedaan konsentrasi ini dapat disimpulkan bahwa endapan tersebut merupakan benar endapan kromium karbida.

IV.6. Hasil dan Analisa Pengujian Mikrovickers

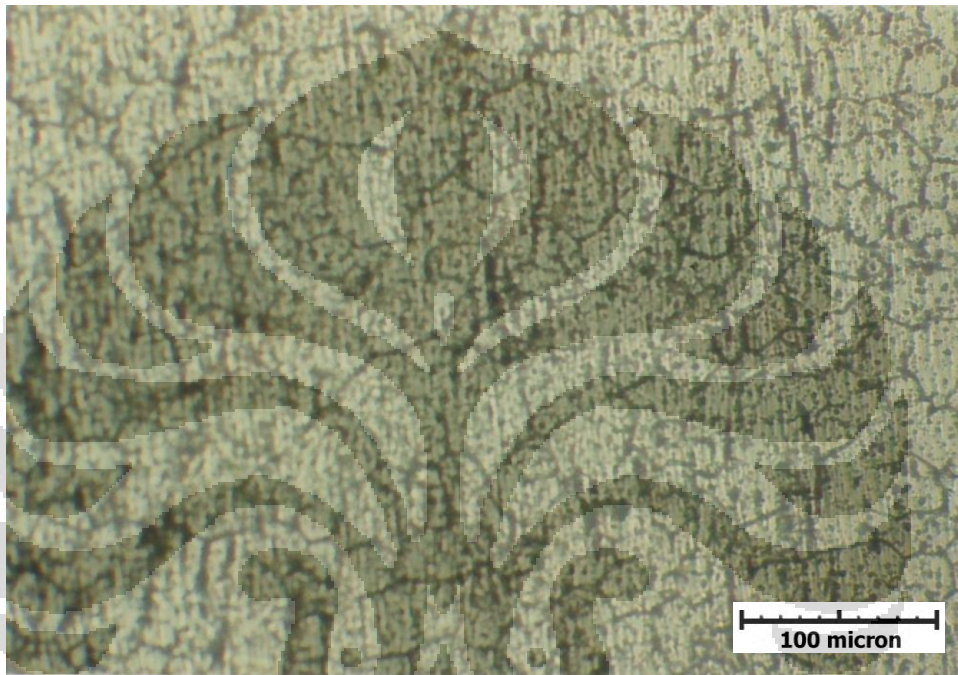
Tabel 4 1. Hasil uji kekerasan

Kode Sampel	Carbon Steel				Weld Metal	Stainless Steel			
	Base Metal	HAZ	FL CS	FL WM		FL WM	FL SS	HAZ	Base Metal
1G 12	189,9	223,4	246,5	266,3	278,2	284,3	271,4	291,5	194,4
1G 10	153,3	187,5	208,2	217	247,5	258,8	268,3	277,4	254,4
1G 8	160,5	183,6	204,4	220,8	245,3	262,8	239,2	269,1	252,7
1G 6	158,5	170,3	208,3	210,3	239,1	243	253,3	278,5	226,9
2G 12	152,1	208,6	226,9	236,6	266,9	252,2	232,7	244,3	255,5
2G 10	152,1	234,6	243,6	268,6	282,6	296,6	274,3	250,3	237,5
2G 8	143	232,9	227,9	241,5	258,7	288,4	262,6	293,9	245,9
2G 6	175,4	205,1	223,2	242	270,5	220,2	242	289,7	230,7
3G 12	163,5	233,7	257,6	271,8	275,4	275,9	253,8	260,3	221,5
3G 10	134,2	249,3	247,4	261,3	277,8	281,7	284,1	280	214,6
3G 8	165,8	232,6	255,6	265,8	275,8	278,8	290,2	295,5	220,5
3G 6	180,4	220,5	245,6	256	272,6	254,7	244,8	288,9	250,2

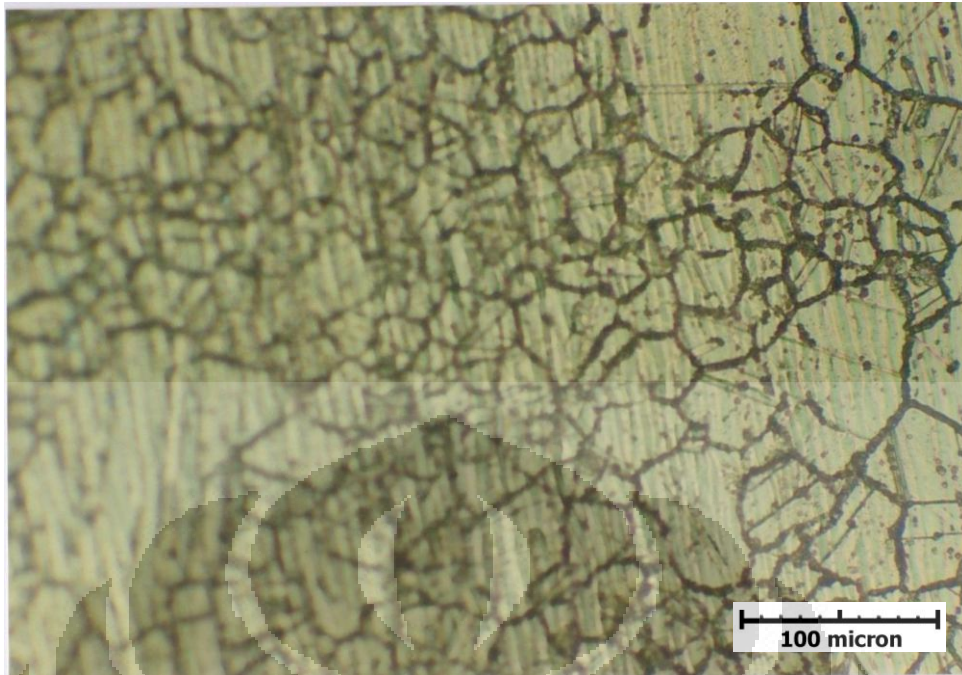
Hasil pengujian kekerasan menunjukkan kekerasan di daerah HAZ baja tahan karat SS304 selalu lebih keras dari base metal baja tahan karat. Hasil ini dapat menunjukkan bahwa di daerah HAZ baja tahan karat terdapat sensitisasi yang

terjadi atau adanya fasa intermetalik yang sifatnya dapat menggetaskan material. Akibat adanya peristiwa penggetasan itu maka material menjadi lebih keras

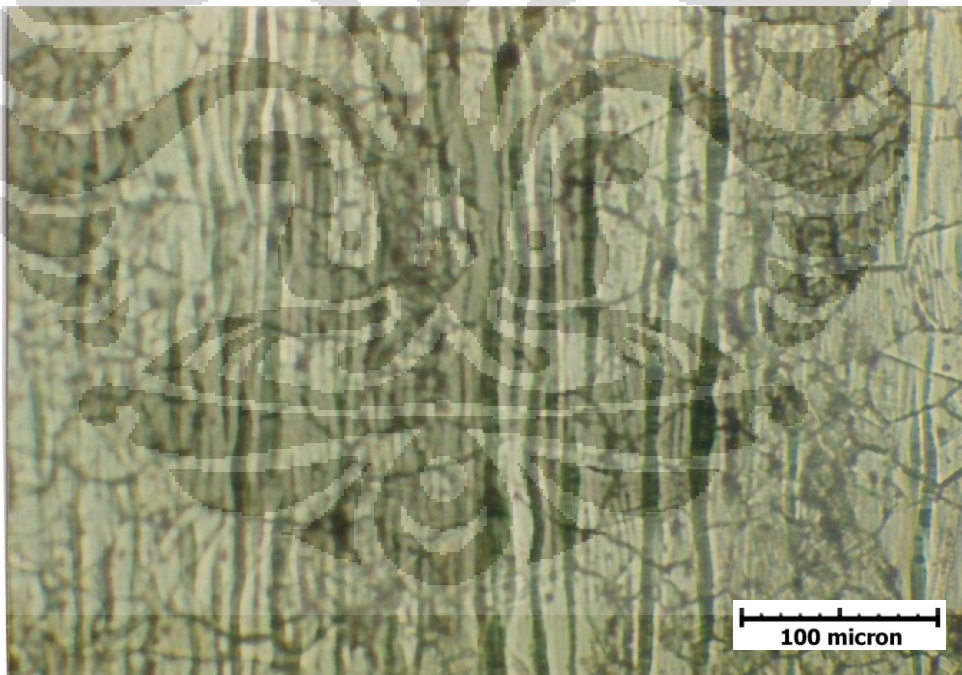
IV.7. Hasil Pengujian Ketahanan Korosi dengan Metode Immersion Pengaruh Parameter Ketebalan Terhadap Posisi Las



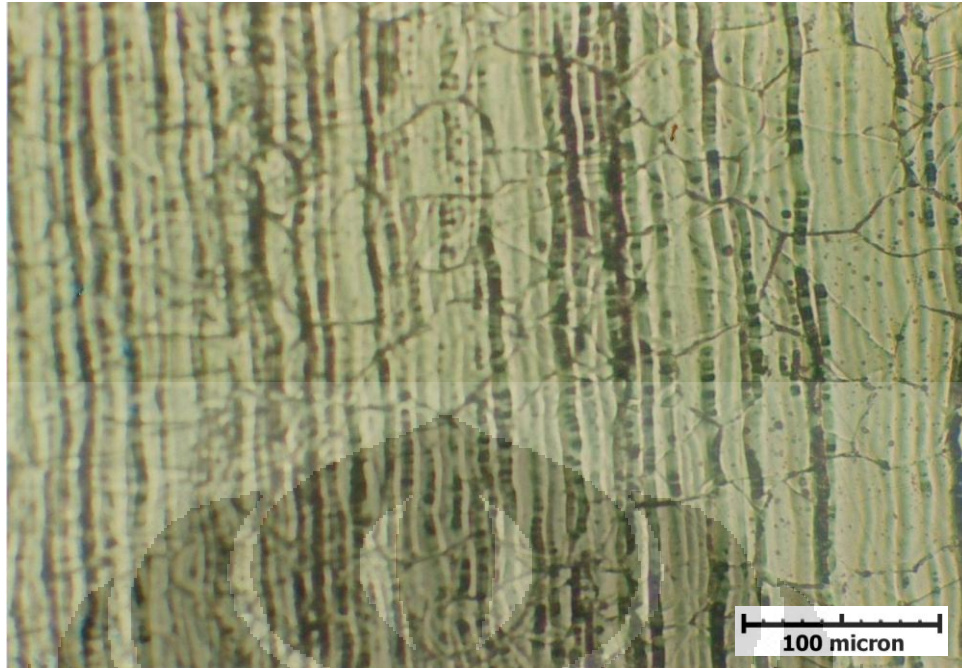
Gambar 4. 20. Gambar sampel 1G 6 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x



Gambar 4. 21. Gambar sampel 1G 8 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x



Gambar 4. 22. Gambar sampel 1G 10 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x



Gambar 4. 23. Gambar sampel 1G 12 mm setelah dicelup FeCl_3 selama 72 jam perbesaran 200x

IV.8. Analisa Hasil Pengujian Ketahanan Korosi dengan Metode Immersion Pengaruh Parameter Ketebalan Terhadap Posisi Las

Analisa pada hasil sampel lasan dengan posisi 1G (datar) dengan variasi ketebalan 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm pertama dilihat dari mikrostruktur awal sebelum dicelup. Awalnya 6 mm memiliki kerentanan yang paling tinggi, kemudian 8 mm, 10 mm dan 12 mm yang paling minim sensitisasi.

Setelah dicelup selama 3 hari di FeCl_3 , hasilnya menunjukkan ternyata memang di 6 mm paling banyak terdapat *micropitting* dibandingkan yang lain. Dan paling sedikit yaitu di 10 mm dan 12 mm. Hal ini terjadi karena pada ketebalan 6 mm laju pendinginannya paling lambat sehingga atom karbon (C) sempat banyak berdifusi ke batas butir dan menarik Kromium (Cr) disekitarnya, sehingga kadar Cr disekitar batas butir berkurang dari 19,38 wt% menjadi 14,99 wt% dan 20,13 wt% menjadi 16,29 wt% yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 sehingga akhirnya terserang korosi seperti pada gambar di mikrostruktur Gambar 4.20.

BAB V

KESIMPULAN

1. Evaluasi sensitisasi berdasarkan ASTM A262 secara keseluruhan

Tabel 5. 1. Tabel evaluasi keseluruhan mikrostruktur sensitisasi berdasarkan ASTM A262, step sedikit sensitisasi, dual cukup tersensitisasi, ditch paling rentan sensitisasi.

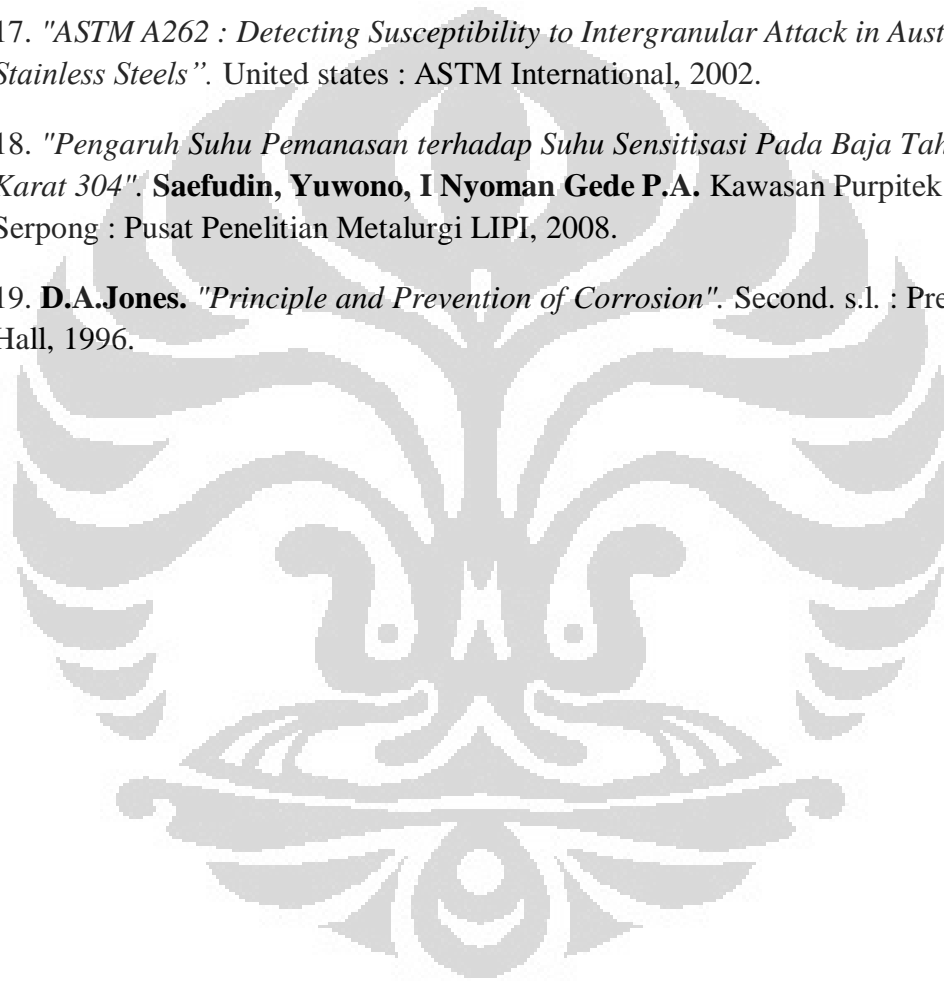
Posisi/Tebal	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm
1G	ditch	dual	step	step
2G	ditch	dual	step	step
3G	ditch	dual	step	step

2. Efek dari perbedaan posisi lasan yaitu membuat perbedaan masukan panas yang kemudian memberikan perbedaan tingkat sensitisasi. Pada pelat ketebalan 6mm, tingkat sensitisasi paling rentan ketika dilas dengan posisi 3G, paling minim dengan posisi 2G. Pada pelat ketebalan 8mm, tingkat sensitisasi paling rentan ketika dilas dengan posisi 3G, paling minim dengan posisi 2G. Pada pelat ketebalan 10mm, tingkat sensitisasi paling rentan ketika dilas dengan posisi 3G, paling minim dengan posisi 2G. Pada pelat ketebalan 12mm, tingkat sensitisasi paling rentan ketika dilas dengan posisi 3G, paling minim dengan posisi 2G.
3. Efek dari perbedaan ketebalan pelat yaitu memberikan perbedaan laju pendinginan dan masukan panas sehingga tingkat sensitisasinya juga berbeda. Baik pada posisi 1G, 2G maupun 3G, tingkat sensitisasi paling rentan yaitu di ketebalan 6 mm dan paling minim di ketebalan 12 mm
4. Hasil uji korosi pada posisi 1G (datar) dengan variabel ketebalan 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm, menunjukkan ketebalan 6 mm paling aktif terserang korosi dan ketebalan 12 mm paling minim.
5. Secara garis besar dalam variabel ketebalan, posisi yang baik untuk meminimalisir sensitisasi adalah posisi 2G. Dalam variabel posisi, ketebalan yang dapat meminimalisir yaitu 12 mm.

