UNIVERSITAS INDONESIA

PENGARUH *PREHEATING* TERHADAP KETANGGUHAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN *ADAPTER BUCKET EXCAVATOR* DENGAN METODE GMAW

SKRIPSI

AKTIKA CHANDRA
0806369000

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
Juni 2011

UNIVERSITAS INDONESIA

PENGARUH *PREHEATING* TERHADAP KETANGGUHAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN *ADAPTER BUCKET EXCAVATOR* DENGAN METODE GMAW

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

AKTIKA CHANDRA
0806369000

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
Juni 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	**: Aktika Chandra**
NPM	**: 0806369000**
Tanda Tangan	**:**
Tanggal	**: 24 Juni 2011**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh	:
Nama	: Aktika Chandra
NPM	: 0806369000
Program Studi	: Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi	: Pengaruh *Preheating* Terhadap Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Pengelasan *Adapter Bucket Excavator* Dengan Metode GMAW

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Ir. Winarto, M.Sc	( )
Penguji 1	: Dr. Ir. M.Anis, M.Met	( )
Penguji 2	: Dr. Badrul Munir, M.Sc	( )

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 24 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan kenikmatan-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurah untuk Nabi Muhammad SAW. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Metalurgi Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr.Ir. Winarto M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan tenaga, waktu dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Orang tua dan keluarga besar saya yang telah banyak memberikan dukungan moral dan material;
3. Ibu Evi Zulfiah, Pak Ferdi A Ansyah, Pak Agus C Handaka yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian ini di perusahaan. Pak Dian Rinaldy, Pak Gatot Budiyanto, Pak Widi Cahyono yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberi pengarahan dan bimbingan serta diskusi untuk menyelesaikan tugas skripsi ini, PT.Caterpillar Indonesia; serta
4. Sahabat dan teman seperjuangan, Hikmat SH, Fendi R, Ahmad Ashari, Candra BK, Arif, Ruth P, Heri S, Arfiandi, Johny Poltek dan berbagai pihak telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 24 Juni 2011

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Aktika Chandra
NPM	: 0806369000
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:

Pengaruh *Preheating* Terhadap Ketangguhan dan Struktur Mikro Pada Pengelasan *Adapter Bucket Excavator* Dengan Metode GMAW

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 24 Juni 2011

Yang menyatakan

(Aktika Chandra)

ABSTRAK

Nama : Aktika Chandra
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Pengaruh *Preheating* Terhadap Ketangguhan dan Struktur Mikro Pada Pengelasan *Adapter Bucket Excavator* Dengan Metode GMAW

Pemilihan temperatur *preheating* yang dipakai dalam pengelasan *adapter bucket excavator* sangat penting untuk menentukan mampu las pada baja yang akan dilas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan *preheating* terhadap ketangguhan, kekerasan dan struktur mikro las dengan metode pengelasan GMAW menggunakan elektroda ER70S-6 diameter 1,4 mm. Penelitian ini menggunakan bahan baja paduan rendah cor yang mengandung komposisi kimia C = 0,19 %, Si = 0,541 %, Mn = 1,03 %, Mo=0,248%, P=0,011 %, Ni = 0,884 %, Cr=1,05%, V=0,004%. Bahan diberi perlakuan *preheating* dengan variasi temperatur yaitu temperatur ruang atau tanpa *preheating*, temperatur 150^{0}C dan temperatur 350^{0}C. Spesimen dilakukan pengamatan cacat las, pengujian impak, kekerasan dan foto mikro pada daerah logam dasar baja *adapter*, HAZ baja *adapter*, logam las, HAZ baja *base edge* dan logam dasar baja *base edge*. Sesuai hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan variasi perlakuan *preheating* pada pengelasan *adapter bucket excavator* terjadi perubahan struktur mikro akibat laju pendinginan yang berbeda sehingga berpengaruh terhadap ketangguhannya. Ketangguhan paling optimal pada pengelasan *adapter bucket excavator* adalah pada penggunaan *preheating* 150^{0}C.

Kata kunci: *preheating, adapter, baja base edge*,ketangguhan

ABSTRACT

Name : Aktika Chandra
Major : Metallurgy and Material
Title : Effect of Preheating Temperature on Toughness & Micro-Structure in Welded Adapter Bucket Excavator by GMAW Process

The selection of preheating temperature that use in a weld adapter bucket excavator it is important to determine weldability of steel that will be weld. This research aim to knowing effect of preheating temperature on thoughness and microstructure in welded adapter bucket excavator by GMAW process using welding electrode ER70S-6 with wire diameter 1.4mm. The research use low alloy steel casting with chemical composition C = 0,19 %, Si = 0,541 %, Mn = 1,03 %, Mo=0,248%, P=0,011 %, Ni = 0,884 %, Cr=1,05%, V=0,004%. The material is treated with preheating and the temperature is differentiate to room temperature or no preheating, preheating 150^0C and preheating 350^0C. Specimen analyze by visual inspection, impact test, hardness test and microscopic photo on adapter steel base metal, HAZ adapter steel, weld metal, HAZ base edge steel and base edge steel base metal. According to result of observation can be summarized that with variation of preheating temperature on weld adapter bucket excavator change the microstructure affected by different cooling rate, thus influence to the toughness of adapter. Optimal toughness in welded adapter bucket excavator is occur at preheating 150^0C.

Keywords: preheating, adapter, base edge steel, toughness

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH v
ABSTRAK vi
ABSTRACT **...... vii**
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan permasalahan 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Gas Metal Arc Welding 5
2.2 Mampu Las 7
2.3 Metode Perlakuan Panas 8
2.4 Temperatur *Preheating* 9
2.5 Inspeksi Las 9
2.5.1 Uji *Penetrant* 10
2.6 Pengujian Sifat Mekanik 10
2.6.1 Pengujian Impak 11
2.6.2 Pengujian Kekerasan 12
2.7 Pengujian Struktur Mikro 15
2.7.1 Pemotongan Sampel 16
2.7.2 Siklus Termal Daerah Las 16
2.7.3 Struktur Mikro Las 17
2.7.3.1 Ferit Batas Butir 17
2.7.3.2 Ferit *Widmanstatten* 18
2.7.3.3 Ferit *Acicular* 18
2.7.3.4 Bainit 19
2.7.3.5 Martensit 20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 21
3.1 Diagram Alir Penelitian 21
3.2 Bahan Penelitian 22
3.3 Pengujian Komposisi Kimia 22
3.4 Persiapan Benda Uji Impak 22
3.4.1 Lokasi Pengambilan Spesimen Impak 23
3.4.2 Jumlah Spesimen Impak 24
3.4.3 Bentuk Spesimen Impak 24

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

3.5 Persiapan Benda Uji Kekerasan 24
3.5.1 Lokasi Distribusi Uji Kekerasan 25
3.6 Pengamatan Metalografi 25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 26
4.1 Pengujian Komposisi Kimia 26
4.2 Inspeksi Las 27
4.3 Pengujian Kekerasan 32
4.4 Pengujian Impak 35
4.4.1 Kekuatan Impak 37
4.5 Pengamatan Foto Makro 38
4.6 Struktur Mikro 38

BAB V KESIMPULAN 45

DAFTAR PUSTAKA 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 *Bucket Excavator* 2
Gambar 2.1 Skema Proses GMAW 5
Gambar 2.2 Pengaruh Karbon Ekivalen 8
Gambar 2.3 Sketsa Uji Impak Charpy dan Izod 11
Gambar 2.4 Pengujian Rockwell 12
Gambar 2.5 Prinsip Pengukuran Rockwell 13
Gambar 2.6 Skema Pembebanan Brinell 13
Gambar 2.7 Pengujian Vickers dan Bentuk Indentor 14
Gambar 2.8 Struktur Mikro Ferit 18
Gambar 2.9 Struktur Mikro Ferit *Widmanstatten* 18
Gambar 2.10 Skema Ferit *Acicular* 19
Gambar 2.11 Struktur Mikro Bainit 19
Gambar 2.12 Struktur Mikro Martensit 20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 21
Gambar 3.2 Persiapan Pengelasan Sampel *Coupon Test* 22
Gambar 3.3 Lokasi Spesimen Uji Impak Logam Las dan HAZ 23
Gambar 3.4 Lokasi spesimen Uji Impak Logam Dasar *Adapter* 23
Gambar 3.5 Standar Spesimen Uji Impak 24
Gambar 3.6 Lokasi Titik Uji Kekerasan 25
Gambar 4.1 Inspeksi Las Pada Sampel Tanpa *Preheating* 28
Gambar 4.2 Inspeksi Las Pada Sampel *Preheating* 150^0C 28
Gambar 4.3 Inspeksi Las Pada Sampel *Preheating* 350^0C 28
Gambar 4.4 Penyebab dan Penanganan Retak Pada Logam Las 30
Gambar 4.5 Skema Difusi Hidrogen ke Cairan Logam Las 31
Gambar 4.6 Kelarutan Hidrogen 31
Gambar 4.7 Distribusi Kekerasan 34
Gambar 4.8 Distribusi Kekerasan Rata-Rata 35
Gambar 4.9 Distribusi Harga Impak Sampel Pengelasan 37
Gambar 4.10 Foto Makro Pengelasan Sampel *Coupon Test* 38
Gambar 4.11 Struktur Mikro Material Baja *Adapter* 39