BAB VI
DAFTAR PUSTAKA

1. *"Stainless Steel for Design Engineers"*. s.l. : ASM International, 2008.
2. **Robert Babobian, R.S.Treseder.** *"NACE Corrosion Engineer's Reference Book"*. Third. Houston : NACE International, 2002.
3. *ASTM A240/A240 M-05 "Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Plate sheet and strips for Pressure Vessel and for General Application"*.
4. **Kao, Sindo.** *"Welding Metallurgy"*. New Jersey : Wiley Interscience, 2003. Vol. 2.
5. *Welding Handbook, "Welding Metallurgy"*. Eight. s.l. : American Welding Society, 1991. Vol. 2.
6. **Blondeau, Regis.** *"Metallurgy and Mechanics of Welding"*. s.l. : John Willey & Sons, 2008.
7. **Widharto, Sri.** *Inspeksi Teknik*. Jakarta : Pradnya Paramita, 2007. Vol. Pertama.
8. [Online] [Dikutip: 20 January 2012.] <http://www.fgg.uni-lj.si/kmk/esdp/master/w903/10300.htm>.
9. *ASME IX QW-461.2 Position of Fillet Weld*. s.l. : ASME International. hal. 210.
10. *"Investigation of the Grain Structure of the Fusion Zone of Single Pass Arc Welding of Structural Steel (NST 34L-C)"*. **F.A. Oyawale , K.O. Sanusi.** 1, s.l. : The Pacific Journal of Science and Technology, 2008, Vol. 9.
11. **Bohnart, Edward.** *"TIG Handbook for GTAW gas tungsten arc welding"*. United States : Miller Electric mfg Co., 2002.
12. *"Sensitization Evaluation of Austenitic SS AISI 304L, 316L, 321 and 347"*. **A.S.LIMA, A.M.NASCIMENTO, HFG ABREN, P DE LIMA -NETO.** s.l. : journal of Material Science, 2005, Vol. 40, hal. 139-144.
13. **Sedriks, A. John.** *"Corrosion of Stainless Steels"*. Second. s.l. : J.Wiley & Sons, 1996.

14. **Budinski, Kenneth G.** "*Engineering Materials, Properties and Selection*". fifth. s.l. : Prentice Hall Inc., 1996.
15. "*Surface Spreading of Intergranular Corrosion on Stainless Steel*". **Swati Jain, Noah D. Budiansky, J.L.Hudson, J.R.Scully.** s.l. : Corrosion Science, 2010, Vol. 52, hal. 873-885.
16. "*The Size of Sensitization Zone in 304 SS Welds*". **N.S.Tsai, T.W.Eagar.** 1, s.l. : J,Material for Energy System, America Society for Metals, June 1984, Vol. 6.
17. "*ASTM A262 : Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels*". United states : ASTM International, 2002.
18. "*Pengaruh Suhu Pemanasan terhadap Suhu Sensitisasi Pada Baja Tahan Karat 304*". **Saefudin, Yuwono, I Nyoman Gede P.A.** Kawasan Purpitek Serpong : Pusat Penelitian Metalurgi LIPI, 2008.
19. **D.A.Jones.** "*Principle and Prevention of Corrosion*". Second. s.l. : Prentice Hall, 1996.