Gambar 4.12 Struktur Mikro Material HAZ *Adapte*r Tanpa *Preheating* 39
Gambar 4.13 Struktur Mikro HAZ *Adapte*r Dengan *Preheating* 150^0C............. 40
Gambar 4.14 Struktur Mikro HAZ *Adapte*r Dengan *Preheating* 350^0C............. 40
Gambar 4.15 Struktur Mikro Material Logam Las Tanpa *Preheating* 41
Gambar 4.16 Struktur Mikro Material Logam Las Dengan *Preheating* 150^0C .. 41
Gambar 4.17 Struktur Mikro Material Logam Las Dengan *Preheating* 350^0C .. 42
Gambar 4.18 Struktur Mikro Material HAZ Baja *Base Edge*Tanpa *Preheating* 42
Gambar 4.19 Struktur Mikro Material HAZ Baja *Base Edge* Dengan *Preheating* 150^0C.. 43
Gambar 4.20 Struktur Mikro Material HAZ Baja *Base Edge* Dengan *Preheating* 350^0C.. 43
Gambar 4.21 Struktur Mikro Material Baja *Base Edge*..................................... 44

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Logam Baja *Base Edge*......................................26

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Logam Material Baja *Adapter* 26

Tabel 4.3 Hasil Inspeksi Las 27

Tabel 4.4.a Hasil Pengujian Kekerasan HAZ dan Logam Las............................33

Tabel 4.4 b Hasil Pengujian Kekerasan Baja *Adapter* dan Baja *Base Edge* 33

Tabel 4.5.a Hasil Pengujian Impak HAZ dan Logam Las 36

Tabel 4.5.b HasilImpak Logam Dasar Baja *Adapter* dan Baja *Base Edge* 36

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil Pengujian Komposisi Kimia Baja *Adapter* 49
Mill Certificate Baja Base Edge 50
Hasil Uji Impak Baja Adapter Tanpa *Preheating* 51
Hasil Uji Impak Baja Adapter *Preheating* 150^0C 52
Hasil Uji Impak Baja Adapter *Preheating* 350^0C 53
Hasil Uji Impak HAZ Baja Adapter Tanpa *Preheating*...................................... 54
Hasil Uji Impak HAZ Baja Adapter *Preheating* 150^0C...................................... 55
Hasil Uji Impak HAZ Baja Adapter *Preheating* 350^0C...................................... 56
Hasil Uji Impak Logam Las Tanpa *Preheating* 57
Hasil Uji Impak Logam Las Dengan *Preheating* 150^0C..................................... 58
Hasil Uji Impak Logam Las Dengan *Preheating* 350^0C..................................... 59
Hasil Uji Impak HAZ Baja Base Edge Tanpa *Preheating*.................................. 60
Hasil Uji Impak HAZ Baja Base Edge *Preheating* 150^0C.................................. 61
Hasil Uji Impak HAZ Baja Base Edge *Preheating* 350^0C.................................. 62
Hasil Uji Impak Baja Base Edge Tanpa *Preheating*... 63
Hasil Uji Impak Baja Base Edge Dengan *Preheating* 150^0C.............................. 64
Hasil Uji Impak Baja Base Edge Dengan *Preheating* 350^0C.............................. 65
Foto Persiapan Sampel, Peralatan, Bahan dan Parameter Las 66

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

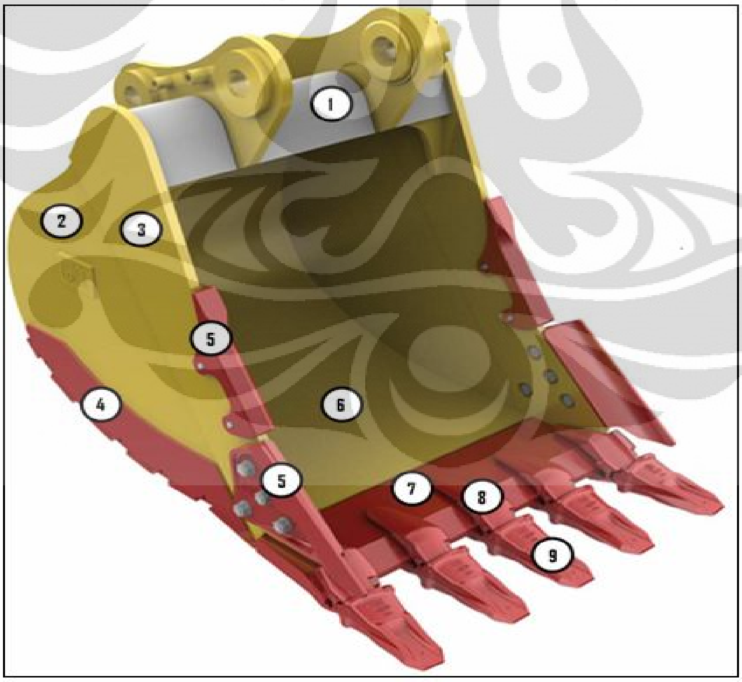
Pada saat ini penyambungan logam dengan sistem pengelasan semakin banyak digunakan baik dipakai pada konstruksi bangunan, perpipaan maupun konstruksi mesin. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las. Luasnya penggunaan proses penyambungan dengan pengelasan disebabkan oleh biaya lebih murah, proses relatif lebih cepat, hasil dan bentuk konstruksi lebih variatif dan lebih ringan. Salah satu teknik pengelasan yang banyak dipakai untuk penyambungan pada konstruksi baja adalah las busur dengan gas pelindung atau *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) . Pada pengelasan dengan las GMAW, busur terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Logam cair dilindungi dengan gas pelindung yang diatur melalui suatu *regulator*. Kawat las pengisi berupa kawat pejal yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus sehingga pengelasan dapat dilakukan secara otomatis dan memiliki kecepatan pengoperasian yang lebih tinggi[1].

Baja adalah material rekayasa serba guna yang tersedia saat ini dan mudah untuk di las. Kegunaan dari baja dapat dengan mudah dilihat pada aplikasinya yang luas mulai dari baja struktural dengan kekuatan tinggi, hingga untuk aplikasi yang memiliki ketahanan terhadap korosi yang tinggi. Baja dapat dibuat dengan cara dicor (tuang) sesuai dengan bentuk akhir (*near net shape product*). Perbedaan antara baja tuang dan baja jenis lainnya adalah pada metode produksinya. Baja tempa, *slab* dan *ingot* dikerjakan secara mekanik untuk dijadikan lembaran pelat, pipa dan bentuk lainnya. Baja tuang dibuat dengan cara dicetak sesuai dengan bentuk akhir, dengan cara menuangkan cairan ke cetakan. Logam cair kemudian mendingin dan membeku dalam cetakan dan kemudian dikeluarkan untuk dibersihkan dan tanpa dilakukan pengerjaan mekanik. Walaupun jumlah baja tuang hanya 10% dari total penggunaan di industri, baja tuang banyak digunakan pada komponen seperti alat tambang, pekerjaan jalan, truk, konstruksi, militer dan industri minyak dan gas.

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

Baja tuang dispesifikasikan untuk aplikasi yang membutuhkan mampu las yang baik, ketahanan abrasi, kekuatan tinggi dan ketahanan korosi yang baik pada temperatur rendah maupun temperatur tinggi. Perlakuan panas mungkin diperlukan untuk mendapatkan sifat yang diinginkan. Baja tuang tahan abrasi (aus) yang memiliki sifat ketahanan terhadap aus beragam jenisnya, mulai dari baja lunak dari 0.25% C hingga kelas mangan yang sangat keras (*work hardening*) dan baja krom tinggi. Baja tuang memiliki ketangguhan dan impak yang sangat baik dibandingkan jenis material lain hasil dari tuangan atau cetakan[2].