I. Data-Data Hasil Foto Makro

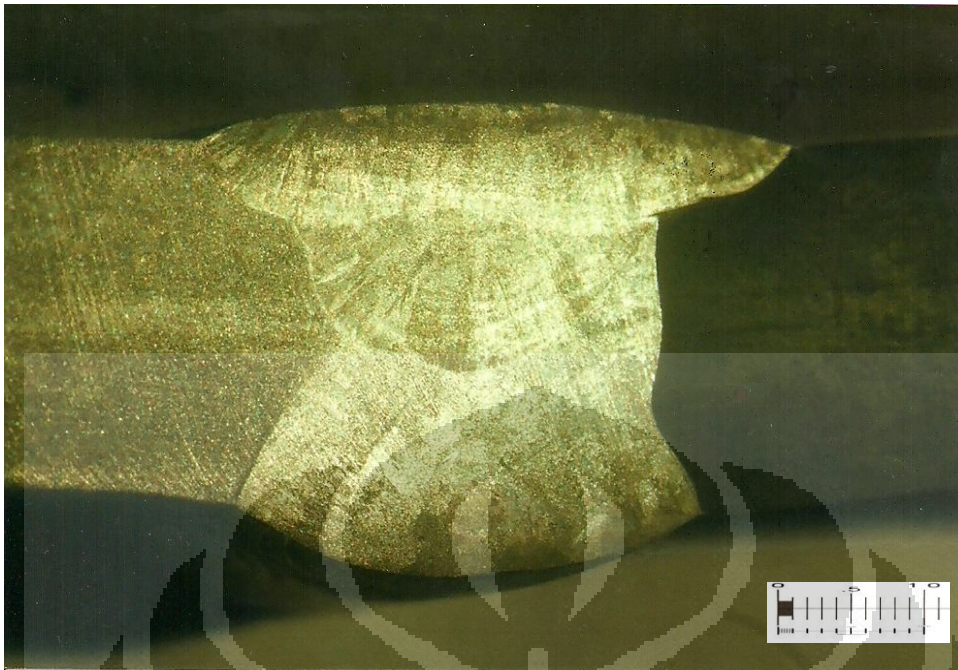


Foto Makro 1G 6mm Perbesaran 7x

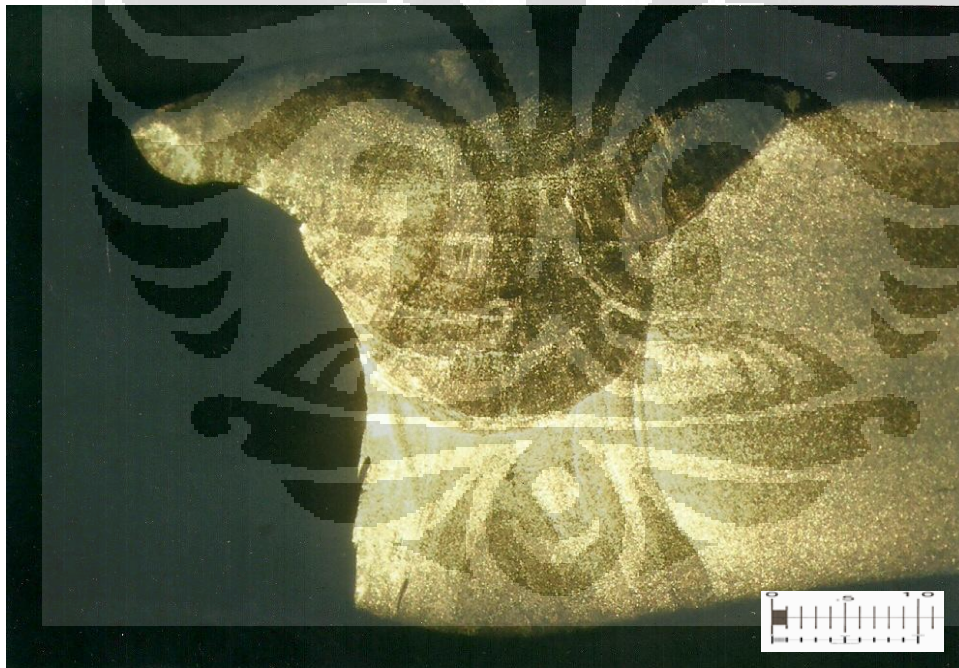


Foto Makro 1G 8mm Perbesaran 7x

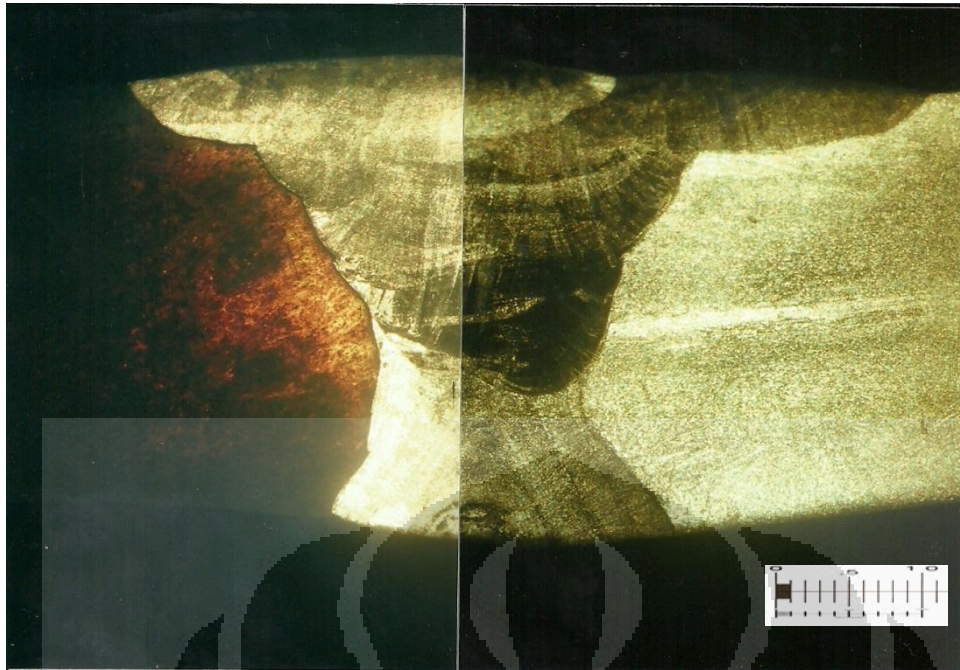


Foto Makro 1G 10mm Perbesaran 7x

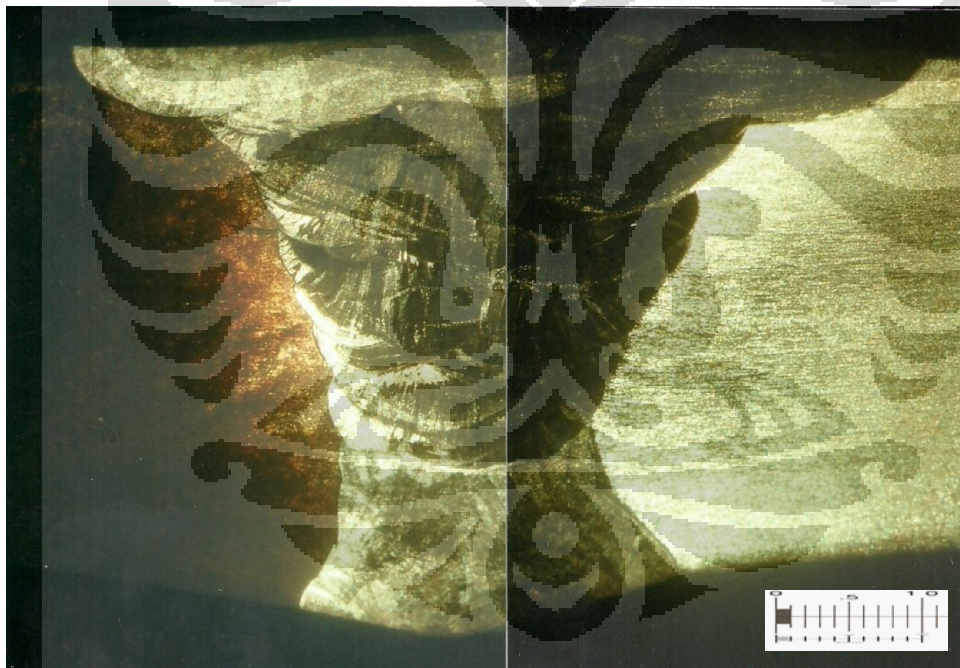


Foto Makro 1G 12mm Perbesaran 7x

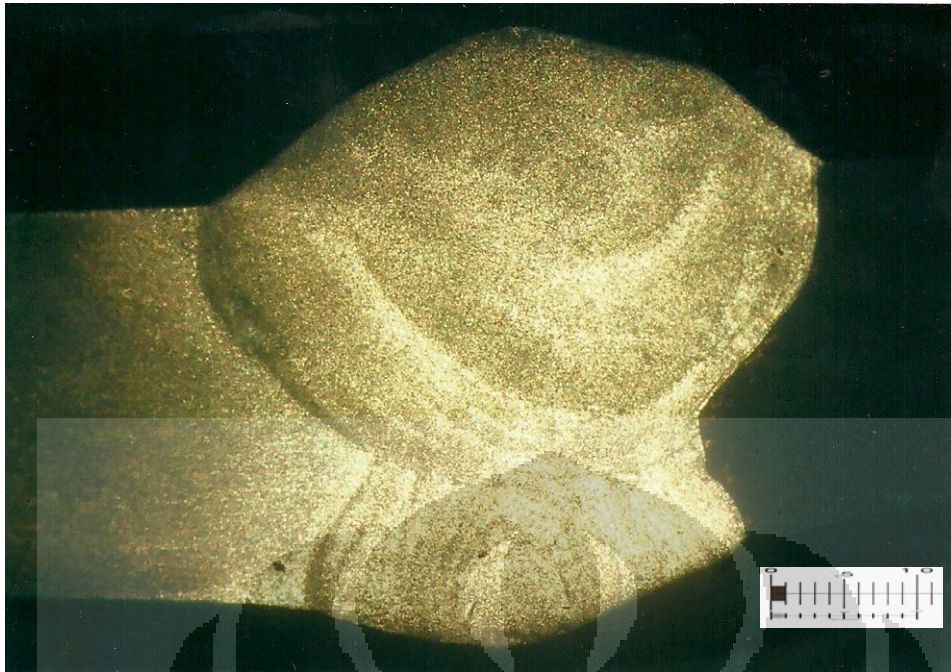


Foto Makro 2G 6mm Perbesaran 7x

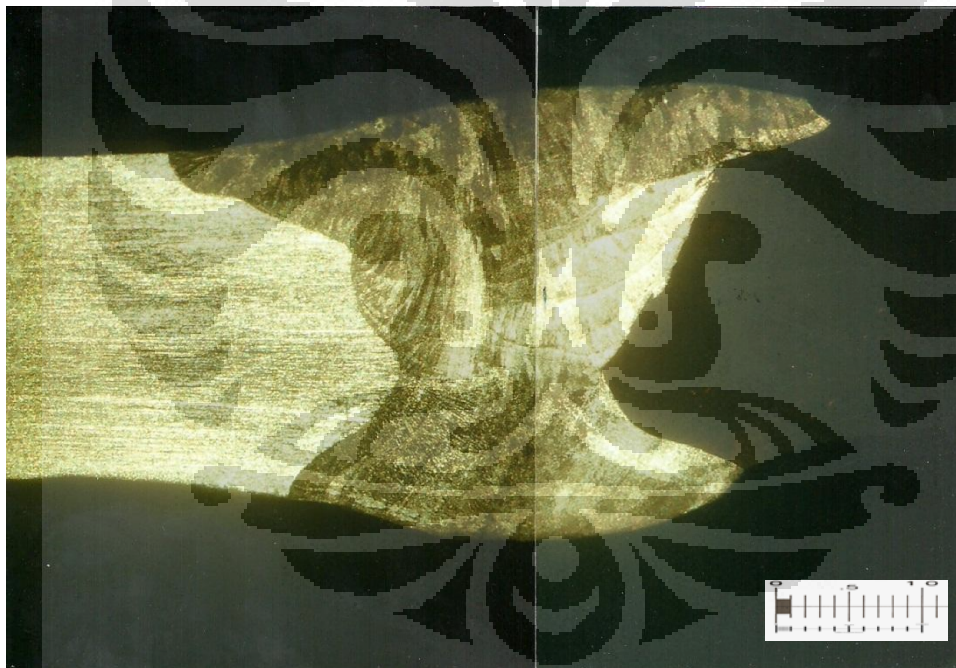


Foto Makro 2G 8mm Perbesaran 7x

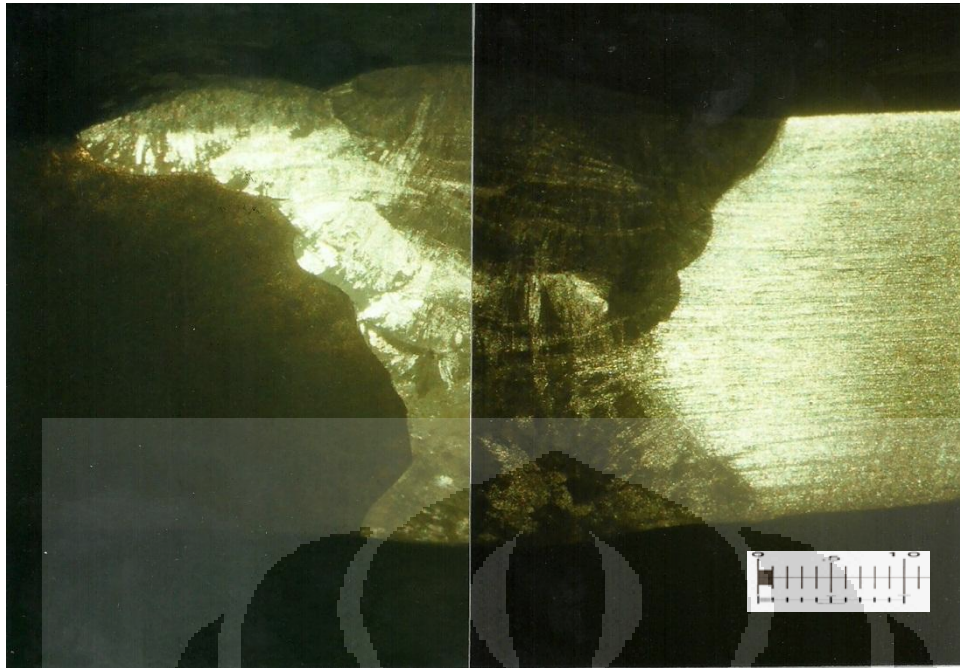


Foto Makro 2G 10mm Perbesaran 7x



Foto Makro 2G 12mm Perbesaran 7x

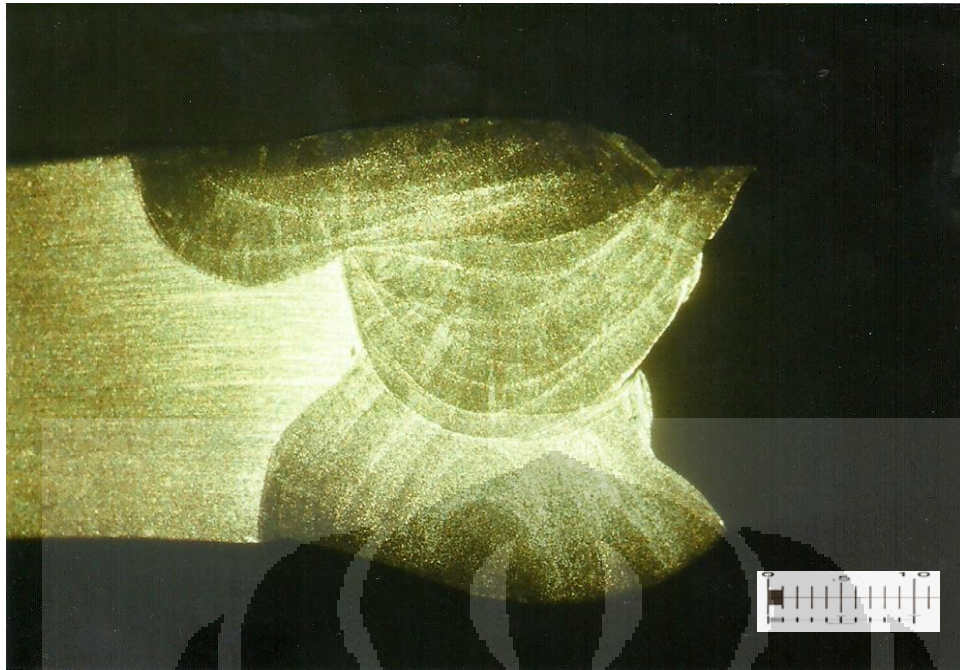


Foto Makro 3G 6mm Perbesaran 7x

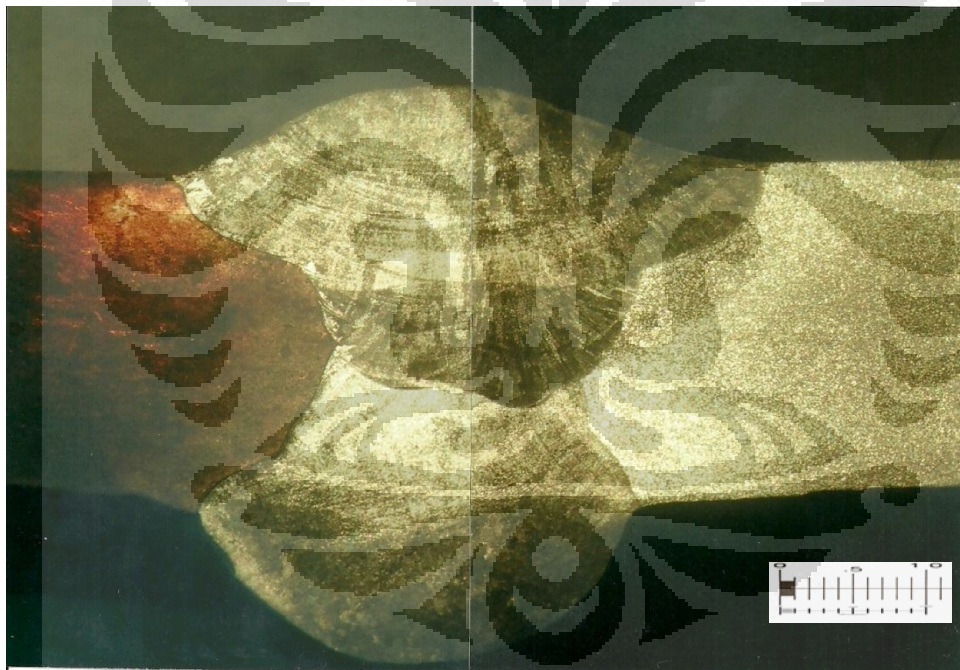


Foto Makro 3G 8mm Perbesaran 7x



Foto Makro 3G 10mm Perbesaran 7x

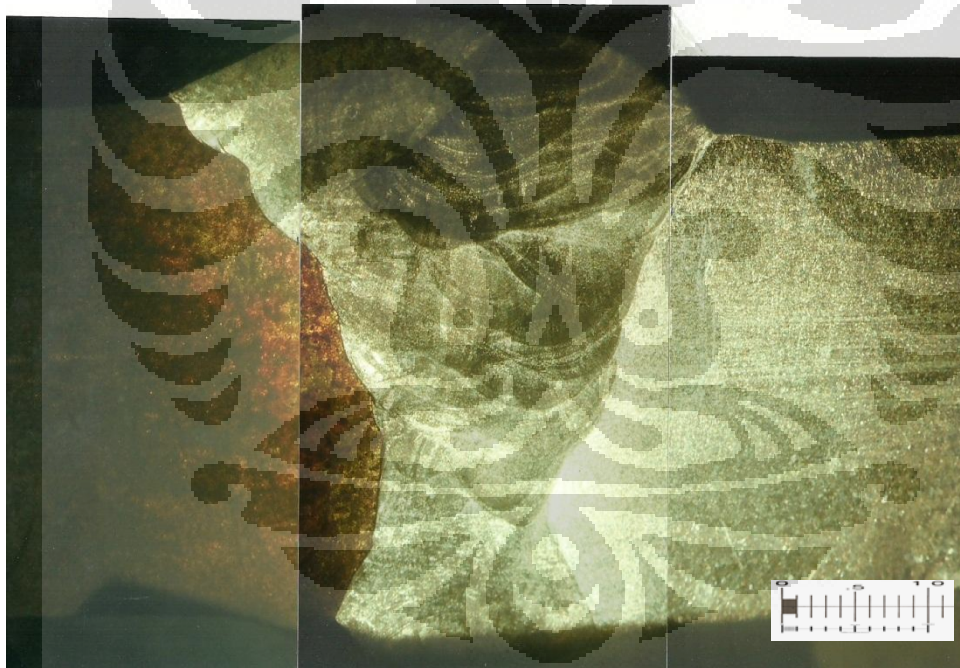


Foto Makro 3G 12mm Perbesaran 7x

II. LAMPIRAN DATA HEAT INPUT

DATA MASUKAN PANAS PENGLASAN

Posisi Pengelasan : Datar (1G)
Tebal Pelat : 6 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata							
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)				
1	103.5	10.6	10	196	0.0510	15.052	101.117	10.517	0.064	11.943				
	100.1	10.9	10	186	0.0538	14.206								
	99.2	11	10	150	0.0667	11.458								
	101.7	10.6	10	157	0.0637	11.847								
	100.8	10.1	10	124	0.0806	8.837								
	101.4	9.9	10	146	0.0685	10.259								
2	105.1	9.7	10	167	0.0599	11.918	108.483	9.767	0.084	9.245				
	105.4	10.1	10	156	0.0641	11.625								
	105.7	10.3	10	128	0.0781	9.755								
	111.6	9.6	10	96	0.1042	7.200								
	112.6	9.4	10	93	0.1075	6.890								
	110.5	9.5	10	110	0.0909	8.083								
3	115.7	10.4	10	128	0.0781	10.781	116.850	10.300	0.097	8.840				
	115.9	10.6	10	117	0.0855	10.062								
	116.9	10.4	10	110	0.0909	9.361								
	116.5	10.2	10	92	0.1087	7.653								
	119.9	10.1	10	89	0.1124	7.544								
	116.2	10.1	10	93	0.1075	7.640								
							108.817	10.194		12.989	0.082	10.010	Total Masukan Panas	30.029

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 1G - 6 mm

Rata-rata arus : 108.817 Amp
Rata-rata tegangan : 10.194 Volt
Rata-rata durasi pengelasan : 12.989 s/cm
Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.082 cm/s
Rata-rata masukan panas : 10.010 kJ/cm
Total masukan panas : 30.029 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGLASAN

Posisi Pengelasan : Datar (1G)
Tebal Pelat : 8 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata			
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)
1	121	11	10	174	0.0575	16.212	121.650	10.767	0.061	15.128
	121.3	10.8	10	164	0.0610	15.039				
	122	10.9	10	160	0.0625	14.894				
	121.6	10.7	10	158	0.0633	14.390				
	121.9	10.5	10	167	0.0599	14.963				
	122.1	10.7	10	167	0.0599	15.273				
2	131.2	10.7	10	138	0.0725	13.561	132.167	10.350	0.084	11.468
	131.7	11.2	10	107	0.0935	11.048				
	132.3	10.2	10	126	0.0794	11.902				
	132.8	9.9	10	121	0.0826	11.136				
	133.5	10	10	122	0.0820	11.401				
	131.5	10.1	10	105	0.0952	9.762				
3	139.9	11.3	10	148	0.0676	16.378	140.850	10.850	0.093	11.815
	140.9	10.9	10	112	0.0893	12.041				
	141.4	10.5	10	102	0.0980	10.601				
	141	10.7	10	102	0.0980	10.772				
	140.6	10.5	10	112	0.0893	11.574				

	141.3	11.2	10	86	0.1163	9.527				
4	145.3	10.3	10	123	0.0813	12.886	145.250	10.217	0.096	10.959
	144.6	9.9	10	97	0.1031	9.720				
	144.9	10.6	10	101	0.0990	10.859				
	145	10.8	10	113	0.0885	12.387				
	145.7	9.9	10	90	0.1111	9.087				
	146	9.8	10	108	0.0926	10.817				
	134.979	10.546		12.513	0.083	12.343	Total Masukan Panas		49.371	

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 1G - 8 mm

Rata-rata arus	:	134.979	Amp
Rata-rata tegangan	:	10.546	Volt
Rata-rata durasi pengelasan	:	12.513	s/cm
Rata-rata kecepatan pengelasan	:	0.083	cm/s
Rata-rata masukan panas	:	12.343	kJ/cm
Total masukan panas	:	49.371	kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGLASAN

Posisi Pengelasan : Datar (1G)
Tebal Pelat : 10 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata			
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)
1	113.7	11.2	10	244	0.0410	21.750	113.233	11.167	0.057	15.947
	113.4	11.4	10	174	0.0575	15.746				
	113.8	11.8	10	178	0.0562	16.732				
	112.6	10.9	10	154	0.0649	13.231				
	113.1	10.9	10	166	0.0602	14.325				
	112.8	10.8	10	163	0.0613	13.900				
2	113.6	10.4	10	127	0.0787	10.503	114.867	10.333	0.107	8.064
	114	10.8	10	97	0.1031	8.360				
	114.3	10.3	10	107	0.0935	8.818				
	115.1	10	10	101	0.0990	8.138				
	115.9	10.1	10	80	0.1250	6.555				
	116.3	10.4	10	71	0.1408	6.011				
3	118.9	10.2	10	172	0.0581	14.602	118.800	10.300	0.080	11.148
	118.5	10.7	10	132	0.0758	11.716				
	118.8	10.5	10	112	0.0893	9.780				
	118.6	10.1	10	127	0.0787	10.649				
	119.1	10.1	10	94	0.1064	7.915				
4	118.9	10.2	10	144	0.0694	12.225	132.283	10.517	0.063	15.672
	122.9	10.4	10	190	0.0526	17.000				
	133.8	10.6	10	158	0.0633	15.686				
	134.4	10.9	10	130	0.0769	13.331				
	134.9	10.1	10	158	0.0633	15.069				
	133.6	10.7	10	138	0.0725	13.809				
5	132.9	10.3	10	117	0.0855	11.211	132.600	10.600	0.106	9.394
	133.6	10.5	10	97	0.1031	9.525				
	131.8	10.9	10	99	0.1010	9.956				
	132.6	11.2	10	91	0.1099	9.460				
	132.1	10.3	10	78	0.1282	7.429				
	132.6	10.4	10	91	0.1099	8.784				
6	131.8	10.7	10	99	0.1010	9.773	132.350	10.650	0.107	9.344
	132.7	10.5	10	88	0.1136	8.583				
	132.8	10.6	10	82	0.1220	8.080				
	132.6	10.4	10	100	0.1000	9.653				
	131.9	10.8	10	90	0.1111	8.974				
	132.3	10.9	10	109	0.0917	11.003				
	124.022	10.594		12.650	0.087	11.595	Total Masukan Panas		69.570	

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 1G - 10 mm
 Rata-rata arus : 124.022 Amp
 Rata-rata tegangan : 10.594 Volt
 Rata-rata durasi pengelasan : 12.650 s/cm
 Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.087 cm/s
 Rata-rata masukan panas : 11.595 kJ/cm
 Total masukan panas : 69.570 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGLASAN

Posisi Pengelasan : Datar (1G)
 Tebal Pelat : 12 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata			
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)
1	120.3	10.4	10	180	0.0556	15.764	121.183	10.033	0.062	14.005
	120.6	10.1	10	174	0.0575	14.836				
	121	10.4	10	182	0.0549	16.032				
	122	9.8	10	155	0.0645	12.972				
	121.8	9.6	10	172	0.0581	14.078				
	121.4	9.9	10	123	0.0813	10.348				
2	124.8	9.8	10	122	0.0820	10.445	123.517	9.867	0.115	7.672
	123.8	9.7	10	92	0.1087	7.734				
	123.4	10	10	95	0.1053	8.206				

	123.5	10.3	10	80	0.1250	7.123				
	122.9	9.9	10	80	0.1250	6.814				
	122.7	9.5	10	70	0.1429	5.712				
3	123.9	10.7	10	127	0.0787	11.786	124.200	10.150	0.110	8.311
	123.5	10.1	10	89	0.1124	7.771				
	123.7	10.4	10	96	0.1042	8.645				
	124.1	9.7	10	95	0.1053	8.005				
	124.6	10.1	10	88	0.1136	7.752				
	125.4	9.9	10	68	0.1471	5.909				
4	130.5	10.3	10	141	0.0709	13.267	130.283	9.983	0.092	10.128
	130.8	10.4	10	117	0.0855	11.141				
	130.6	10	10	112	0.0893	10.239				
	130	9.8	10	101	0.0990	9.007				
	129.9	9.7	10	110	0.0909	9.702				
	129.9	9.7	10	84	0.1190	7.409				
5	137.2	10.6	10	157	0.0637	15.983	137.317	10.517	0.110	9.857
	136.5	10.3	10	109	0.0917	10.727				
	137.8	10.9	10	89	0.1124	9.358				
	137.9	10.5	10	73	0.1370	7.399				
	137.2	10.3	10	85	0.1176	8.408				
	137.3	10.5	10	72	0.1389	7.266				
6	138.1	10.4	10	60	0.1667	6.032	137.400	10.433	0.164	6.210
	137.2	10.6	10	71	0.1408	7.228				
	137.5	10.2	10	60	0.1667	5.891				

	137.9	10.5	10	70	0.1429	7.095				
	136.7	10.4	10	52	0.1923	5.175				
	137	10.5	10	58	0.1724	5.840				
7	140.7	10.9	10	143	0.0699	15.352	140.450	10.750	0.075	14.141
	139.9	11.2	10	136	0.0735	14.917				
	139.6	11	10	140	0.0714	15.049				
	139	10.4	10	133	0.0752	13.459				
	141.2	10.4	10	117	0.0855	12.027				
	142.3	10.6	10	133	0.0752	14.043				
8	140.6	10.7	10	139	0.0719	14.638	141.133	10.067	0.102	10.293
	140.8	10.3	10	132	0.0758	13.400				
	141.2	9.9	10	97	0.1031	9.492				
	141.6	9.7	10	83	0.1205	7.980				
	141.3	10	10	81	0.1235	8.012				
9	141.3	9.8	10	85	0.1176	8.239	141.633	9.933	0.087	11.357
	142.2	9.8	10	108	0.0926	10.535				
	141.6	9.6	10	114	0.0877	10.848				
	141.3	9.8	10	106	0.0943	10.275				
	141.9	10.1	10	115	0.0870	11.537				
	141.6	10.3	10	134	0.0746	13.681				
	141.2	10	10	114	0.0877	11.268				
	133.013	10.193		10.776	0.102	10.219	Total Masukan Panas			91.975

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 1G - 12 mm

Rata-rata arus	:	133.013	Amp
Rata-rata tegangan	:	10.193	Volt
Rata-rata durasi pengelasan	:	10.776	s/cm
Rata-rata kecepatan pengelasan	:	0.102	cm/s
Rata-rata masukan panas	:	10.219	kJ/cm
Total masukan panas	:	91.975	kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGLASAN

Posisi Pengelasan : Horizontal (2G)
Tebal Pelat : 6 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata			
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)
1	116.7	9.9	10	160	0.0625	12.940	116.850	9.683	0.075	10.696
	116	9.8	10	146	0.0685	11.618				
	116.3	9.6	10	132	0.0758	10.316				
	117	9.8	10	124	0.0806	9.952				
	117.5	9.4	10	144	0.0694	11.133				
	117.6	9.6	10	104	0.0962	8.219				
2	117.4	9.8	10	120	0.0833	9.664	117.650	9.450	0.087	9.094
	118.3	9.4	10	149	0.0671	11.598				
3	117.2	9.3	10	109	0.0917	8.316	117.367	9.983	0.108	7.652
	117.5	9.5	10	111	0.0901	8.673				
	116.9	9.3	10	121	0.0826	9.208				
	118.6	9.4	10	91	0.1099	7.102				
	118	10	10	98	0.1020	8.095				
	117.9	9.9	10	85	0.1176	6.945				
	116.7	10.5	10	101	0.0990	8.663				
	116.8	10	10	106	0.0943	8.667				
	117.7	9.8	10	84	0.1190	6.782				
	117.1	9.7	10	85	0.1176	6.758				
	117.289	9.706		11.500	0.090	9.147	Total Masukan Panas			27.442

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 2G - 8 mm

Rata-rata arus	:	117.289	Amp
Rata-rata tegangan	:	9.706	Volt
Rata-rata durasi pengelasan	:	11.500	s/cm
Rata-rata kecepatan pengelasan	:	0.090	cm/s
Rata-rata masukan panas	:	9.147	kJ/cm
Total masukan panas	:	27.442	kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGLASAN

Posisi Pengelasan : Horizontal (2G)
 Tebal Pelat : 8 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata						
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)			
1	110.5	9.7	10	162	0.0617	12.155	111.800	10.067	0.067	12.032			
	109.4	10	10	122	0.0820	9.343							
	109.7	10.2	10	150	0.0667	11.749							
	109.3	9.9	10	213	0.0469	16.134							
	116.3	10.4	10	131	0.0763	11.091							
	115.6	10.2	10	142	0.0704	11.720							
2	120.9	10.1	10	101	0.0990	8.633	122.000	10.067	0.113	7.780			
	119.2	9.8	10	73	0.1370	5.969							
	121.7	10	10	106	0.0943	9.030							
	120.4	10.2	10	89	0.1124	7.651							
	124.3	10.4	10	99	0.1010	8.959							
	125.5	9.9	10	74	0.1351	6.436							
3	124.7	10	10	123	0.0813	10.737	125.033	10.150	0.097	9.301			
	125.1	10.1	10	96	0.1042	8.491							
	124.4	10.2	10	108	0.0926	9.593							
	124.9	10.2	10	112	0.0893	9.988							
	125.3	10.1	10	112	0.0893	9.922							
	125.8	10.3	10	78	0.1282	7.075							
4	126.3	9.3	10	94	0.1064	7.729	126.100	9.250	0.131	6.304			
	126.5	9.4	10	71	0.1408	5.910							
	125.5	9.2	10	73	0.1370	5.900							
	126.6	9.3	10	79	0.1266	6.511							
	125.6	9	10	72	0.1389	5.697							
	126.1	9.3	10	74	0.1351	6.075							
5	124.4	10.3	10	84	0.1190	7.534	124.950	10.083	0.130	6.882			
	123.5	10.6	10	80	0.1250	7.331							
	124.1	9.8	10	85	0.1176	7.236							
	126.4	10.1	10	78	0.1282	6.970							
	125.5	9.9	10	80	0.1250	6.968							
	125.8	9.8	10	61	0.1639	5.264							
6	123.9	10.1	10	88	0.1136	7.709	124.567	10.250	0.128	7.022			
	124.7	10.3	10	74	0.1351	6.653							
	124.3	10.3	10	72	0.1389	6.453							
	125	10.6	10	73	0.1370	6.771							
	124.2	10	10	86	0.1163	7.477							
	125.3	10.2	10	79	0.1266	7.068							
							122.408	9.978	9.706	0.111	8.220	Total Masukan Panas	49.320

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 2G - 8 mm

Rata-rata arus : 122.408 Amp
 Rata-rata tegangan : 9.978 Volt
 Rata-rata durasi pengelasan : 9.706 s/cm
 Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.111 cm/s
 Rata-rata masukan panas : 8.220 kJ/cm
 Total masukan panas : 49.320 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGLASAN

Posisi Pengelasan : Horizontal (2G)
 Tebal Pelat : 10 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata			
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)
1	111.3	9.6	10	253	0.0395	18.923	119.500	9.950	0.068	13.656
	116.7	10	10	226	0.0442	18.462				
	120.9	9.9	10	122	0.0820	10.222				
	120.7	9.7	10	186	0.0538	15.244				
	121.5	10.1	10	108	0.0926	9.277				
	125.9	10.4	10	107	0.0935	9.807				
2	131.9	10.4	10	128	0.0781	12.291	130.850	10.300	0.113	8.786
	129	10.5	10	99	0.1010	9.387				

	130.9	10.3	10	95	0.1053	8.966							
	131.7	10.1	10	95	0.1053	8.846							
	130.9	10.2	10	76	0.1316	7.103							
	130.7	10.3	10	65	0.1538	6.125							
3	130.8	9.8	10	107	0.0935	9.601	131.217	9.750	0.101	8.968			
	131.4	9.9	10	93	0.1075	8.469							
	130.9	9.8	10	108	0.0926	9.698							
	131.9	10.1	10	109	0.0917	10.165							
	129.9	9.5	10	91	0.1099	7.861							
	132.4	9.4	10	92	0.1087	8.015							
4	132	10.1	10	104	0.0962	9.706	131.717	9.700	0.154	6.258			
	131.8	9.9	10	77	0.1299	7.033							
	131.5	9.7	10	70	0.1429	6.250							
	132.4	9.6	10	67	0.1493	5.961							
	131.4	9.4	10	51	0.1961	4.410							
5	131.2	9.5	10	48	0.2083	4.188	131.883	9.733	0.169	5.542			
	132.7	10.1	10	84	0.1190	7.881							
	132.3	10	10	68	0.1471	6.297							
	131.7	9.7	10	48	0.2083	4.292							
	133.1	9.8	10	61	0.1639	5.570							
	131.2	9.6	10	55	0.1818	4.849							
6	130.3	9.2	10	52	0.1923	4.363	131.300	9.700	0.156	5.906			
	133.6	9.2	10	94	0.1064	8.088							
	132.5	9.4	10	69	0.1449	6.016							
	130.2	10.2	10	65	0.1538	6.043							
	129.5	9.8	10	61	0.1639	5.419							
	130.4	9.6	10	58	0.1724	5.082							
	131.6	10	10	52	0.1923	4.790							
7	130.8	10.1	10	79	0.1266	7.306	130.583	10.067	0.133	7.004			
	131.3	10.4	10	73	0.1370	6.978							
	130.3	10.2	10	82	0.1220	7.629							
	129.3	9.8	10	89	0.1124	7.894							
	130.2	10.1	10	68	0.1471	6.259							
	131.6	9.8	10	66	0.1515	5.958							
	8	132.5	10.4	10	93	0.1075					8.971	130.967	10.150
130.8		10.2	10	107	0.0935	9.993							
129.6		10.2	10	103	0.0971	9.531							
130.9		10	10	97	0.1031	8.888							
131.2		10.1	10	85	0.1176	7.884							
	130.8	10	10	86	0.1163	7.874							
							129.752	9.919	9.108	0.125	8.122	Total Masukan Panas	64.977

Dari data diatas diperoleh :
Untuk pengelasan posisi 2G - 10 mm

Rata-rata arus : 129.752 Amp
Rata-rata tegangan : 9.919 Volt
Rata-rata durasi pengelasan : 9.108 s/cm
Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.125 cm/s
Rata-rata masukan panas : 8.122 kJ/cm
Total masukan panas : 64.977 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGELASAN

Posisi Pengelasan : Horizontal (2G)
Tebal Pelat : 12 mm

Weid-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata			
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)
1	105.2	10.3	10	277	0.0361	21.010	115.800	9.467	0.061	13.190
	116.3	9.5	10	165	0.0606	12.761				
	115.5	9.2	10	148	0.0676	11.009				
	117.9	8.9	10	157	0.0637	11.532				
	119.7	9.2	10	150	0.0667	11.563				
	120.2	9.7	10	138	0.0725	11.263				
2	119.9	9.2	10	99	0.1010	7.644	121.600	9.033	0.134	6.121
	121.6	8.9	10	117	0.0855	8.864				
	121.8	9	10	58	0.1724	4.451				
	122.2	9.2	10	78	0.1282	6.138				
	121.8	9.1	10	62	0.1613	4.810				
3	122.3	8.8	10	64	0.1563	4.822	126.633	9.917	0.167	5.572
	126.2	10	10	85	0.1176	7.509				

	125.5	9.5	10	67	0.1493	5.592								
	127.3	10.1	10	76	0.1316	6.840								
	126.8	9.9	10	50	0.2000	4.394								
	126.5	9.7	10	61	0.1639	5.240								
	127.5	10.3	10	42	0.2381	3.861								
4	130.6	10.2	10	108	0.0926	10.071	130.883	9.867	0.130	7.127				
	131.2	9.9	10	71	0.1408	6.455								
	130.4	9.7	10	77	0.1299	6.818								
	130.9	9.7	10	72	0.1389	6.399								
	130.7	10.1	10	73	0.1370	6.746								
	131.5	9.6	10	71	0.1408	6.274								
5	126.5	10.8	10	89	0.1124	8.511	127.467	10.750	0.125	7.751				
	127.2	10.6	10	70	0.1429	6.607								
	128.7	10.9	10	79	0.1266	7.758								
	128.1	10.8	10	83	0.1205	8.038								
	126.7	10.6	10	92	0.1087	8.649								
6	127.6	10.8	10	72	0.1389	6.946	131.333	10.233	0.122	7.836				
	129.6	9.6	10	101	0.0990	8.796								
	128.4	10.2	10	99	0.1010	9.076								
	131.9	10.1	10	71	0.1408	6.621								
	132.4	10.4	10	76	0.1316	7.325								
	133.1	10.6	10	72	0.1389	7.111								
7	132.6	10.5	10	83	0.1205	8.089	130.683	10.433	0.146	6.568				
	129.6	10.4	10	69	0.1449	6.510								
	131.5	10.6	10	63	0.1587	6.147								
	130.6	10.6	10	72	0.1389	6.977								
	130.4	10.3	10	77	0.1299	7.239								
	130.2	10.2	10	65	0.1538	6.043								
	131.8	10.5	10	67	0.1493	6.490								
8	142.3	10	10	86	0.1163	8.566	142.350	10.183	0.120	8.491				
	142.7	10.1	10	78	0.1282	7.869								
	141.7	10.3	10	86	0.1163	8.786								
	143.3	10.1	10	79	0.1266	8.004								
	141.9	10.2	10	86	0.1163	8.713								
	142.2	10.4	10	87	0.1149	9.006								
9	139.9	10.9	10	71	0.1408	7.579	141.117	10.717	0.145	7.325				
	141.2	10.9	10	68	0.1471	7.326								
	140.2	10.7	10	74	0.1351	7.771								
	140.7	10.9	10	75	0.1333	8.052								
	141.4	10.5	10	64	0.1563	6.651								
10	143.3	10.4	10	63	0.1587	6.572	143.850	10.267	0.135	7.787				
	143.2	10.2	10	96	0.1042	9.816								
	143.9	10.2	10	66	0.1515	6.781								
	144.3	10.3	10	78	0.1282	8.115								
	143.7	10.2	10	71	0.1408	7.285								
11	144.6	10.5	10	74	0.1351	7.865	143.033	10.300	0.143	7.262				
	143.4	10.2	10	67	0.1493	6.860								
	141.9	10.3	10	76	0.1316	7.776								
	142.6	10.4	10	73	0.1370	7.578								
	142.9	10.2	10	73	0.1370	7.448								
	143.8	10.6	10	61	0.1639	6.509								
143.3	10	10	74	0.1351	7.423									
143.7	10.3	10	66	0.1515	6.838									
12	125.3	9.9	10	61	0.1639	5.297	125.750	10.350	0.163	5.637				
	126.1	10	10	56	0.1786	4.943								
	125.7	10.5	10	59	0.1695	5.451								
	125.5	10.6	10	67	0.1493	6.239								
	125.9	10.7	10	58	0.1724	5.469								
	126	10.4	10	70	0.1429	6.421								
		131.708	10.126		8.235	0.133					7.556	Total Masukan Panas		90.668

Dari data diatas diperoleh :
Untuk pengelasan posisi 2G - 12 mm
Rata-rata arus : 131.708 Amp
Rata-rata tegangan : 10.126 Volt
Rata-rata durasi pengelasan : 8.235 s/cm
Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.133 cm/s
Rata-rata masukan panas : 7.556 kJ/cm
Total masukan panas : 90.668 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGELASAN

Posisi Pengelasan : Vertikal (3G)
 Tebal Pelat : 6 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata							
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)				
1	115.9	10.2	10	130	0.0769	10.758	117.067	9.833	0.054	15.973				
	116.9	9.8	10	266	0.0376	21.331								
	116.6	9.6	10	240	0.0417	18.805								
	117.6	9.8	10	217	0.0461	17.506								
	118.4	9.4	10	142	0.0704	11.063								
	117	10.2	10	196	0.0510	16.373								
2	127.1	10.5	10	201	0.0498	18.777	127.783	9.567	0.056	15.441				
	126.9	9.8	10	203	0.0493	17.672								
	127.7	9.6	10	181	0.0552	15.532								
	127.5	9.3	10	160	0.0625	13.280								
	128.6	9.2	10	161	0.0621	13.334								
	128.9	9	10	173	0.0578	14.049								
							122.425	9.700		189.167	0.055	15.707	Total Masukan Panas	31.414

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 3G - 10 mm

Rata-rata arus : 122.425 Amp
 Rata-rata tegangan : 9.700 Volt
 Rata-rata durasi pengelasan : 189.167 s/cm
 Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.055 cm/s
 Rata-rata masukan panas : 15.707 kJ/cm
 Total masukan panas : 31.414 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGELASAN

Posisi Pengelasan : Vertikal (3G)
 Tebal Pelat : 8 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata							
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)				
1	107.8	9.8	10	378	0.0265	27.953	107.767	9.783	0.036	21.529				
	106.9	9.9	10	346	0.0289	25.632								
	107.4	9.6	10	263	0.0380	18.981								
	107.7	9.7	10	313	0.0319	22.889								
	108.1	9.9	10	255	0.0392	19.103								
	108.7	9.8	10	196	0.0510	14.615								
2	116.2	10.1	10	135	0.0741	11.091	116.450	10.117	0.068	12.112				
	116.6	10.4	10	144	0.0694	12.223								
	115.8	10.2	10	160	0.0625	13.229								
	116.9	9.5	10	142	0.0704	11.039								
	116.5	10.3	10	140	0.0714	11.760								
	116.7	10.2	10	160	0.0625	13.332								
3	125.5	10.6	10	246	0.0407	22.908	126.417	10.267	0.044	20.910				
	125.6	10.3	10	244	0.0410	22.096								
	126.6	10.4	10	243	0.0412	22.396								
	126.8	10.2	10	243	0.0412	22.000								
	126.6	10.3	10	216	0.0463	19.716								
	127.4	9.8	10	187	0.0535	16.343								
							116.878	10.056		22.283	0.049	18.184	Total Masukan Panas	54.551

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 3G - 10 mm

Rata-rata arus : 116.878 Amp
 Rata-rata tegangan : 10.056 Volt
 Rata-rata durasi pengelasan : 22.283 s/cm
 Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.049 cm/s
 Rata-rata masukan panas : 18.184 kJ/cm
 Total masukan panas : 54.551 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGELASAN

Posisi Pengelasan : Vertikal (3G)
 Tebal Pelat : 10 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata							
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)				
1	106.6	9.6	10	272	0.0368	19.485	111.000	10.300	0.043	18.864				
	105.7	10.6	10	246	0.0407	19.294								
	104.9	10.9	10	226	0.0442	18.089								
	114.4	11	10	236	0.0424	20.789								
	116.8	10.3	10	228	0.0439	19.201								
	117.6	9.4	10	211	0.0474	16.327								
2	122.5	10.2	10	203	0.0493	17.755	126.600	9.567	0.078	11.513				
	122.9	9.8	10	159	0.0629	13.405								
	127.8	9.4	10	112	0.0893	9.418								
	128.3	9.6	10	119	0.0840	10.260								
	128.5	9.4	10	123	0.0813	10.400								
	129.6	9	10	96	0.1042	7.838								
3	131.4	10.4	10	163	0.0613	15.592	131.250	10.250	0.069	13.809				
	130.5	10.1	10	139	0.0719	12.825								
	130.9	10	10	146	0.0685	13.378								
	131.3	10.5	10	156	0.0641	15.055								
	132.5	10.3	10	147	0.0680	14.043								
	130.9	10.2	10	128	0.0781	11.963								
4	129.6	10.6	10	208	0.0481	20.002	130.067	10.050	0.072	13.314				
	128.9	10.3	10	148	0.0676	13.755								
	129.8	10.4	10	117	0.0855	11.056								
	130.4	9.8	10	121	0.0826	10.824								
	130.1	9.6	10	157	0.0637	13.726								
	131.6	9.6	10	119	0.0840	10.524								
5	129.8	10.3	10	253	0.0395	23.677	134.083	9.883	0.060	16.082				
	134.7	9.7	10	162	0.0617	14.817								
	134.8	9.9	10	144	0.0694	13.452								
	134.7	9.7	10	169	0.0592	15.457								
	135.3	9.9	10	152	0.0658	14.252								
	135.2	9.8	10	160	0.0625	14.840								
							126.600	10.010		16.733	0.064	14.717	Total Masukan Panas	73.583

Dari data diatas diperoleh :

Untuk pengelasan posisi 3G - 10 mm

Rata-rata arus : 126.600 Amp
 Rata-rata tegangan : 10.010 Volt
 Rata-rata durasi pengelasan : 16.733 s/cm
 Rata-rata kecepatan pengelasan : 0.064 cm/s
 Rata-rata masukan panas : 14.717 kJ/cm
 Total masukan panas : 73.583 kJ/cm

DATA MASUKAN PANAS PENGELASAN

Posisi Pengelasan : Vertikal (3G)
 Tebal Pelat : 12 mm

Weld-pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Panjang lasan (cm)	waktu (s)	kecepatan las (cm/s)	Masukan Panas (kJ/cm)	Rata-rata			
							Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan pengelasan (cm/s)	Masukan panas/pass (kJ/cm)
1	109.3	10.1	10	258	0.0388	19.937	116.783	10.217	0.045	18.627
	116.9	10.6	10	228	0.0439	19.777				
	118.4	10.4	10	233	0.0429	20.083				
	119.1	9.6	10	227	0.0441	18.168				
	118.7	10.8	10	212	0.0472	19.024				
	118.3	9.8	10	182	0.0549	14.770				
2	117.6	9.6	10	156	0.0641	12.328	117.450	9.583	0.070	11.339
	117	9.6	10	140	0.0714	11.007				
	117.3	9.8	10	150	0.0667	12.070				
	116.7	9.4	10	151	0.0662	11.595				
	117.8	9.4	10	147	0.0680	11.394				
	118.3	9.7	10	120	0.0833	9.639				
3	121.3	10	10	233	0.0429	19.784	121.667	9.600	0.054	15.397
	120.6	9.7	10	173	0.0578	14.167				
	121.2	9.6	10	197	0.0508	16.045				
	121.9	9.9	10	203	0.0493	17.149				
	122.3	9.3	10	154	0.0649	12.261				