Salah satu penggunaan baja tuang adalah *adapter* pada *bucket excavator*. *Bucket excavator* adalah salah satu komponen dari *excavator* yang berfungsi sebagai alat menggali, memuat dan mengangkat material. Bagian yang kritis terhadap pembebanan adalah pada kedua ujungnya atau *adapter*. Material pada bagian tersebut harus mampu menahan beban-beban yang terjadi dan tahan terhadap aus pada saat digunakan[3].



Keterangan :

1. *Hinge*
2. *Side Plate*
3. *Side Bar*
4. *Side Wear Plate*
5. *Side Cutter*
6. *Wrapper (Shell)*
7. *Base Edge*
8. *Adapter*
9. *Teeth (Tips)*

Gambar 1.1 *Bucket Excavator*[3]

Excavator dalam melakukan pekerjaan harus memiliki faktor kekuatan dan ketangguhan yang baik. Faktor kekuatan dan ketangguhan tersebut dapat berupa pemilihan material yang tepat dan sesuai dengan kondisi kerja dari *excavator*, desain maupun pada saat proses pembuatan *bucket excavator*. Proses pembuatan

bucket excavator di PT. X dilakukan dengan metode pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Pengelasan digunakan untuk pengerjaan dalam membuat komponen dengan menyambungkan *adapter* yang terbuat dari baja tuang dengan komponen baja lainnya.

Efek dari pengelasan terhadap sifat mekanis dari material tersebut penting untuk diketahui dalam produksi komponen. Kekuatan, keuletan, dan kelemahan dari logam las dapat dikontrol dengan meyakinkan bahwa logam las dan HAZ memiliki struktur metalurgi yang tepat, yang ditentukan oleh komposisi kimia dan kondisi pendinginan. Oleh karena itu sangat penting untuk mengontrol kedua variabel tersebut. Yang paling umum dalam mengontrol pendinginan adalah dengan mengaplikasikan *preheating*. *Preheating* berfungsi untuk menurunkan laju pendinginan pada logam yang dilas dan untuk meningkatkan temperatur logam dasar serta menurunkan gradien termal logam las. Keuntungan utama dari *preheating* adalah dapat mencegah retak dingin, mengurangi kekerasan di HAZ, mengurangi tegangan sisa, distorsi dan menjaga sifat mekanis seperti kekuatan impak atau ketangguhan logam las[4]. Salah satu cara untuk mengukur ketangguhan adalah dengan pengujian impak *charpy*.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Pada pengelasan *adapter* dan pelat baja *base edge*, temperatur untuk *preheating* harus dijaga agar tidak menimbulkan panas berlebihan, karena panas yang berlebihan atau *overheating* akan menyebabkan kegagalan prematur pada aplikasi di lapangan akibat ketangguhan material yang turun secara drastis. Komposisi metalurgi dari *adapter* dan baja *base edge* memerlukan *preheating* sebelum dilakukan proses pengelasan. Sebelum melakukan pengelasan *adapter* pada *bucket excavator*, sekurang-kurangnya temperatur dari *bucket* adalah 24°C hingga 38°C [5].

Berdasarkan penjabaran tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa perumusan permasalahan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari temperatur *preheating* pada pengelasan *adapter bucket* terhadap ketangguhan dan struktur mikro hasil lasannya.

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari dan mengevaluasi mampu las dari *adapter* yang terbuat dari baja tuang dan pelat baja *base edge*.
2. Mempelajari pengaruh variasi dari temperatur *preheating* pada pengelasan *adapter bucket excavator* terhadap ketangguhan, dan struktur mikronya.
3. Mengamati adanya cacat las atau retak setelah proses pengelasannya.
4. Sebagai sumber acuan untuk prosedur pengelasan di PT. X khususnya pengelasan *bucket excavator*.

1.4 RUANG LINGKUP PENELITIAN

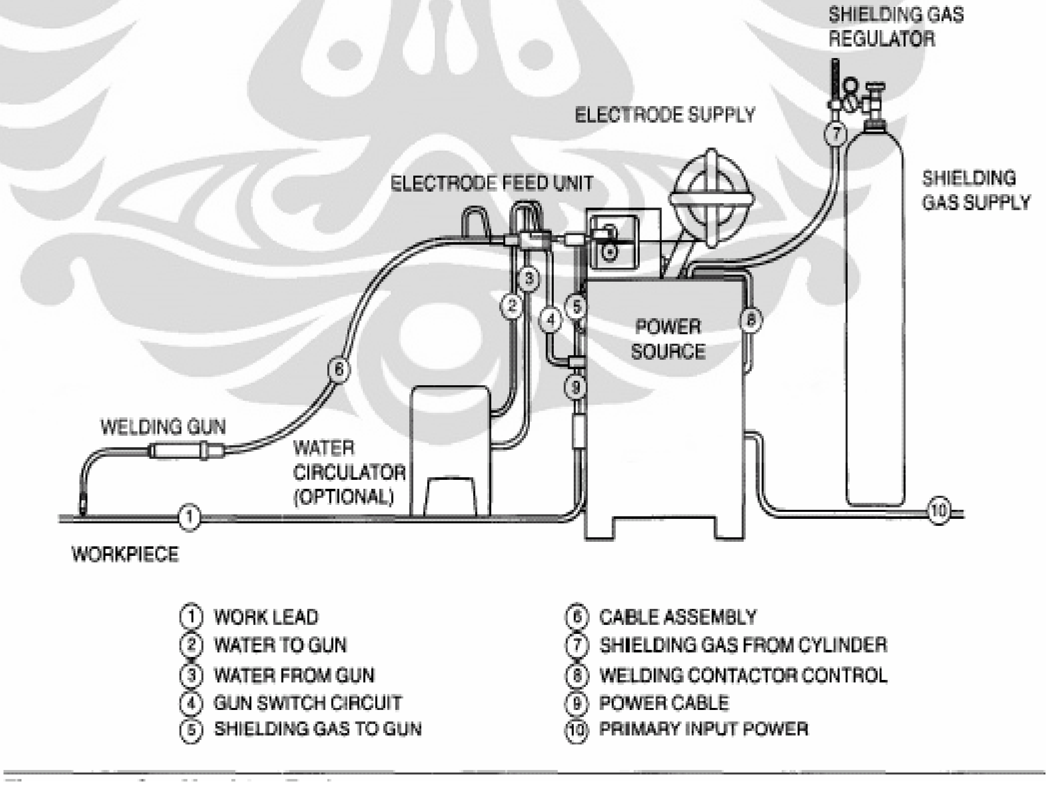
Pada penelitian ini dilakukan beberapa parameter penelitian yaitu: perlakuan tanpa *preheating*, *preheating* dengan temperatur 150°C dan *preheating* temperatur 350°C sebelum dilakukan proses pengelasan. Metode proses pengelasan yang digunakan adalah GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) menggunakan elektroda ER70S-6 dengan parameter las yang sama untuk tiap sampel yaitu besar arus pengelasan 330A, tegangan 30V, laju alir gas pelindung 20 l/min dan komposisi gas pelindung adalah campuran antara Argon dan CO_2 (Ar_85%, CO_2_15%.).

Setelah proses pengelasan dilakukan pengamatan secara visual dan *Non Destructive Test* (NDT) dengan menggunakan cairan *penetrant* untuk mengamati cacat las. Hasil uji impak, nilai kekerasan dan struktur mikro dianalisa untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari temperatur *preheating* terhadap ketangguhan *adapter* pada temperatur ruang dengan memperhatikan standar yang berlaku.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 GAS METAL ARC WELDING

Gas Metal Arc Welding (GMAW) adalah proses pengelasan atau penyambungan logam dengan cara mencairkan logam dengan busur listrik yang dihasilkan di antara kawat elektroda terumpan dengan benda kerja dan menggunakan gas pelindung, dimana gas pelindung tersebut berfungsi untuk melindungi nyala busur dan cairan logam dari pengaruh udara atmosfir. Proses GMAW dapat dioperasikan dengan cara semi automatis dan automatis. Semua logam komersial dapat dilas dengan menggunakan metode ini seperti baja karbon, baja paduan rendah, alumunium, tembaga, baja paduan rendah dengan kekuatan tinggi, baja tahan karat dan paduan nikel. Dengan gas pelindung, elektroda dan parameter pengelasan yang tepat metode pengelasan GMAW dapat digunakan pada semua posisi pengelasan[6].