	122.7	9.1	10	166	0.0602	12.975				
4	122.3	9.3	10	181	0.0552	14.411	124.750	9.650	0.062	13.794
	121.7	9.6	10	178	0.0562	14.557				
	122.7	9.5	10	202	0.0495	16.482				
	127.8	9.8	10	138	0.0725	12.099				
	127.3	9.8	10	153	0.0654	13.361				
	126.7	9.9	10	135	0.0741	11.853				
5	125.7	10.2	10	197	0.0508	17.681	126.183	9.900	0.061	14.524
	125.6	10	10	158	0.0633	13.891				
	126.2	9.8	10	167	0.0599	14.458				
	125.8	10.2	10	157	0.0637	14.102				
	127.2	9.5	10	173	0.0578	14.634				
	126.6	9.7	10	144	0.0694	12.378				
6	127.6	9.7	10	174	0.0575	15.075	126.550	9.717	0.061	14.461
	126.3	9.5	10	187	0.0535	15.706				
	126.5	10.1	10	202	0.0495	18.066				
	126.4	9.9	10	124	0.0806	10.862				
	126.1	9.4	10	174	0.0575	14.437				
	126.4	9.7	10	147	0.0680	12.616				
7	126.9	9.9	10	165	0.0606	14.510	133.883	9.950	0.062	15.260
	132.2	9.7	10	189	0.0529	16.965				
	133.6	9.3	10	206	0.0485	17.917				
	136.9	10.3	10	157	0.0637	15.497				
	136.4	10.7	10	144	0.0694	14.712				
	137.3	9.8	10	127	0.0787	11.962				
	123.895	9.802		17.402	0.059	14.772	Total Masukan Panas		103.401	

Dari data diatas diperoleh :
Untuk pengelasan posisi 3G - 12
mm

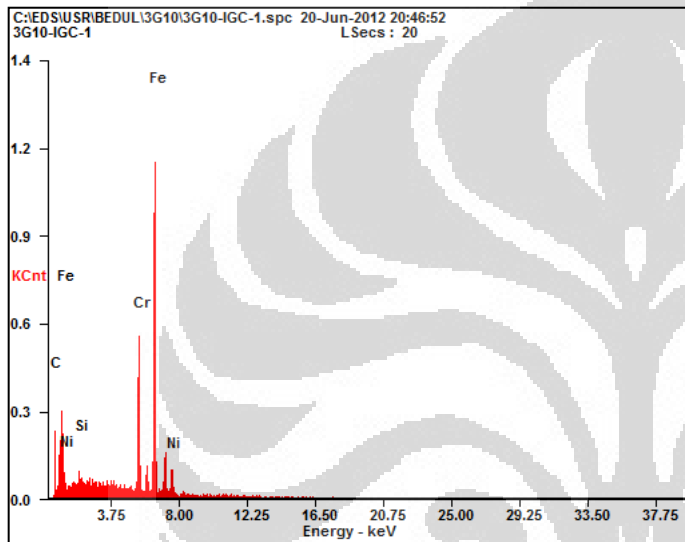
Rata-rata arus	:	123.895	Amp
Rata-rata tegangan	:	9.802	Volt
Rata-rata durasi pengelasan	:	17.402	s/cm
Rata-rata kecepatan pengelasan	:	0.059	cm/s
Rata-rata masukan panas	:	14.772	kJ/cm
Total masukan panas	:	103.401	kJ/cm

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	17.02	48.40
Si K	00.62	00.75
Cr K	15.54	10.21
Fe K	59.20	36.21
Ni K	07.62	04.43

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

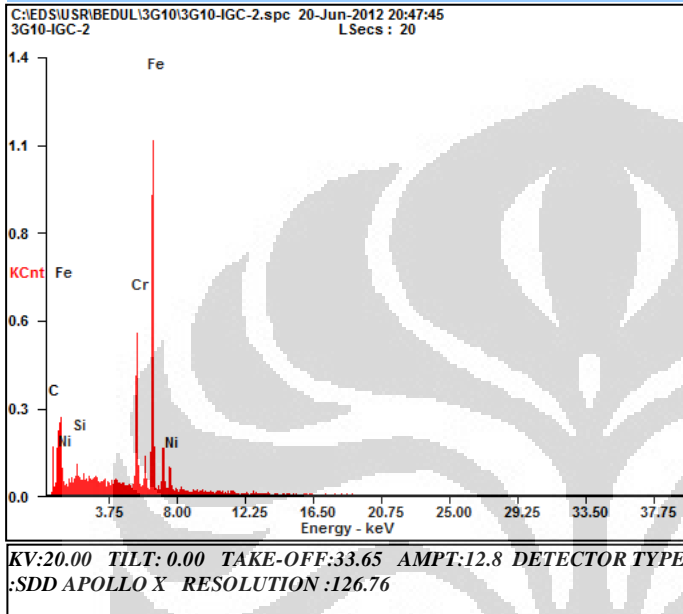
KV:20.00 TILT: 0.00 TAKE-OFF:33.65 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

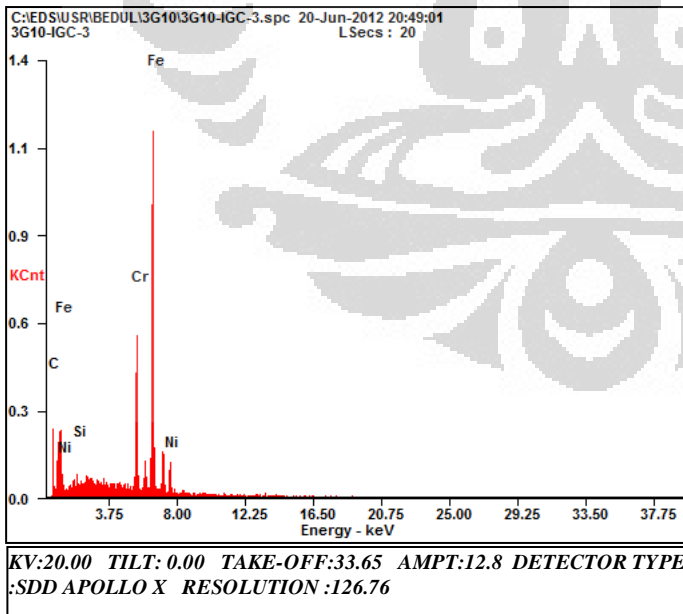
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	13.64	41.96
Si K	00.59	00.77
Cr K	16.08	11.43
Fe K	61.68	40.81
Ni K	08.00	05.04

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	16.32	47.12
Si K	00.64	00.79
Cr K	15.85	10.58
Fe K	60.12	37.34
Ni K	07.08	04.18

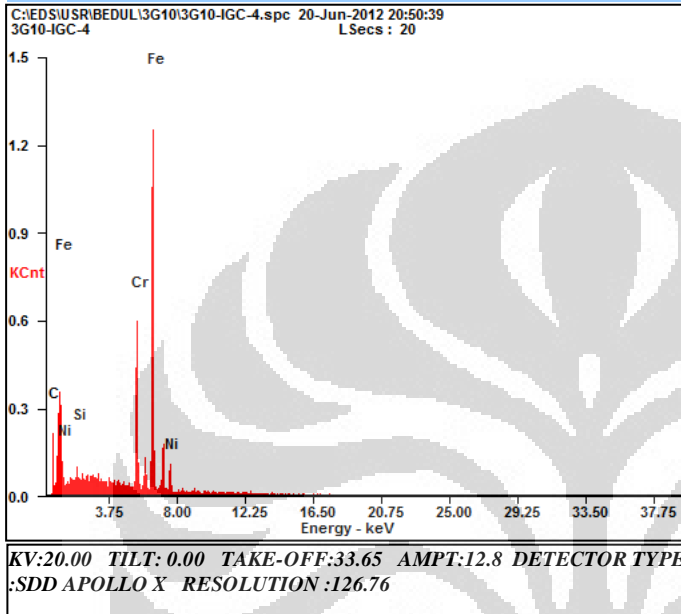
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

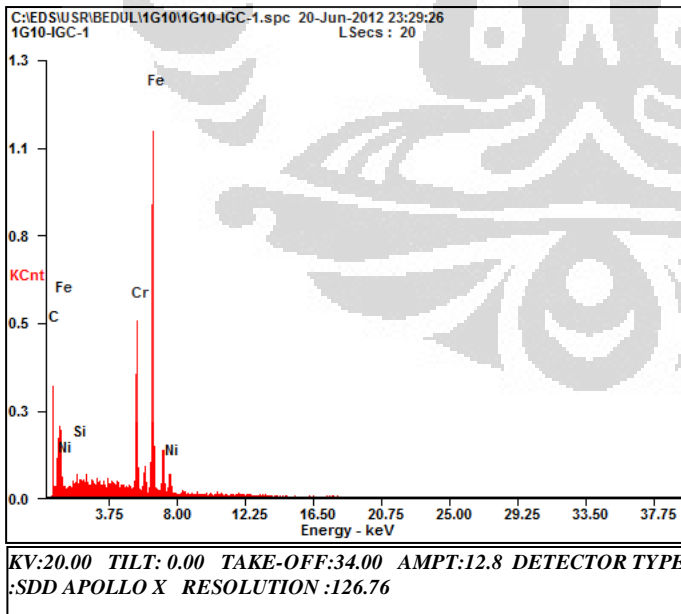
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	15.01	44.65
Si K	00.65	00.82
Cr K	16.24	11.16
Fe K	61.11	39.10
Ni K	06.99	04.26

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	22.68	57.26
Si K	00.60	00.64
Cr K	14.80	08.63
Fe K	56.24	30.54
Ni K	05.68	02.94

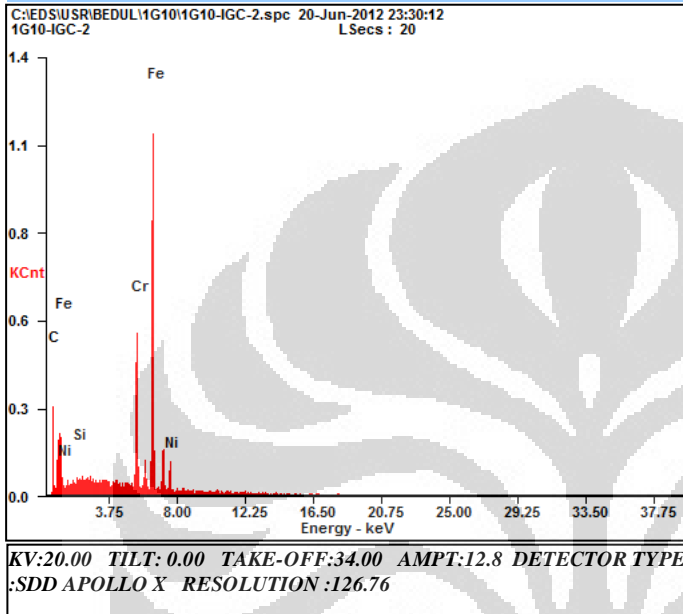
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

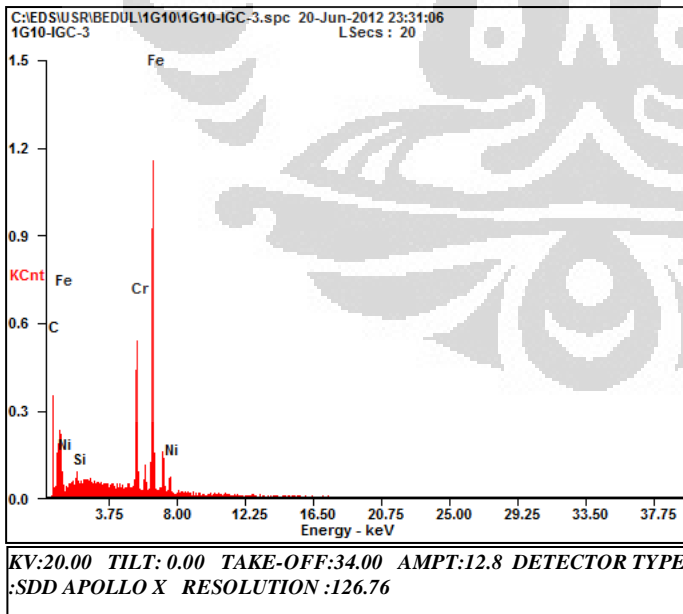
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	20.02	53.40
Si K	00.45	00.51
Cr K	15.22	09.38
Fe K	57.59	33.04
Ni K	06.72	03.67

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	21.49	55.56
Si K	00.60	00.67
Cr K	15.16	09.06
Fe K	56.47	31.40
Ni K	06.27	03.31

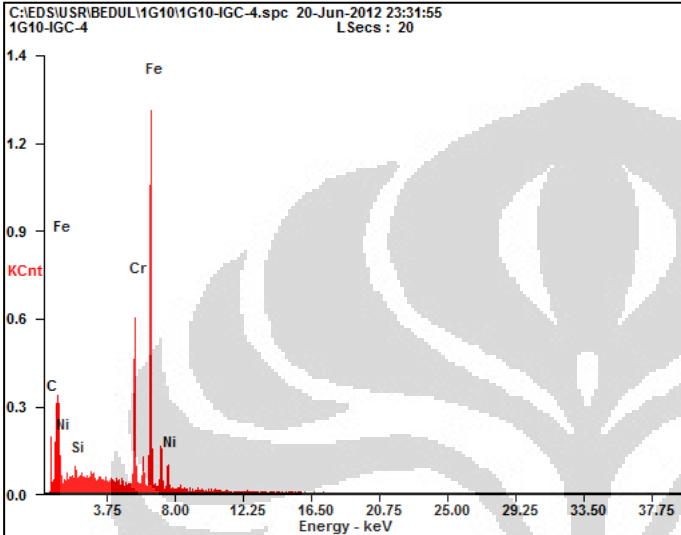
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

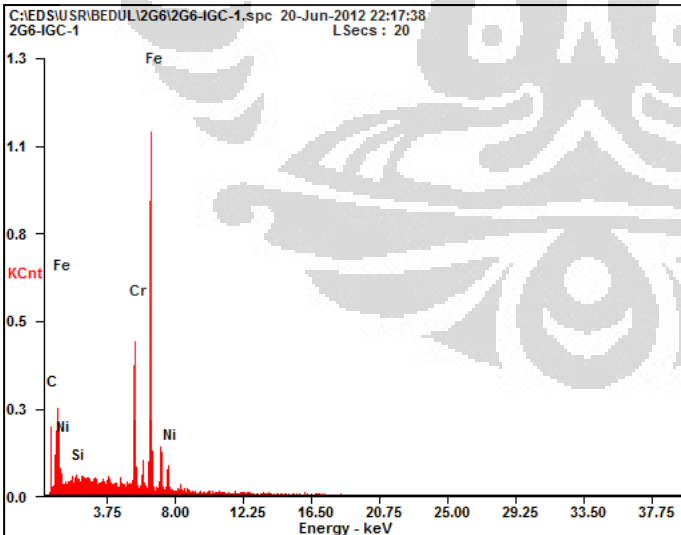
6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	14.00	42.65
Si K	00.58	00.75
Cr K	17.15	12.07
Fe K	61.60	40.36
Ni K	06.67	04.16

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76



Element	Wt %	At %
C K	15.18	45.07
Si K	00.47	00.60
Cr K	15.06	10.33
Fe K	61.20	39.09
Ni K	08.09	04.92

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

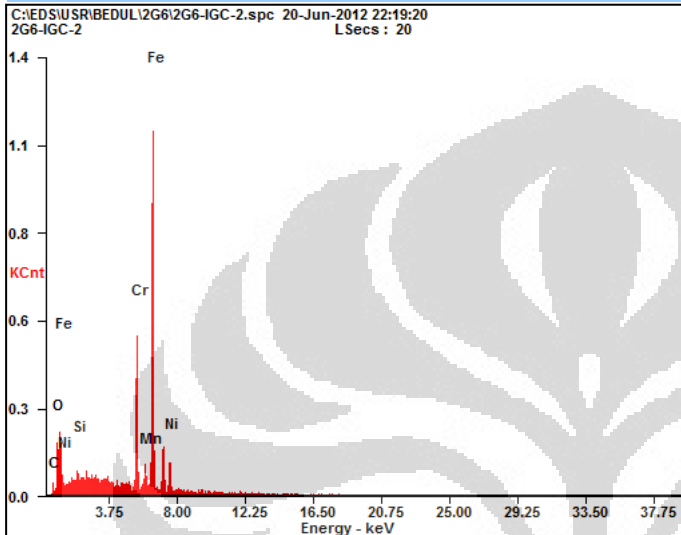
KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.46 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

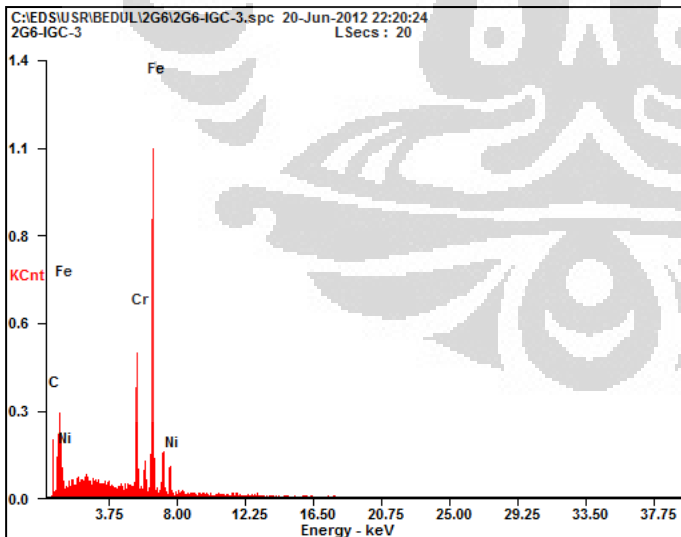
6/20/2012



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.46 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
C K	02.48	09.63
O K	03.64	10.62
Si K	00.72	01.19
Cr K	16.37	14.70
Mn K	01.48	01.26
Fe K	66.22	55.36
Ni K	09.10	07.23

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.46 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
C K	13.60	42.05
Cr K	15.58	11.13
Fe K	62.29	41.42
Ni K	08.53	05.40