Gambar 2.1 Skema Proses GMAW[6]

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

Elektroda yang digunakan pada pengelasan baja karbon dan baja karbon paduan rendah pada GMAW adalah elektroda kawat pejal dengan kode “S”, yang diklasifikasikan sebagai berikut[7] :

1. Elektroda ER70S-2

Digunakan secara khusus untuk pengelasan satu *pass* baja *killed*, *semi killed*, dan *rimmed steel*, tetapi terkadang digunakan pada pengelasan *multipass*. Elektroda ini termasuk elektroda kawat pejal yang mempunyai sifat deoksidator yang besar, oleh karena itu elektroda ini dapat digunakan untuk pengelasan baja yang permukaannya kurang bersih.

2. Elektroda ER70S-3

Digunakan untuk pengelasan satu atau *multipass*. Elektroda ini digunakan pada baja *killed, semi killed*, dan *rimmed steel* seperti pada ER70S-2

3. Elektroda ER70S-4

Digunakan untuk pengelasan baja dengan kondisi yang memerlukan deoksidator lebih kuat dibandingn dengan ER70S-3 dan digunakan pada baja yang sama dengan ER70S-2.

4. Elektroda E 70S-5

Digunakan pada baja dengan gas pelindung CO_2 dan dengan amper tinggi. Dapat digunakan pada baja dengan permukaan yang agak berkarat dan digunakan pada baja yang sama dengan ER70S-2.

5. Elektroda E 70S-6

Digunakan baik pada pengelasan satu atau *multipass*, dan cocok untuk pengelasan lembaran logam, dimana diperlukan permukaan logam las yang halus. Untuk baja struktur dan pelat yang memiliki jumlah karat dan *mill scale* yang sedang. Umumya digunakan pada arus tinggi dengan gas pelindung CO_2, bahkan untuk baja *rimmed*. Jenis baja yang dapat di las sama dengan ER70S-2.

6. Elektroda E 70S-7

Digunakan pada pengelasan satu dan *multi pass*, dan dapat digunakan dengan kecepatan las yang lebih tinggi dibanding ER70S-3. Memiliki pembasahan (*wetting*) dan permukaan logam las yang lebih baik dibanding yang lainnya. Jenis baja yang dilas sama dengan ER70S-2.

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

7. Elektroda E 70-G (*General*)

Klasifikasi elektroda ini termasuk klasifikasi elektroda kawat pejal tetapi tidak termasuk elektroda dengan bahan baja lunak. Elektroda ini termasuk elektroda dengan bahan paduan.

Simbol atau huruf "ER" menandakan elektroda yang digunakan adalah kawat pejal (*rod*). Angka 70 menandakan minimum tegangan tarik dari logam las pada pengujian elektroda dikalikan 1.000 psi yaitu sebesar 70.000 psi (490 Mpa). Huruf "S" menandakan *solid electrode* atau *rod* dan angka yang mengikuti dibelakang huruf menandakan komposisi kimia dari elektroda[7].

2.2 MAMPU LAS

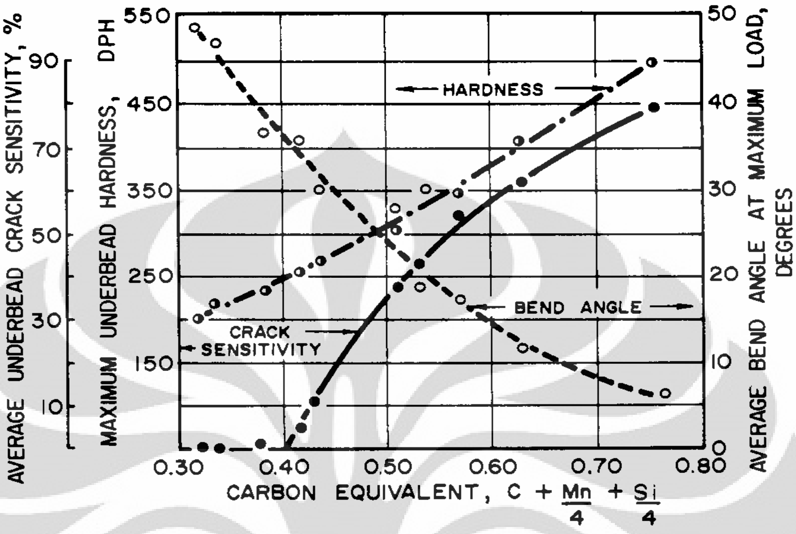
Mampu las atau *weldability* adalah kemampuan material untuk dapat dilas dibawah kondisi perakitan khusus sehingga sesuai dengan desain struktur dan dapat menunjukkan performa yang memuaskan di lapangan[8]. Mampu las dari baja karbon dan baja tuang paduan rendah sangat tergantung kepada komposisi kimia dan perlakuan panas. Baja karbon memiliki kadar mangan dan silikon rendah (1.60% Mn, 1.00%Si) dan kadar karbon dibawah 0.30%, dapat dilas tanpa perlakuan khusus. Ketika kadar karbon melebihi 0.30%, diperlukan perlakuan *preheating* sebelum dilakukan pengelasan. Kontrol temperatur *interpass* juga diperlukan untuk material dengan ketebalan melebihi 1.5" dan untuk baja paduan rendah yang dimaksudkan untuk menjaga ketangguhan[2].

Ketika ada pemaduan pada baja, kemungkinan diperlukan *preheating* dengan menghitung karbon ekivalen. Untuk menghitung karbon ekivalen (CE) dapat dilakukan dengan rumus[9]:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15} \quad \text{....................(2.1)}$$

Semakin tinggi nilai karbon ekivalen maka akan semakin sulit mampu lasnya. Sensitifitas retak pada logam las, kekerasan logam las dan kekuatan tekuk pada saat diberikan beban maksimum sebagai fungsi dari karbon ekivalen. Pada Gambar 2.2 menunjukkan kerentanan retak dan kekerasan akan meningkat,

kegagalan sudut uji tekuk akan menurun dengan peningkatan karbon ekivalen. Perilaku ini menunjukkan material kehilangan ketangguhannya[10].



Gambar 2.2 Pengaruh Karbon Ekivalen[10]

Kegunaan *preheating* dapat membantu melepaskan tegangan sisa dan mencegah retak pada logam las. Gas hidrogen merupakan salah satu penyebab retak logam las, dimana gas hidrogen berdifusi pada logam yang dipanaskan dan bergerak menjauhi tempat awal dan mengalami transformasi secara metalurgi. Dengan *preheating* akan memperlambat laju pendinginan sehingga hidrogen yang berdifusi dalam logam las dapat keluar dan tidak terperangkap dalam logam las.

Selain itu *preheating* dapat mengurangi pengerasan yang terjadi di HAZ dan mengurangi pengerasan logam dasar di dekat area las. Secara umum jika kekerasan setelah pengelasan pada HAZ tidak melebihi 35 HRC atau 327 BHN, *preheating* pada baja secara umum tidak diperlukan. Perlakuan *preheating* dipengaruhi oleh komposisi kimia logam, temperatur logam atau lingkungan dan tebal material[11].

2.3 METODE PERLAKUAN PANAS

Baja memiliki fluiditas yang rendah dan penyusutan yang tinggi, oleh karena itu memiliki tegangan sisa yang tinggi ketika mendingin sehingga memerlukan perlakuan panas untuk mengurangi efek yang merugikan. Baja tuang

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

secara umum memiliki mampu las yang baik dan sifat ketahanan aus yang baik. Baja tuang rentan terhadap retak jika adanya peningkatan difusi hidrogen selama proses pengelasan. Hal ini dapat dihindari dengan diberikannya perlakuan panas berupa *preheating* dan menjaga temperatur *interpass* pengelasan.

Memanaskan logam adalah pengerjaan yang kompleks. Semua logam akan memuai pada saat dipanaskan dan terjadi perubahan volume jika dipanaskan pada temperatur diatas temperatur kritis, atau menyusut jika didinginkan dibawah temperatur kritis dimana terjadi perubahan struktur kristal. Ketidakseragaman pemanasan atau pendinginan dapat menyebabkan retak maupun distorsi.