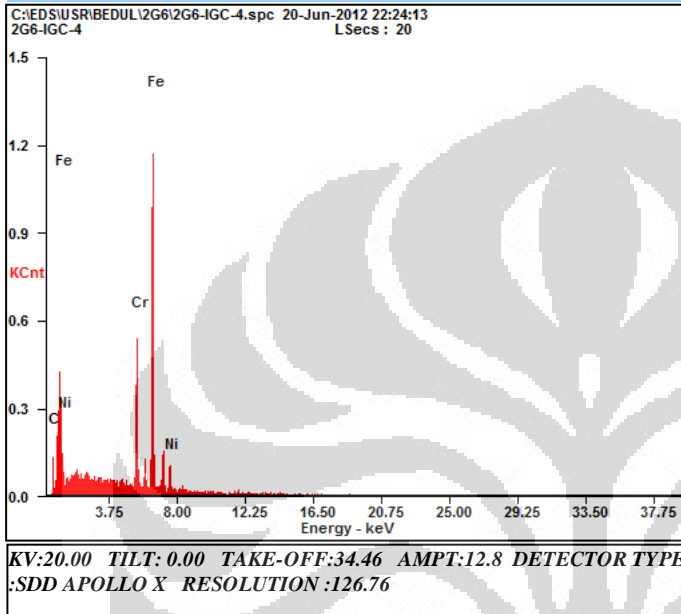
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

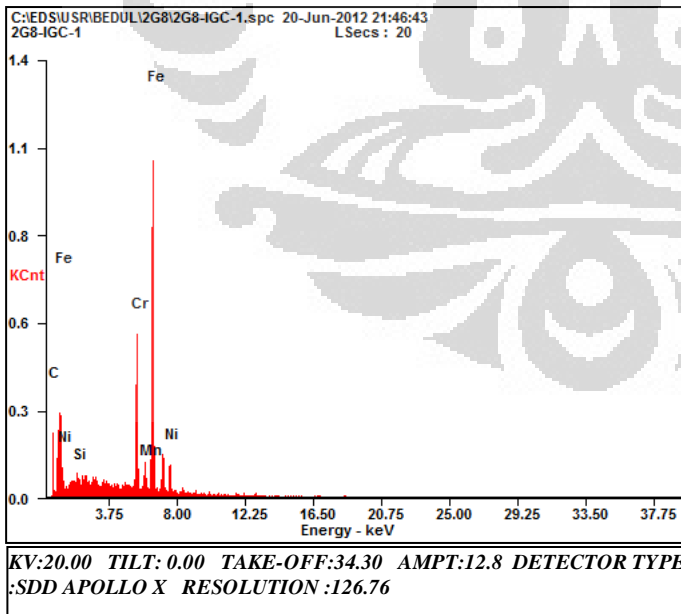
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	08.98	31.25
CrK	16.45	13.23
FeK	65.75	49.23
NiK	08.83	06.29

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	15.39	45.42
SiK	00.66	00.83
CrK	15.36	10.47
MnK	01.04	00.67
FeK	59.58	37.81
NiK	07.97	04.81

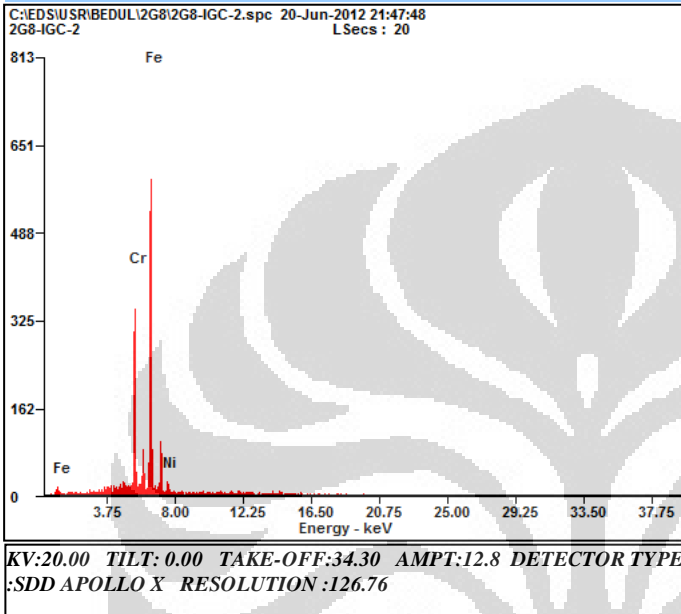
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

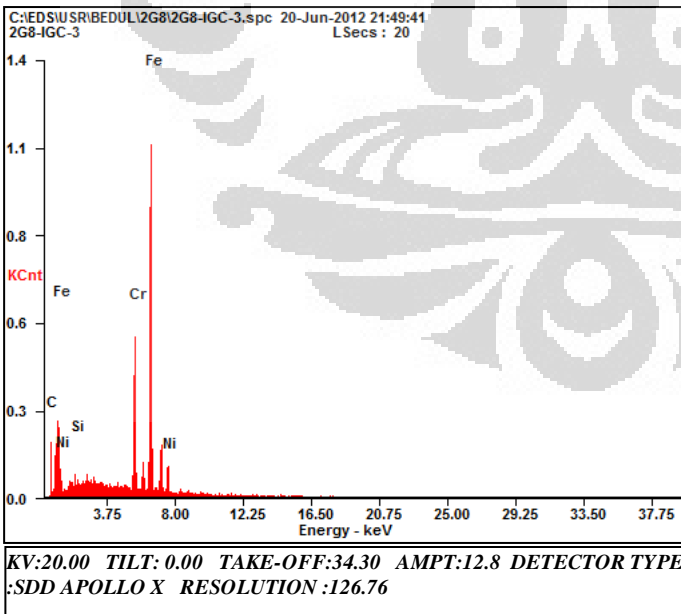
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
CrK	22.36	23.67
FeK	73.72	72.65
NiK	03.93	03.68

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
CK	12.95	40.49
SiK	00.65	00.86
CrK	15.82	11.43
FeK	62.97	42.35
NiK	07.61	04.87

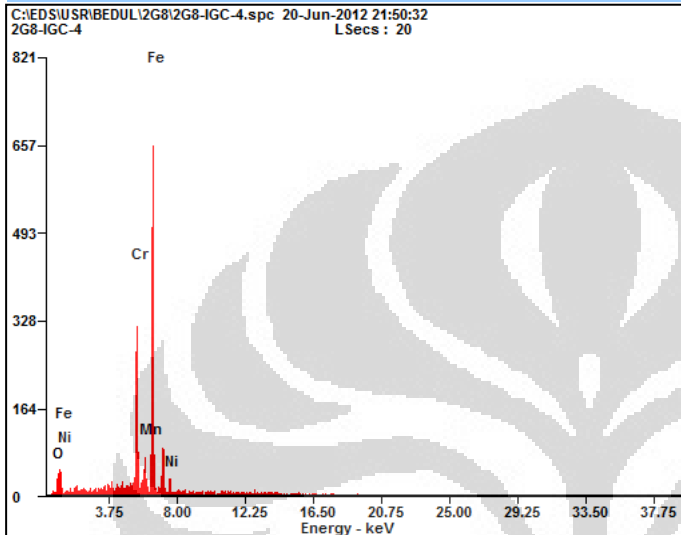
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

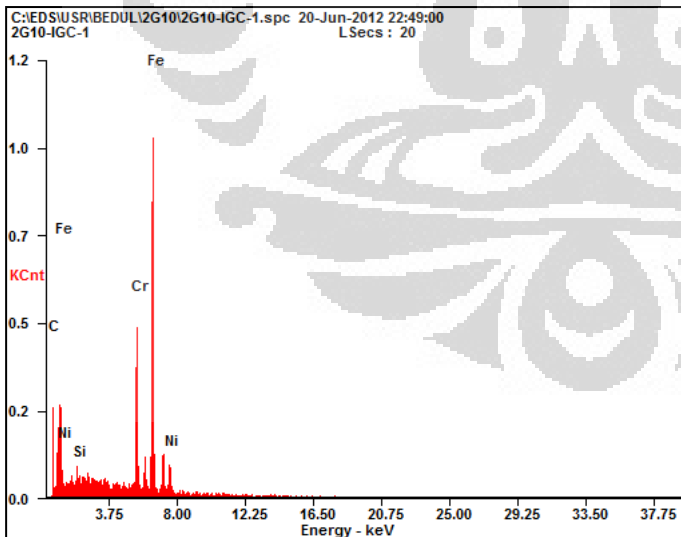
6/20/2012



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.30 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
O K	01.36	04.51
CrK	22.36	22.90
MnK	02.28	02.21
FeK	69.93	66.68
NiK	04.08	03.70

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.95 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
C K	19.24	52.14
SiK	00.56	00.65
CrK	15.50	09.71
FeK	57.16	33.32
NiK	07.54	04.18

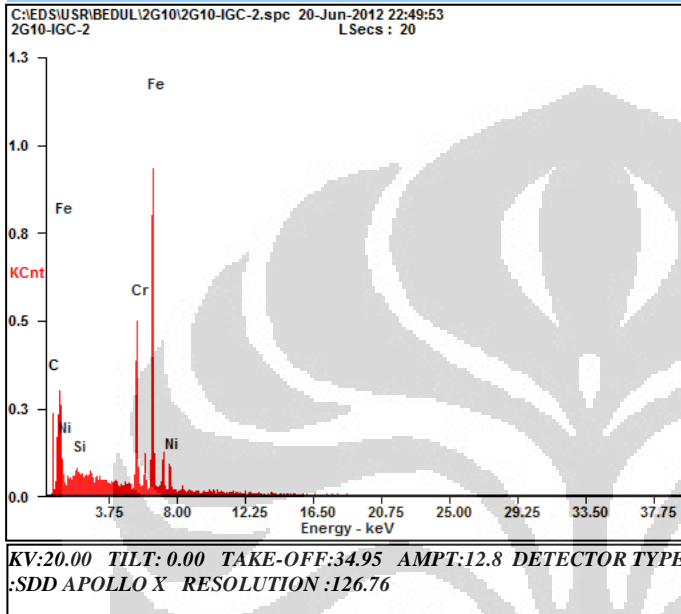
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

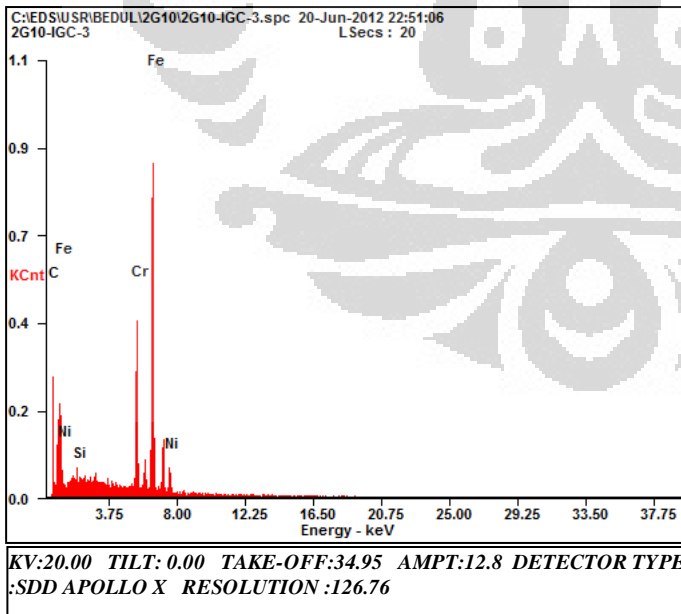
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	16.83	48.04
Si K	00.67	00.81
Cr K	16.16	10.65
Fe K	59.24	36.36
Ni K	07.10	04.14

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	23.94	58.97
Si K	00.63	00.66
Cr K	14.74	08.39
Fe K	53.98	28.60
Ni K	06.72	03.38

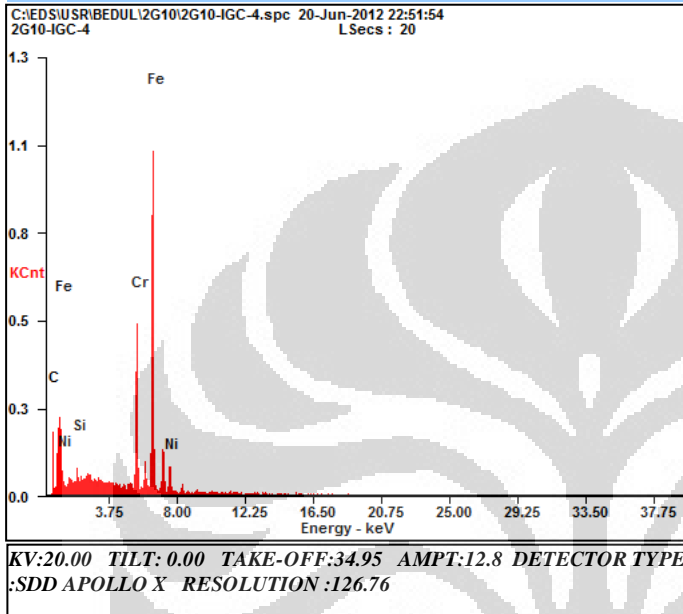
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

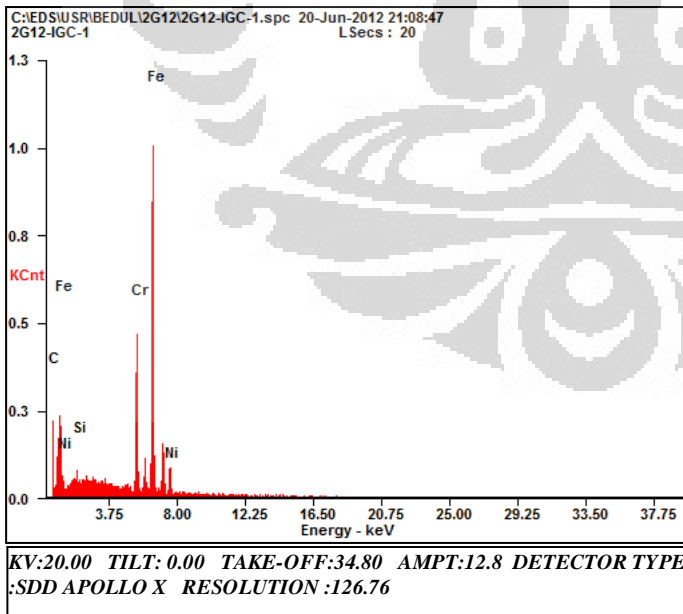
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	14.92	44.45
Si K	00.77	00.97
Cr K	16.46	11.32
Fe K	60.70	38.89
Ni K	07.16	04.36

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	16.74	47.83
Si K	00.85	01.04
Cr K	15.57	10.27
Fe K	59.77	36.72
Ni K	07.07	04.13

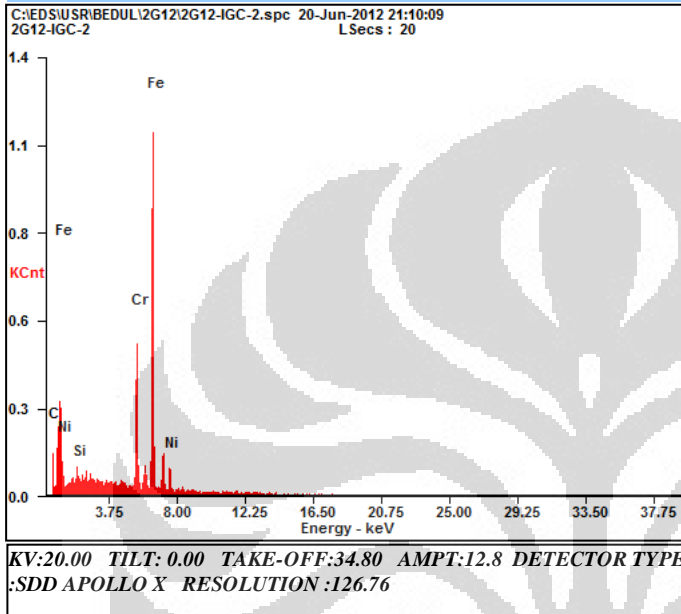
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

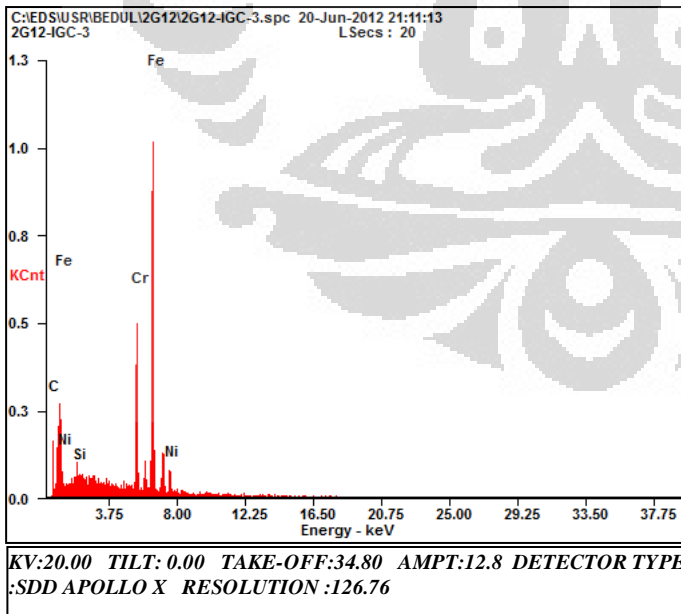
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	10.65	35.27
Si K	00.71	01.00
Cr K	16.43	12.57
Fe K	64.91	46.22
Ni K	07.29	04.94

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	14.16	43.00
Si K	00.56	00.73
Cr K	16.13	11.32
Fe K	62.10	40.57
Ni K	07.05	04.38