Tujuan utama dari *preheating* pada produk baja cor (*casting*) adalah untuk menghindari retak, memperlambat laju pendinginan pada logam las dan logam dasar, menghasilkan struktur yang lebih ulet, pengerasan pada logam las yang mengakibatkan penurunan ketangguhan dan mengurangi tegangan penyusutan pada logam las dan logam dasar yang berdekatan dengan logam las[12]. Pemanasan mula (awal) atau *preheating* dapat dilakukan dengan cara : *air-fuel gas, oxy-fuel gas, electrical resistance heating, induction heating, localized furnace*[13].

2.4 TEMPERATUR *PREHEATING*

Temperature *preheating* yang lebih tinggi akan menghasilkan gradien temperatur yang lebih datar, kemungkinan akan menghasilkan pertumbuhan butir pada HAZ yang dapat menyebabkan penurunan ketangguhan baja. Temperatur minimum *preheating* untuk baja tuang ASTM A217 *grade* WC6 adalah sebesar 150^0C [14].

2.5 INSPEKSI LAS

Semua pengelasan harus diperiksa secara visual dan dapat dikatakan diterima jika memenuhi persyaratan dimana cacat las seperti retak, fusi tidak sempurna (*incomplete fusion*), *undercut* dan porositas tidak ditemukan pada hasil lasan. Inspeksi las dilakukan ketika logam las mendingin dan pada temperatur ruang, kecuali untuk ASTM A514, A517, dan A 709 grade 100 dan 100W inspeksi yang dipersyaratkan adalah sekurang-kurangnya 48 jam setelah proses pengelasan selesai[15].

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

2.5.1 UJI *PENETRANT* (PT)

Uji *penetrant* merupakan salah satu metoda pengujian jenis tidak merusak NDT (Non-Destructive Test) yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Uji *penetrant* ini berfungsi untuk mengetahui diskontinuitas pada permukaan seperti retak, porositas dan laminasi. Pada prinsipnya metoda pengujian dengan cairan *penetrant* memanfaatkan daya kapilaritas. Cairan *penetrant* dengan warna tertentu meresap masuk kedalam diskontinuitas, kemudian cairan penetran tersebut dikeluarkan dari dalam diskontinuitas dengan menggunakan cairan pengembang (*developer*) yang warnanya kontras dengan cairan *penetrant*. Terdeteksinya diskontinuitas adalah dengan timbulnya cairan *penetran*t yang keluar dari dalam diskontinuitas.

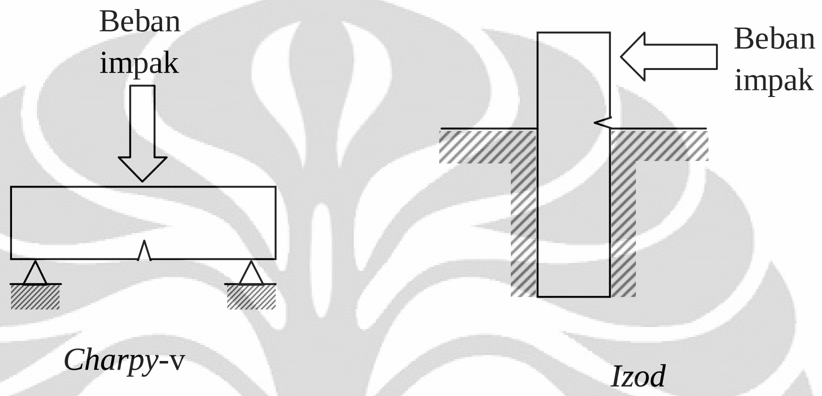
Diskontinuitas yang mampu dideteksi dengan pengujian ini adalah diskontinuitas yang bersifat mikro yaitu diskontinuitas yang tidak dapat diamati dengan mata telanjang dan berada pada permukaan dari logam non *porous* atau material lainnya[16].

2.6 PENGUJIAN SIFAT MEKANIK

Pengujian mekanis merupakan persyaratan kualitas produk yang berhubungan dengan kekuatan atau ketahanan produk tersebut, baik berupa komponen atau sebuah konstruksi rakitan dari berbagai komponen, untuk menerima pembebanan pada beban dengan besar dan arah tertentu. Kualitas produk secara mekanis sering menjadi syarat utama karena sifat mekanis bahan mendukung sifat fungsional dari produk tersebut. Sifat-sifat mekanik yang dimiliki oleh logam antara lain kekuatan, kekerasan, ketangguhan, keuletan, mampu bentuk, dan mampu las. Sifat-sifat mekanik tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi kimia, perlakuan yang diberikan, dan struktur mikronya.

2.6.1 PENGUJIAN IMPAK

Pengujian impak digunakan untuk mengukur ketangguhan suatu material. Ketangguhan suatu bahan adalah kemampuan bahan tersebut untuk menyerap energi pada daerah plastis. Cara pengujian impak ada dua macam yaitu *Charpy* dan *Izod*[17].



Gambar 2.3 Sketsa Uji Impak Charpy dan Izod[18]

Pada uji impak terjadi proses penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi plastis. Pada pengujian impak, jumlah energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impak atau ketangguhan bahan tersebut. Dari pengujian impak Charpy dapat diperoleh nilai[17] :

$$HI = \frac{P(h_0 - h_1)}{A} \qquad (2.2)$$

Dimana,

HI = Energi Impak (J.mm^2)

P = Beban (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

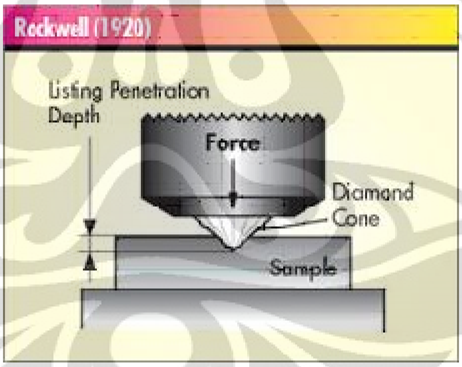
(h_0-h_1) = Ketinggian (m)

2.6.2 PENGUJIAN KEKERASAN

Sifat lain yang penting untuk diketahui adalah kekerasan, yaitu mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastis setempat. Pengujian kekerasan sering dilakukan pada logam dibandingkan pengujian lainnya karena beberapa alasan,yaitu: mudah dan tidak mahal, metode pengujian dilakukan tanpa merusak, sifat mekanis lain dapat diperoleh atau diestimasi dari data kekerasan, seperti kekuatan tarik. Ada beberapa macam metode pengujian diantaranya adalah Rockwell, Brinell, Knoop dan Vickers[19].

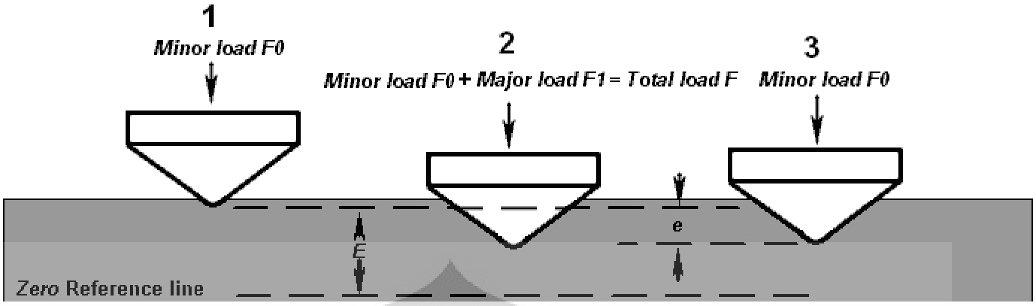
a. Rockwell

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut.



Gambar 2.4 Pengujian Rockwell[19]

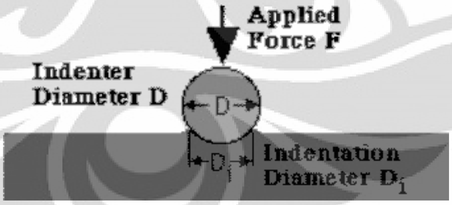
Untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell dijelaskan pada Gambar 2.5, yaitu pada langkah 1 benda uji ditekan oleh indentor dengan beban minor (*Minor Load* F0) setelah itu ditekan dengan beban mayor (*major Load* F1) pada langkah 2, dan pada langkah 3 beban mayor diambil sehingga yang tersisa adalah beban minor dimana pada kondisi 3 ini indentor ditahan seperti kondisi pada saat beban total F yang terlihat pada Gambar 2.5. Besarnya beban minor maupun beban mayor tergantung dari jenis material yang di uji.



Gambar 2.5 Prinsip Pengukuran Kekerasan Rockwell[19]

b. Brinell

Metode Brinell menggunakan bola indentor berdiameter 10mm yang terbuat dari baja yang diperkeras atau karbida dengan pembebanan 3000kg. untuk material yang lunak beban dikurangi menjadi 1500kg atau 500kg untuk menghindari penjejakan yang terlalu dalam. Lama waktu pembebanan untuk material besi dan baja adalah 10-15 detik, dan untuk material lain sekurang-kurangnya 30 detik. Diameter penjejakan diamati dengan mikroskop *low powered*. Nilai kekerasan Brinell dihitung dengan membagi beban yang diberikan dengan permukaan penjejakan



Gambar 2.6 Skema Pembebanan Brinell[19]

Rumus untuk menghitung kekerasan dengan metode Brinell[19]:

$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi}{2} D.(D - \sqrt{D^2 - D_1^2})} \qquad (2.3)$$

Dimana,

F = Beban (kgf)

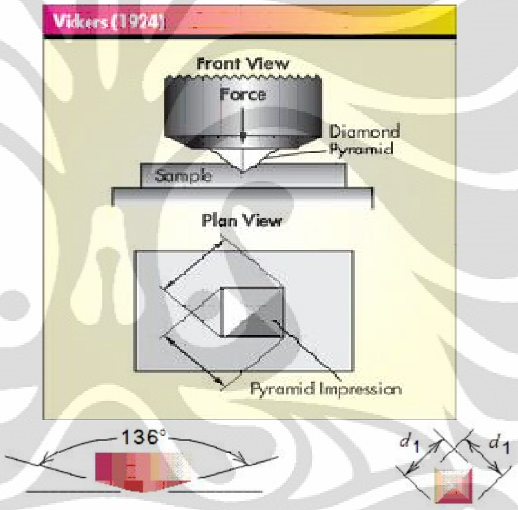
D = Diameter Indentor (mm)

D_1 = Diameter Penjejakan (mm)

Dibandingkan dengan metode uji kekerasan lain, metode Brinell menghasilkan penjejakan yang dalam dengan diameter yang besar, sehingga untuk mendapatkan nilai kekerasan rata-rata lebih membutuhkan area yang luas.

d. Vickers

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian Rockwell dan Brinell yaitu antara 1 sampai 1000 gram.



Gambar 2.7 . Pengujian Vickers dan Bentuk Indentor[19]

Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas penjejakan dari indentor(diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan sin (136°/2). Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode Vickers yaitu[19]:

$$HV = \frac{F}{A} = Sin\frac{136°}{2} \qquad \text{.........(2.4)}$$

$$HV = \frac{F.Sin\frac{136°}{2}}{\frac{d^2}{2}} \qquad \text{.........(2.5)}$$

$$HV = 1{,}854\frac{F}{d^2} \qquad (2.6)$$

Dimana,

HV = Angka kekerasan Vickers

F = Beban (kgf)

d = diagonal (mm)

2.7 PENGUJIAN STRUKTUR MIKRO

Metalografi adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang struktur makro dan mikro dari suatu logam, bisa juga diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang sifat mekanik dan sifat fisik dari suatu material atau logam. Dalam pengamatan secara metalografi dapat diperoleh gambaran struktur butiran suatu logam. Pengujian metalografi harus menggunakan bantuan dari mikroskop optik. Pengamatan struktur mikro adalah salah satu sifat fisis yang diamati dalam penelitian ini[20].

Tujuan utama dari pengamatan metalografi adalah untuk mengetahui konstituen dan struktur mikro dari logam dan paduan dengan mikroskop optik atau SEM. Pemilihan dan persiapan dari spesimen merupakan hal yang penting. Struktur mikro memiliki pengaruh yang besar pada sifat dari logam dan paduan. Kontrol dan menentukan struktur mikro memerlukan pengamatan metalografi. Pemilihan spesimen untuk pengamatan metalografi sangat penting untuk dapat representasi dari material yang sedang diamati. Sesuai dengan tujuan dari pengamatan metalografi dibagi menjadi tiga klasifikasi:

a. Pengamatan umum

Spesimen dipilih dari lokasi memiliki variasi yang sering terjadi dari material yang diamati. Contoh, spesimen dari material cetak diambil pada daerah yang sering terjadi segregasi.

b. Pengamatan kegagalan

Spesimen dipilih sedekat mungkin dengan daerah perpatahan atau daerah inisiasi kegagalan, dan dibandingkan dengan daerah yang memiliki struktur dan *properties* yang baik.

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

c. Pengamatan penelitian

Sampling lebih banyak dilakukan dibandingkan dengan pengamatan umum.

2.7.1 PEMOTONGAN SAMPEL

Dalam melakukan pemotongan spesimen dari material harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak merubah struktur dari logam. Ada tiga cara untuk melakukan pemotongan[21]:

a. Gergaji

Dapat dilakukan secara manual atau dengan mesin dan dapat digunakan untuk semua material dengan nilai kekerasan dibawah 350HV. Permukaan dari hasil pemotongan menghasilkan permukaaan yang kasar sehingga harus dihilangkan untuk pengerjaan lebih lanjut.

b. Pemotongan dengan abrasif (*grinding*)

Metode ini lebih cepat dibandingkan dengan gergaji dan menghasilkan permukaan yang halus. Kualitas hasil pemotongan ditentukan oleh pisau pemotong, pelumas, kondisi pendinginan dan kekerasan logam yang akan dipotong. Abrasif digunakan untuk material dengan kekerasan diatas 350HV. Secara umum untuk material yang lunak dipotong dengan *hard bond blade*, dan material yang keras dengan *soft bond blade*. Aluminum oksida digunakan pada material *ferrous* dan silikon karbida digunakan pada material non *ferrous*.

c. Gunting atau *shear*

Metode ini digunakan untuk memotong material dengan bentuk kawat, lembaran, pelat atau batangan yang dipotong dengan pisau pemotong.

2.7.2 SIKLUS TERMAL DAERAH LAS

Daerah lasan terdiri dari tiga bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*)[22]. Selama proses pengelasan berlangsung, logam las dan daerah pengaruh panas akan mengalami serangkaian siklus thermal yang berupa pemanasan sampai mencapai suhu maksimum dan diikuti dengan pendinginan. Sebagai akibatnya, jika kondisi kesetimbangan *(equilibrium*) tercapai maka logam las akan mengalami serangkaian transformasi fasa selama proses pendinginan, yaitu dari logam las cair berubah menjadi ferit-δ kemudian γ

(*austenit*) dan akhirnya menjadi α *(ferrit*). Pada umumnya laju pendinginan pada proses pengelasan cukup tinggi sehingga kondisi kesetimbangan tidak terjadi dan akibatnya struktur mikro yang terbentuk tidak selalu mengikuti diagram fasa.

Faktor lain yang mempengaruhi siklus termal adalah waktu pendinginan (*cooling tim*e). Suhu yang dipakai sebagai acuan dalam menentukan waktu pendinginan adalah antara 800 ºC-500 ºC. Penambahan unsur paduan pada logam las menyebabkan struktur mikro cenderung berbentuh bainit dengan sedikit ferit batas butir, kedua macam struktur mikro tersebut juga dapat terbentuk jika ukuran butir austenitnya besar.

Nilai $\Delta t_{8/5}$ yang semakin besar (waktu pendinginan semakin lama) akan meningkatkan ukuran ferit batas butir, selain itu waktu pendinginan yang lama akan menyebabkan struktur rnikro yang paling banyak terbentuk adalah ferit widmanstatten. Kandungan oksigen yang besar juga akan menyebabkan terbentuknya ferit Widmanstatten dan ferit batas butir dengan ukuran yang besar[23].