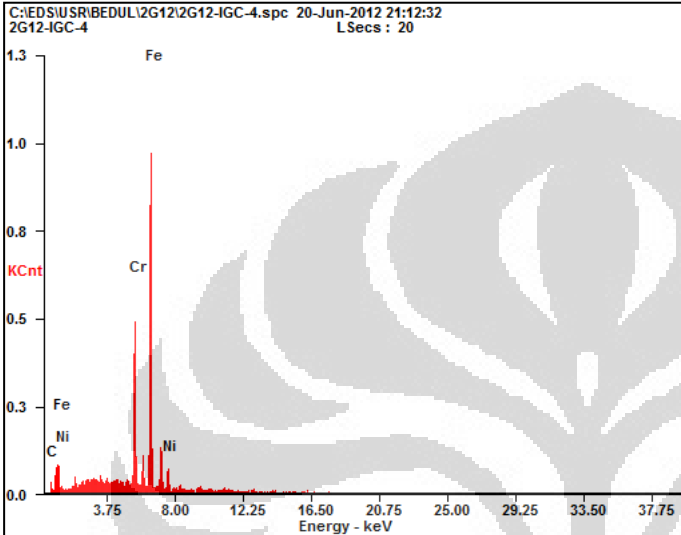
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

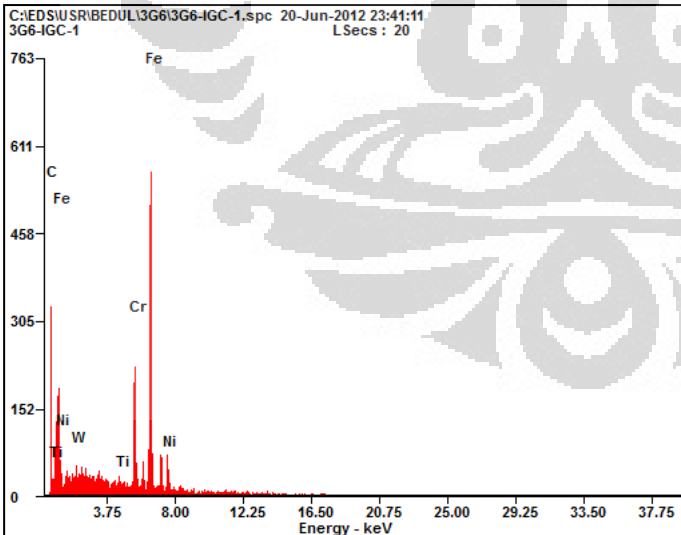
6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	03.61	14.67
CrK	20.20	18.98
FeK	69.12	60.47
NiK	07.07	05.88

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.80 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76



Element	Wt %	At %
C K	30.08	66.77
WM	01.41	00.20
TiK	00.47	00.26
CrK	12.46	06.39
FeK	49.15	23.46
NiK	06.43	02.92

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

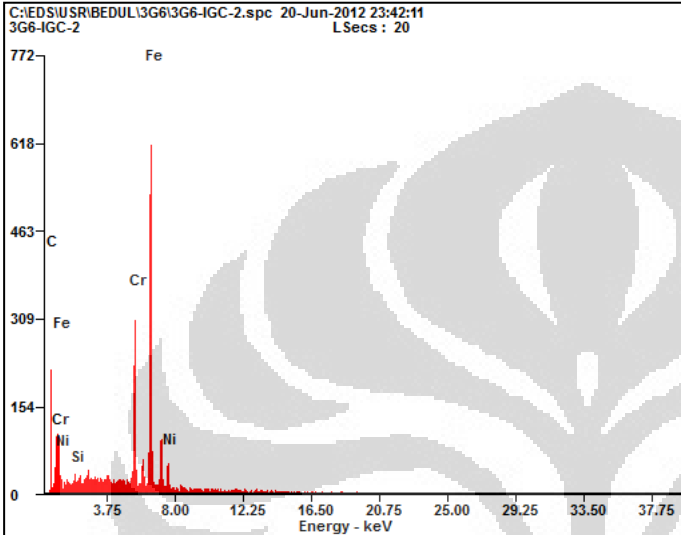
KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:37.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

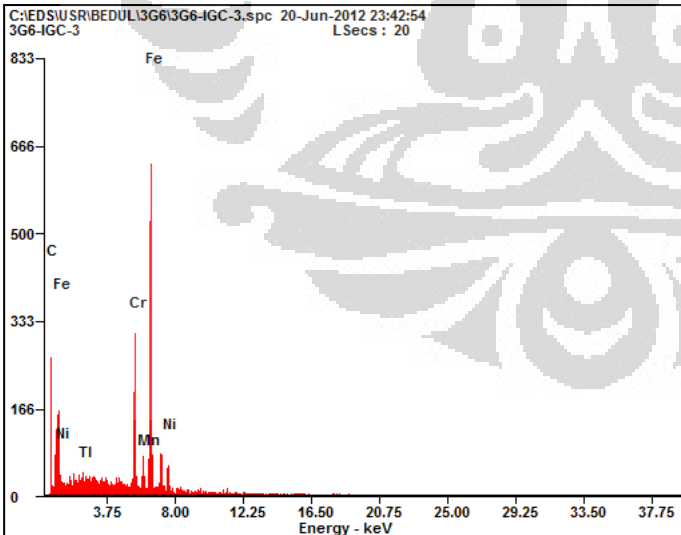
6/20/2012



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:37.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
C K	25.12	60.60
Si K	00.35	00.36
Cr K	14.11	07.86
Fe K	53.92	27.97
Ni K	06.50	03.21

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:37.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
C K	24.28	59.88
Ti K	01.07	00.15
Cr K	13.67	07.79
Mn K	01.35	00.73
Fe K	52.54	27.87
Ni K	07.09	03.58

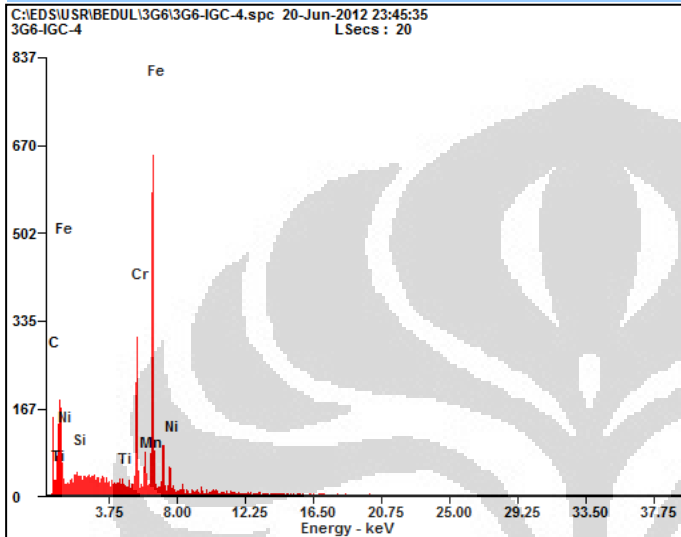
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

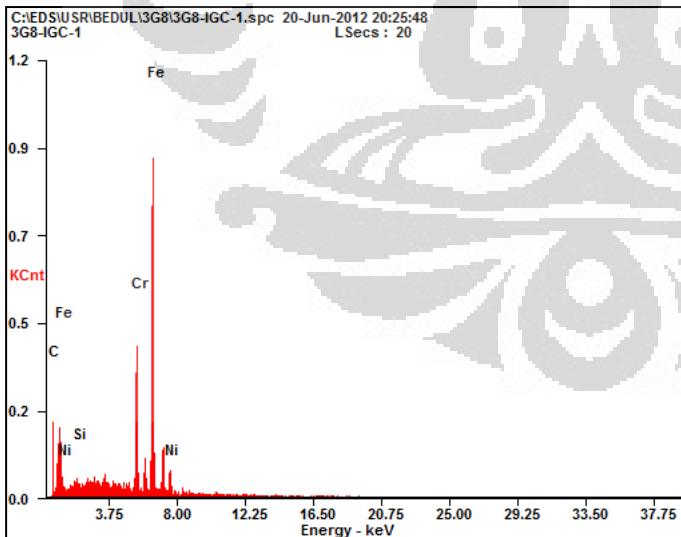
6/20/2012



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:37.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
C K	17.03	48.42
Si K	00.50	00.61
Ti K	00.48	00.34
Cr K	15.52	10.19
Mn K	01.45	00.90
Fe K	57.55	35.19
Ni K	07.47	04.35

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:31.85 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Element	Wt %	At %
C K	18.74	51.32
Si K	00.58	00.68
Cr K	15.06	09.53
Fe K	58.98	34.74
Ni K	06.63	03.72

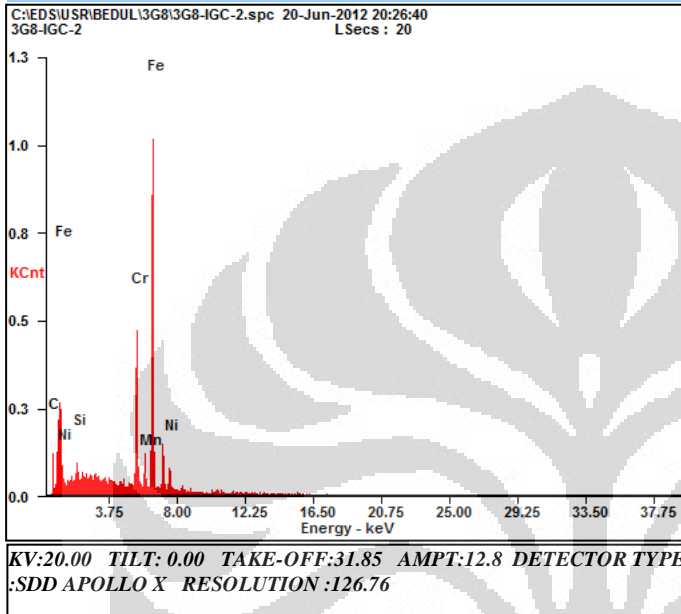
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

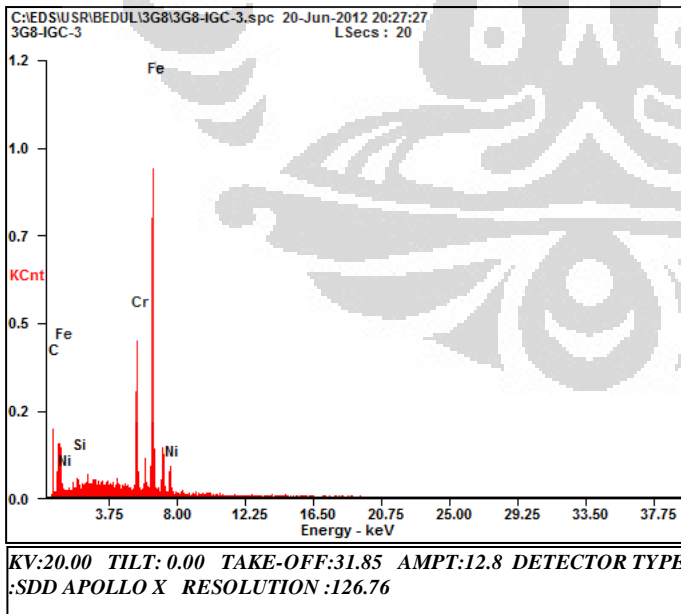
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	11.33	36.82
Si K	00.80	01.11
Cr K	16.53	12.42
Mn K	01.35	00.96
Fe K	62.93	44.00
Ni K	07.07	04.70

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	18.33	50.64
Si K	00.59	00.70
Cr K	14.67	09.37
Fe K	60.07	35.70
Ni K	06.34	03.58

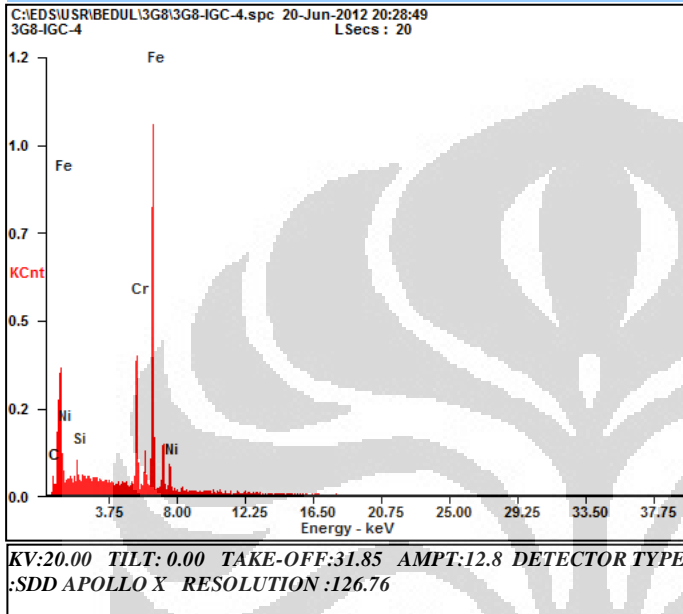
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

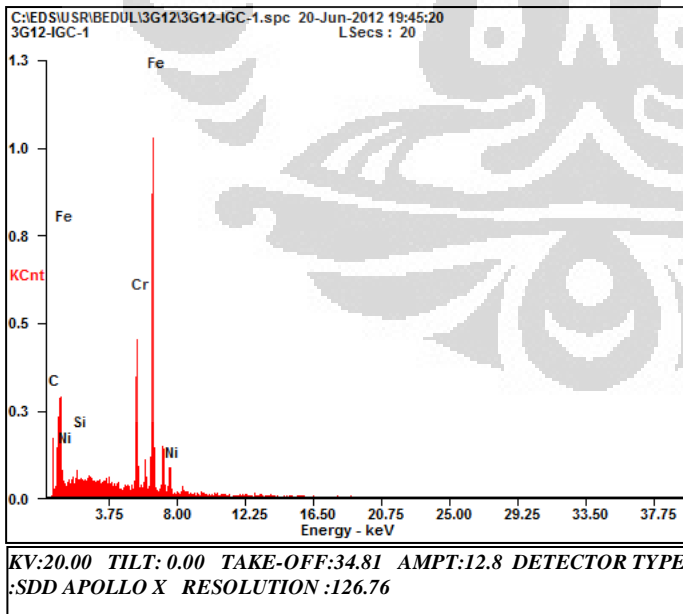
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	04.49	17.66
Si K	00.94	01.59
Cr K	17.62	16.01
Fe K	68.85	58.23
Ni K	08.09	06.51

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	13.76	42.22
Si K	00.47	00.61
Cr K	16.12	11.42
Fe K	63.27	41.74
Ni K	06.38	04.00

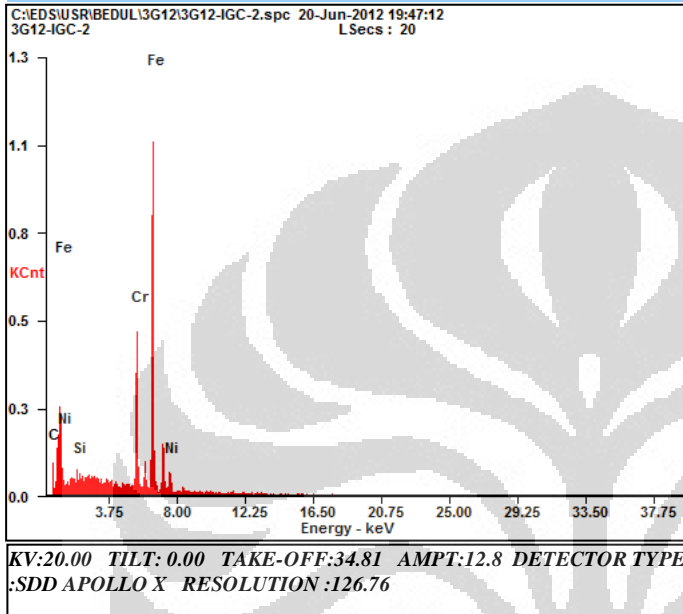
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

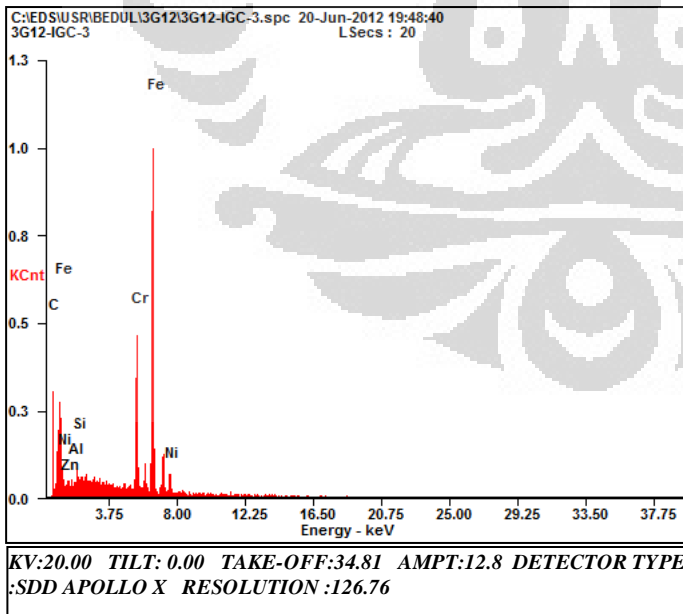
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	07.60	27.31
Si K	00.82	01.26
Cr K	17.15	14.23
Fe K	67.11	51.84
Ni K	07.31	05.37

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	22.22	56.47
Zn L	01.51	00.70
Al K	00.49	00.55
Si K	00.83	00.90
Cr K	13.92	08.17
Fe K	55.10	30.12
Ni K	05.93	03.08

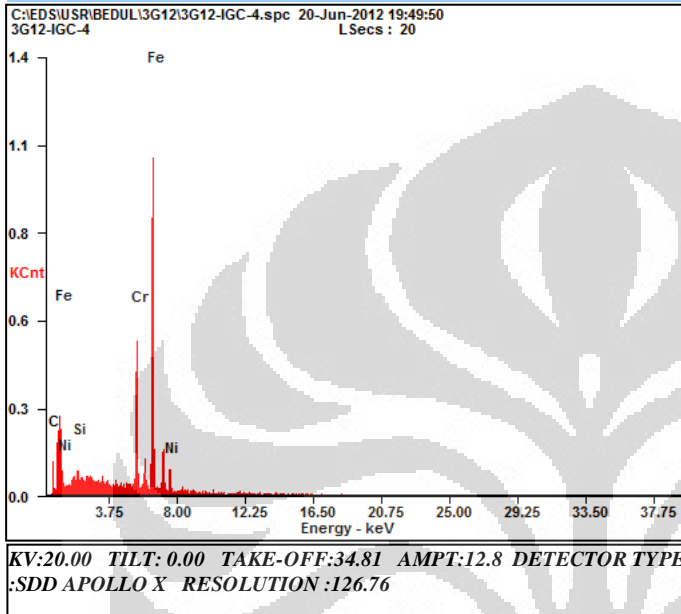
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