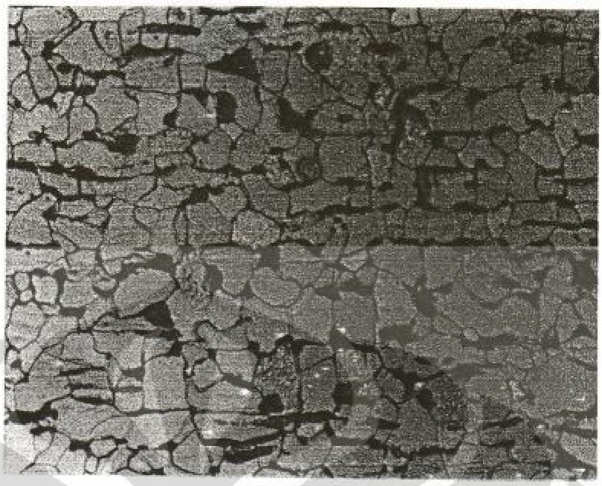
2.7.3 STRUKTUR MIKRO LAS

Struktur mikro dari las biasanya kombinasi dari struktur mikro berikut ini[24] :

- Ferit batas butir
- Ferit *widmanstatten*
- Ferit *acicular*
- Bainit
- Martensit

2.7.3.1 FERIT BATAS BUTIR

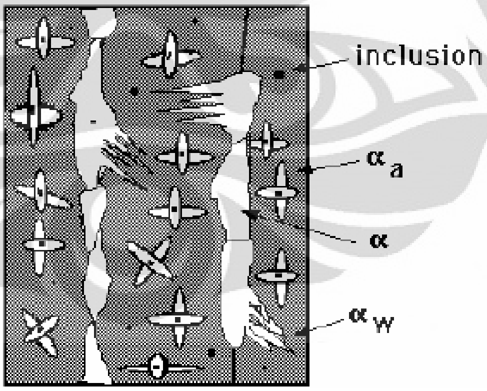
Ferit batas butir terbentuk pertama kali pada transformasi γ-α, biasanya terbentuk sepanjang batas austenit pada suhu 1000 °C – 650 °C



Gambar 2.8 Struktur Mikro Ferit (terang) Perlit (gelap)[20]

2.7.3.2 FERIT *WIDMANSTATTEN*

Jika suhunya lebih rendah maka akan terbentuk ferit *Widmanstatten.* Ukurannya besar dan pertumbuhannya cepat. Struktur mikro ini terbentuk pada suhu 750 °C – 650 °C disepanjang batas butir austenit. Ferit *Widmanstatten* mempunyai ukuran besar dengan orientasi arah yang hampir sama sehingga memudahkan terjadinya perambatan retak.



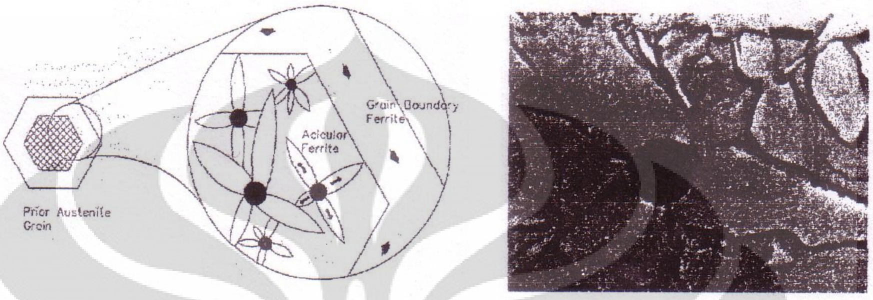
Gambar 2.9 Struktur Mikro Ferit *Widmanstatten*[25]

2.7.3.3 FERIT *ACICULAR*

Ferit *acicular* berbentuk intragranular dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orentasi arah yang acak. Jika terjadi retak hasil las dengan struktur mikro ferit *acicular* maka retak tersebut tidak akan cepat merambat karena orientasi arahnya acak. Karena hal tersebut maka bentuk struktur mikro ferit *acicular* mempunyai ketangguhan paling tinggi dibanding struktur mikro yang lain. Biasanya ferit *acicular* terbentuk sekitar suhu 650 °C

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

Unsur Mo dan Cr merupakan pembentuk karbida yang kuat yang dapat menahan pembentukan *proeutectic ferrite* dan meningkatkan pembentukan ferit *acicular.* Hasil pengelasan akan mempunyai sifat-sifat yang baik jika jumlah ferit *acicular* yang terbentuk paling banyak.

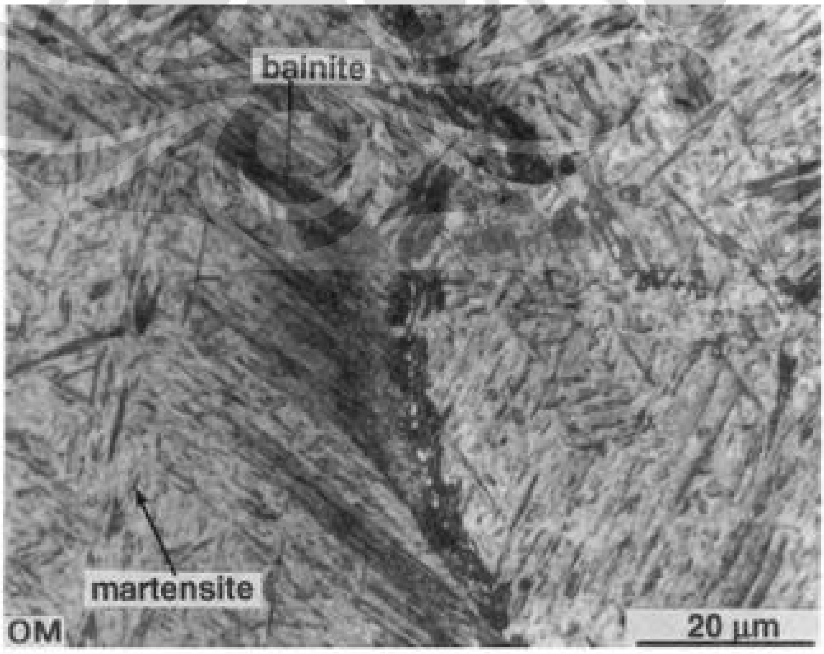


(a) **(b)**

Gambar 2.10 a) Skema Ferit *Acicular*, b) Foto Mikro Ferit *Acicular*[24]

2.7.3.4 BAINIT

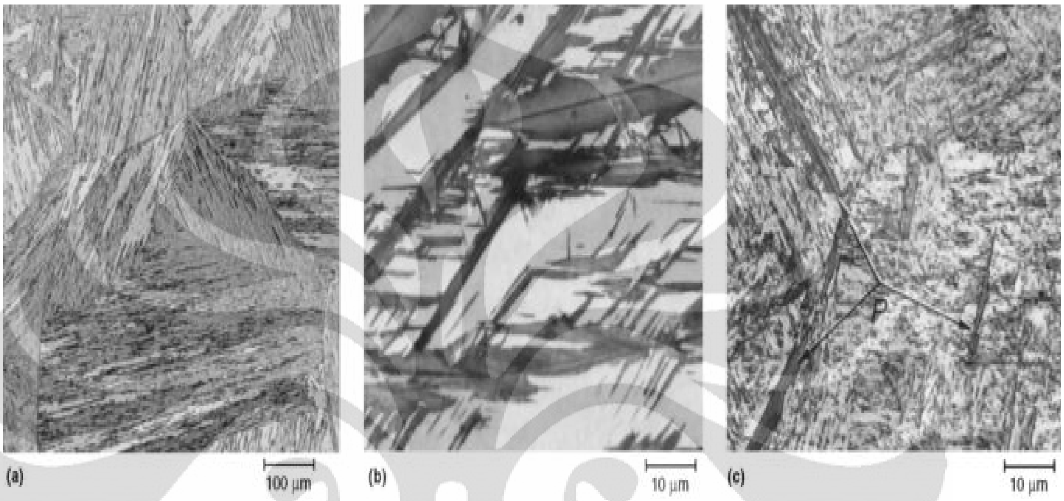
Bainit merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenit dan berupa pelat-pelat sejajar dengan Fe_3C diantara pelat-pelat tersebut atau didalam pelat. Bainit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibanding ferit, tetapi lebih rendah dari pada martensit.



Gambar 2.11 Struktur Mikro Bainit[20]

2.7.3.5 MARTENSIT

Martensit akan terbentuk pada proses pengelasan dengan pendinginan sangat cepat, mempunyai sifat sangat keras dan getas sehingga kekuatan tarik dan ketangguhannya rendah.



Gambar 2.12. Morfologi Martensit. (a) *Lath Martensite* pada baja karbon rendah (0,03C-2,0Mn, wt%) pembesaran 100x. (b) *Plate Martensite* pada baja karbon tinggi (1,2 wt% C) pembesaran 1000x. (c) Campuran antara *Lath* dan *Plate Martensite* pada baja karbon sedang (0,57 wt% C) pembesaran 1000x. Semua dietsa dengan nital 2% [20].

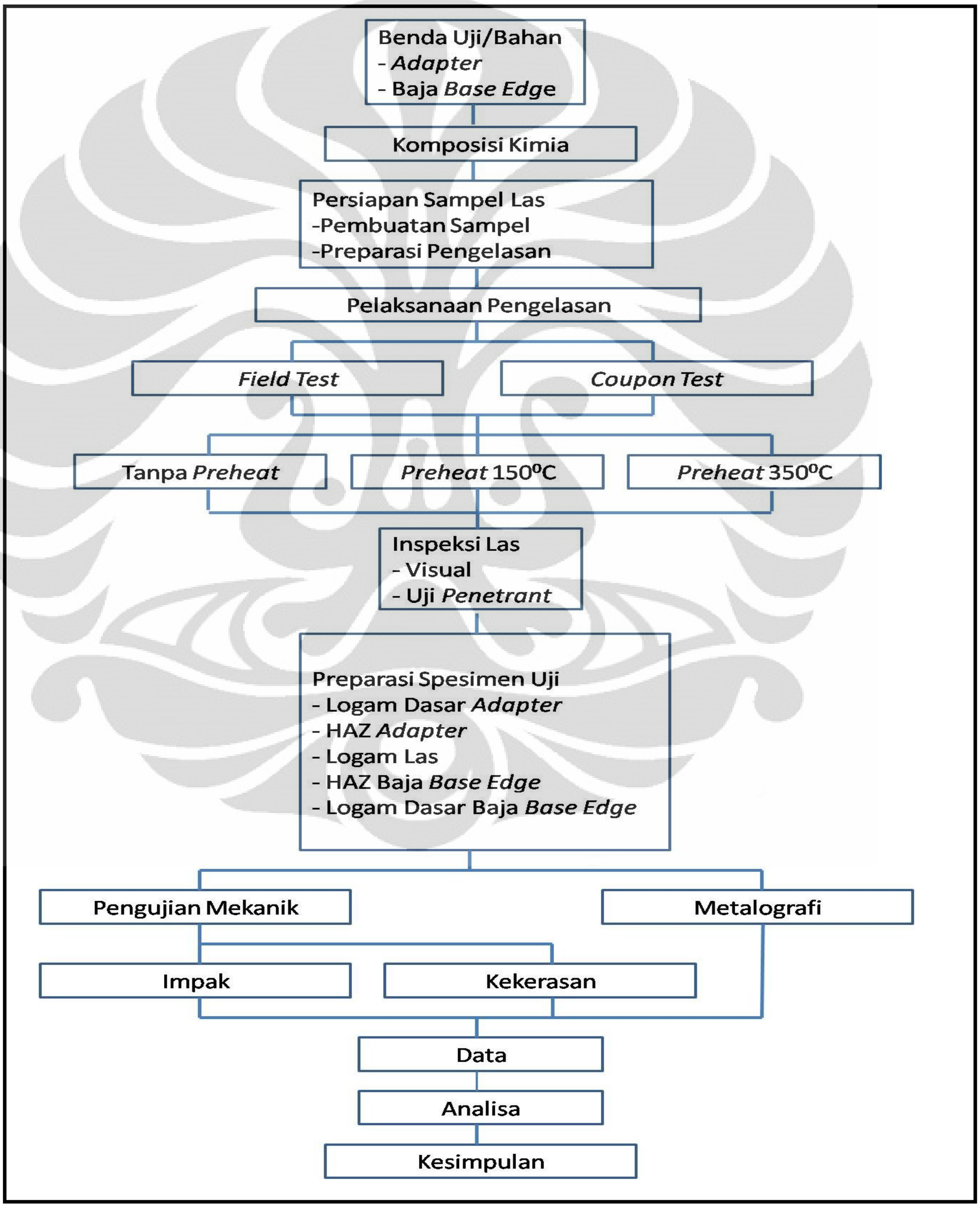
Dari kelima struktur mikro di atas, ferit *acicular* merupakan struktur mikro yang diinginkan karena dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan logam las. Peningkatan kekuatan ini disebabkan karena ferit *acicular* berbutir halus. Pada sisi lain, ketangguhan las disebabkan karena struktur ferit *acicular* berbentuk anyaman (*interlocking structure*) sehingga dapat menahan laju rambatan retak dan memberikan ketangguhan yang baik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti terlihat pada gambar 3.1 .



Gambar 3.1 . Diagram Alir Penelitian

3.2 BAHAN PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan adalah:

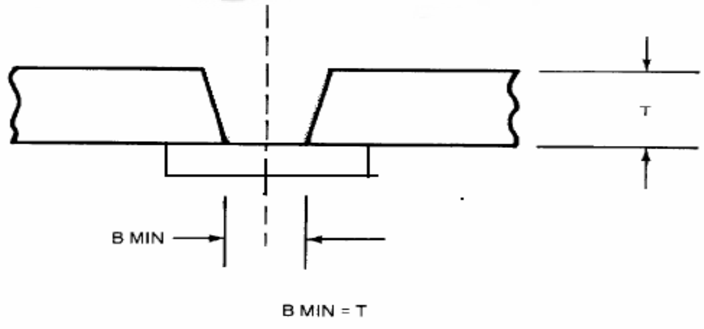
- *Infrared thermometer*
- *Gas torch/ burner*
- *Weld machine*
- *Adapter*
- Baja *Base edge*

3.3 PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA

Material baja *Adapter* dilakukan pengujian komposisi untuk menentukan mampu las dari logam yang akan dilas dengan menghitung nilai karbon ekivalennya. Pengujian akan dilakukan di laboratorium Metalurgi UI dengan ukuran sampel 15 mm^2. Sedangkan untuk pelat baja *base edge* komposisi kimianya mengikuti *mill certificate* dari produsen pembuatnya.

3.4 PERSIAPAN BENDA UJI IMPAK

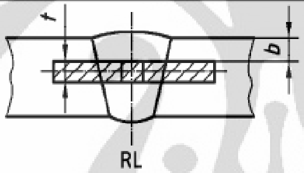
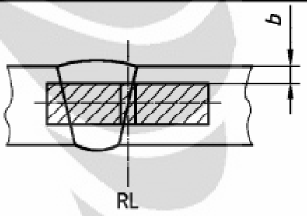
Pengujian impak charpy dilakukan dengan membuat tes kupon pengelasan. Bentuk dan ukuran dari logam las harus sama atau lebih besar dari tebal pelat yang digunakan, dengan WPS dan proses yang sama dan tidak boleh ada "*welding start*" ataupun "*welding stop*" pada daerah spesimen uji impak[25]. Jarak *preheating* minimal 75mm dari logam yang akan di las ke segala arah[15]. Persiapan pengelasan dan pemotongan dilakukan di PT. X.



Gambar 3.2. Persiapan sampel pengelasan *coupon test*, jarak celah atau *gap* minimal sama dengan tebal pelat[26].

3.4.1 LOKASI PENGAMBILAN SPESIMEN IMPAK

Untuk mengetahui ketangguhan hasil lasan, pengujian ketangguhan sambungan las dilakukan dengan cara uji impak pada logam las, HAZ, dan logam dasar. Penentuan lokasi pengambilan spesimen logam las dan HAZ sesuai dengan Gambar 3.3 dan untuk spesimen logam dasar diambil pada daerah yang memiliki kerentanan terhadap ketangguhan sebagai akibat dari pengaruh temperatur *preheating* dan konsentrasi tegangan[3] sesuai dengan Gambar 3.4. Pada spesimen HAZ daerah takikan diambil dari garis fusi sebesar 1-2mm dan untuk logam las diambil pada bagian tengah logam las[27]. Untuk memperjelas garis fusi dilakukan dengan cara makroetsa[28].

Denomination	Centre of the weld	Denomination	Fusion/joint line
	Representation		Representation
VWT 0/*b*		VHT 0/*b*	

Gambar 3.3. Lokasi spesimen uji impak logam las dan HAZ[29]

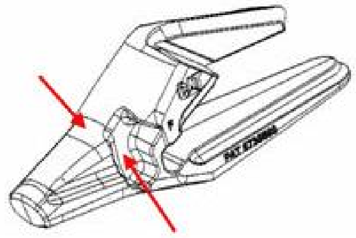
Keterangan:

V: Charpy V-*notch*

W: Takikan pada logam las ; garis referensi adalah garis tengah dari logam las pada posisi spesimen dan posisi takikan harus pada garis tengah logam las.

H : Takikan pada HAZ ; garis referensi adalah garis fusi

b : Maksimum 2mm dibawah permukaan dan transversal ke logam las.