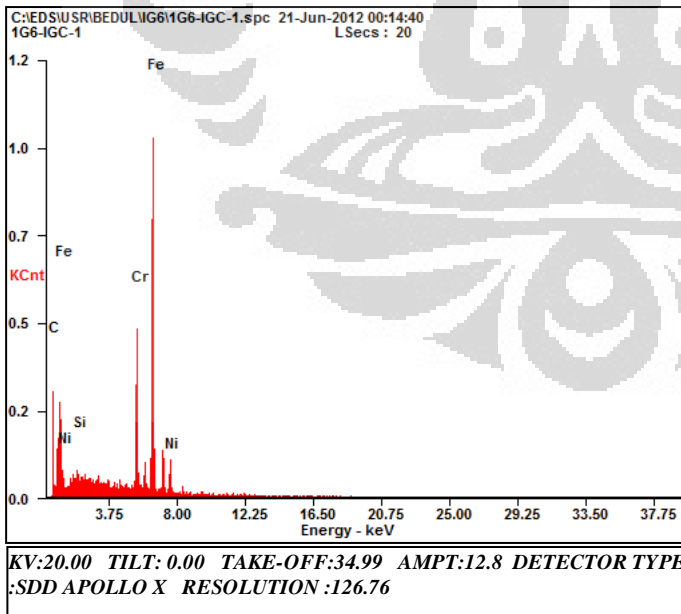
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	09.15	31.48
Si K	00.82	01.21
Cr K	16.58	13.18
Fe K	66.31	49.09
Ni K	07.14	05.03

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	21.30	55.28
Si K	00.65	00.72
Cr K	14.99	08.99
Fe K	56.07	31.30
Ni K	06.99	03.71

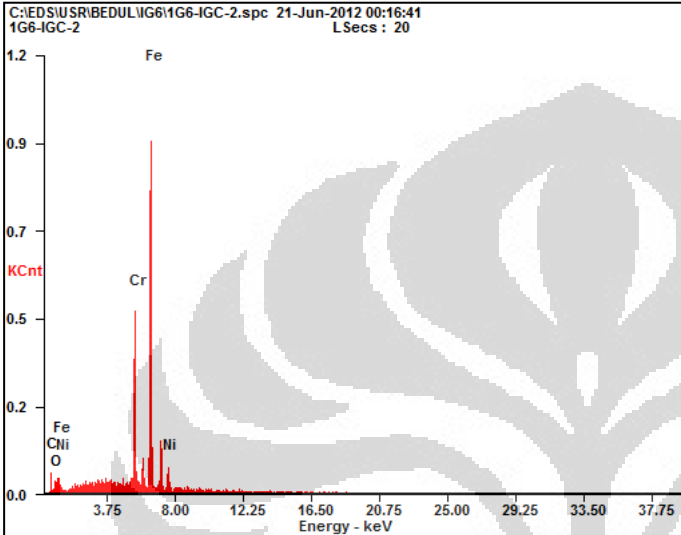
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

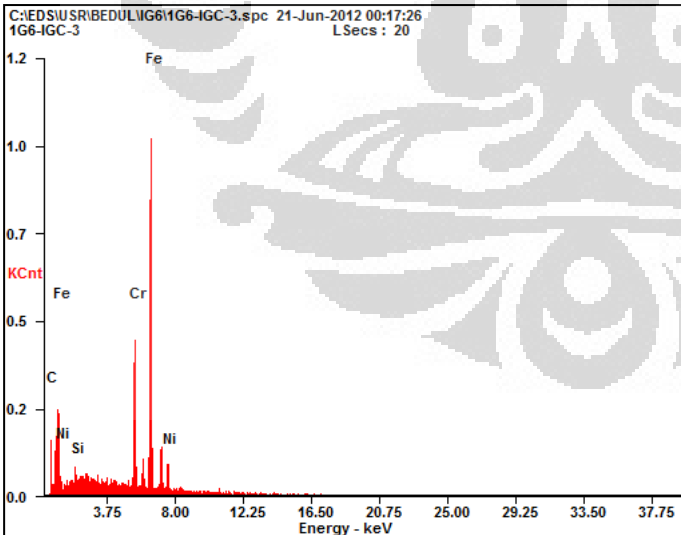
6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	05.59	21.03
O K	00.87	02.45
CrK	19.38	16.84
FeK	66.57	53.85
NiK	07.58	05.83

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.99 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76



Element	Wt %	At %
C K	14.65	43.91
SiK	00.88	01.13
CrK	16.29	11.28
FeK	60.48	38.97
NiK	07.70	04.72

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

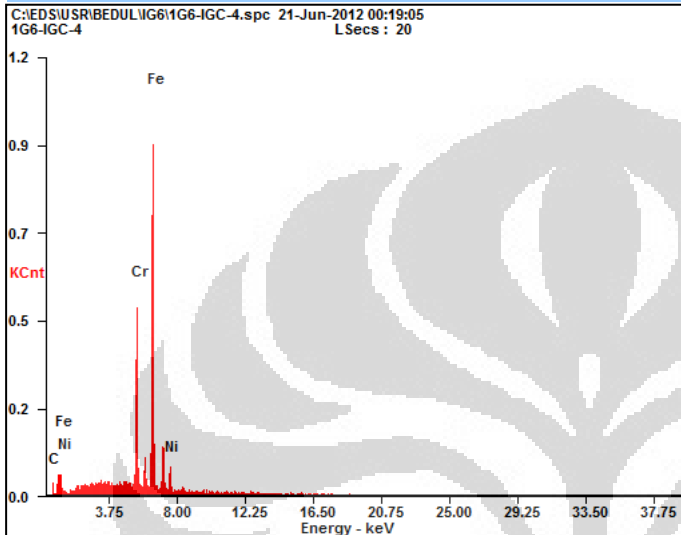
KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.99 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

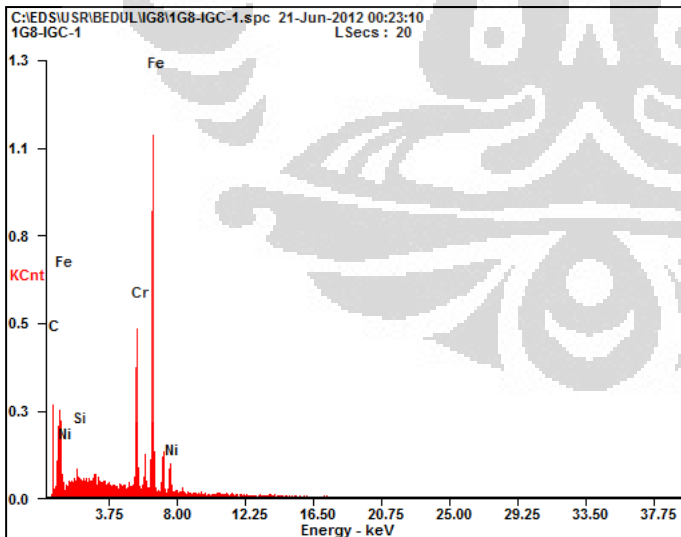
6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	03.40	13.93
CrK	20.13	19.04
FeK	68.95	60.73
NiK	07.53	06.30

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.99 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76



Element	Wt %	At %
C K	20.68	54.35
SiK	00.72	00.81
CrK	14.86	09.02
FeK	56.28	31.81
NiK	07.46	04.01

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

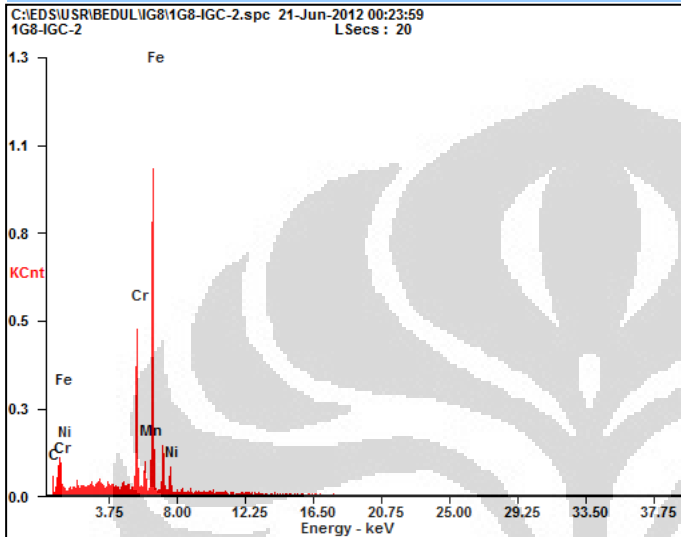
KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

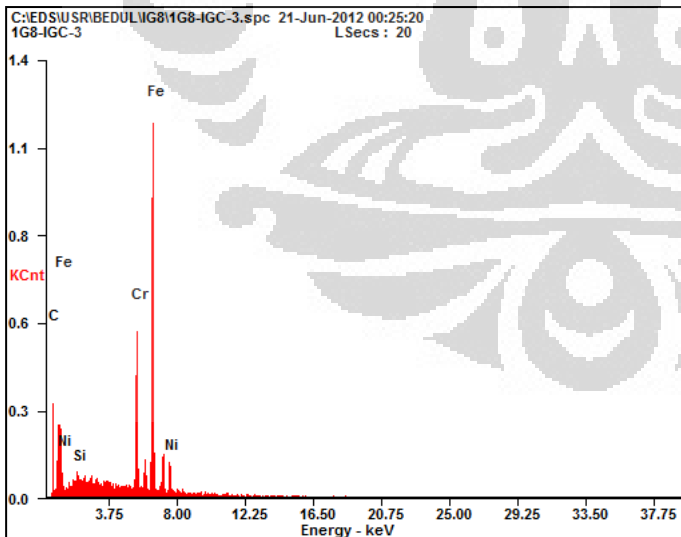
6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	04.20	16.80
CrK	18.43	17.01
MnK	02.14	01.87
FeK	67.92	58.36
NiK	07.31	05.98

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76



Element	Wt %	At %
C K	21.65	55.79
SiK	00.65	00.71
CrK	14.54	08.66
FeK	56.53	31.34
NiK	06.62	03.49

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

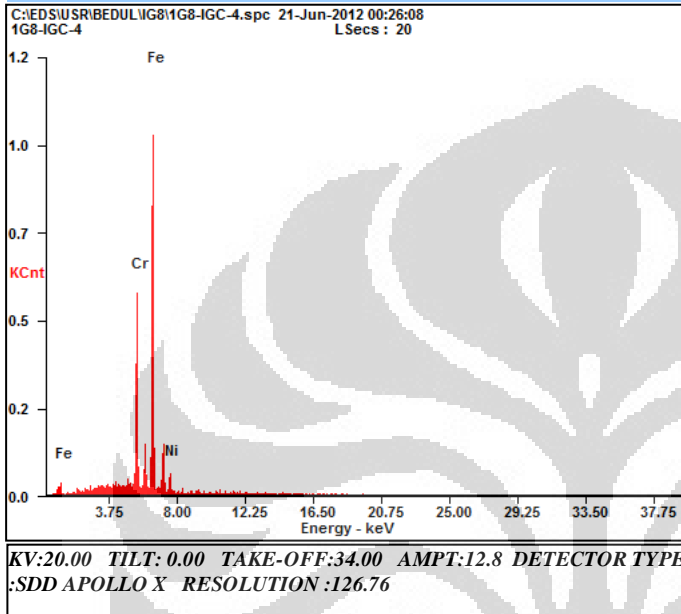
KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:34.00 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

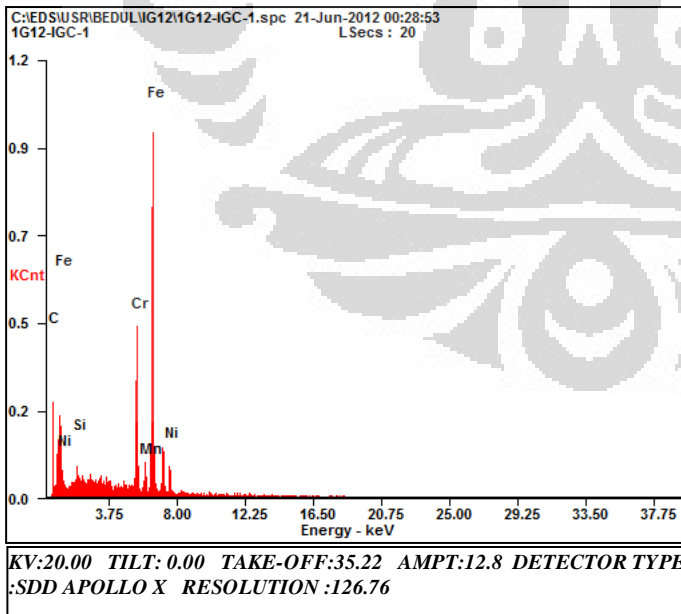
Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
CrK	21.68	22.98
FeK	72.12	71.19
NiK	06.21	05.83

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	20.47	54.05
SiK	00.61	00.69
CrK	14.88	09.08
MnK	00.90	00.52
FeK	55.59	31.58
NiK	07.56	04.08

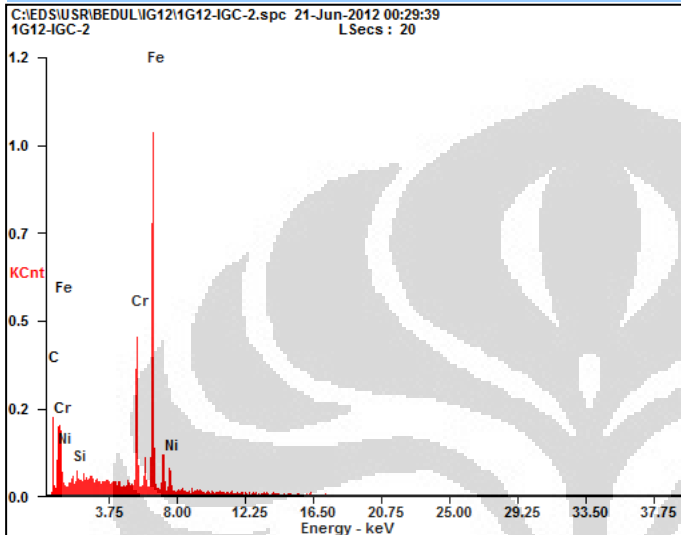
EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

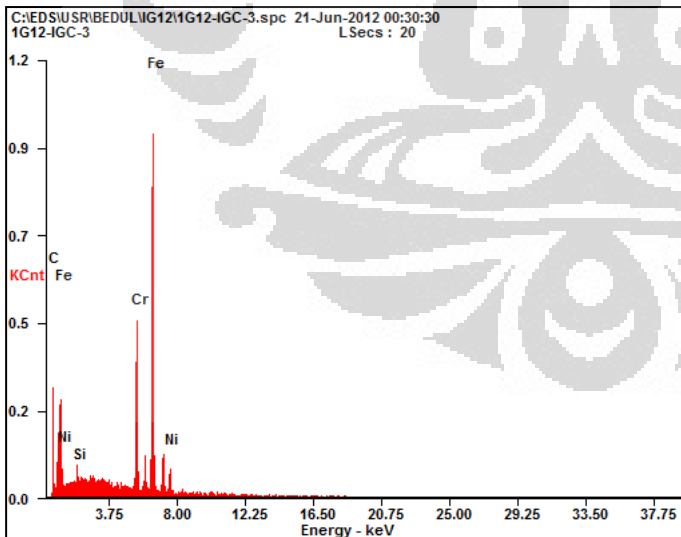
6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	16.45	47.38
Si K	00.61	00.75
Cr K	15.64	10.41
Fe K	60.12	37.23
Ni K	07.18	04.23

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:35.22 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76



Element	Wt %	At %
C K	23.87	58.89
Si K	00.58	00.61
Cr K	14.44	08.23
Fe K	54.58	28.96
Ni K	06.54	03.30

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

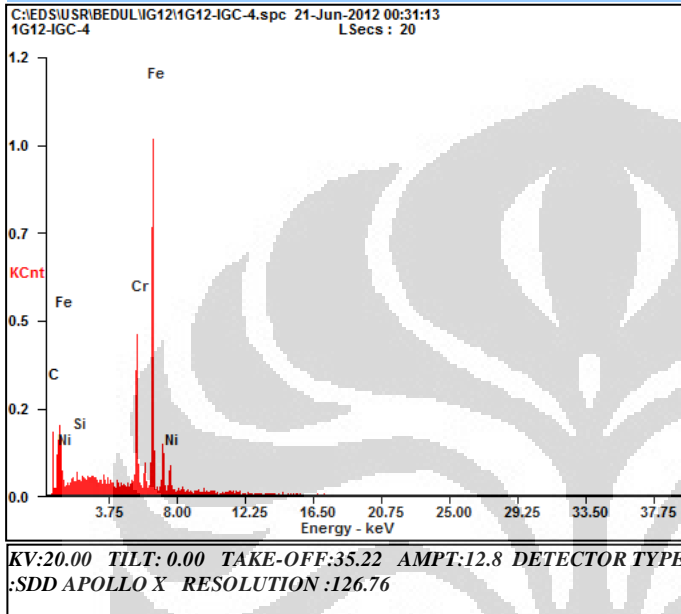
KV:20.00 TILT:0.00 TAKE-OFF:35.22 AMPT:12.8 DETECTOR TYPE
:SDD APOLLO X RESOLUTION :126.76

Microanalysis Report

Prepared for: **Abdullah Nirmolo**

Prepared by: **Suryadi, S.T., M.T.**

6/20/2012



Element	Wt %	At %
C K	15.13	44.92
Si K	00.60	00.76
Cr K	15.94	10.94
Fe K	60.34	38.53
Ni K	07.99	04.86

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT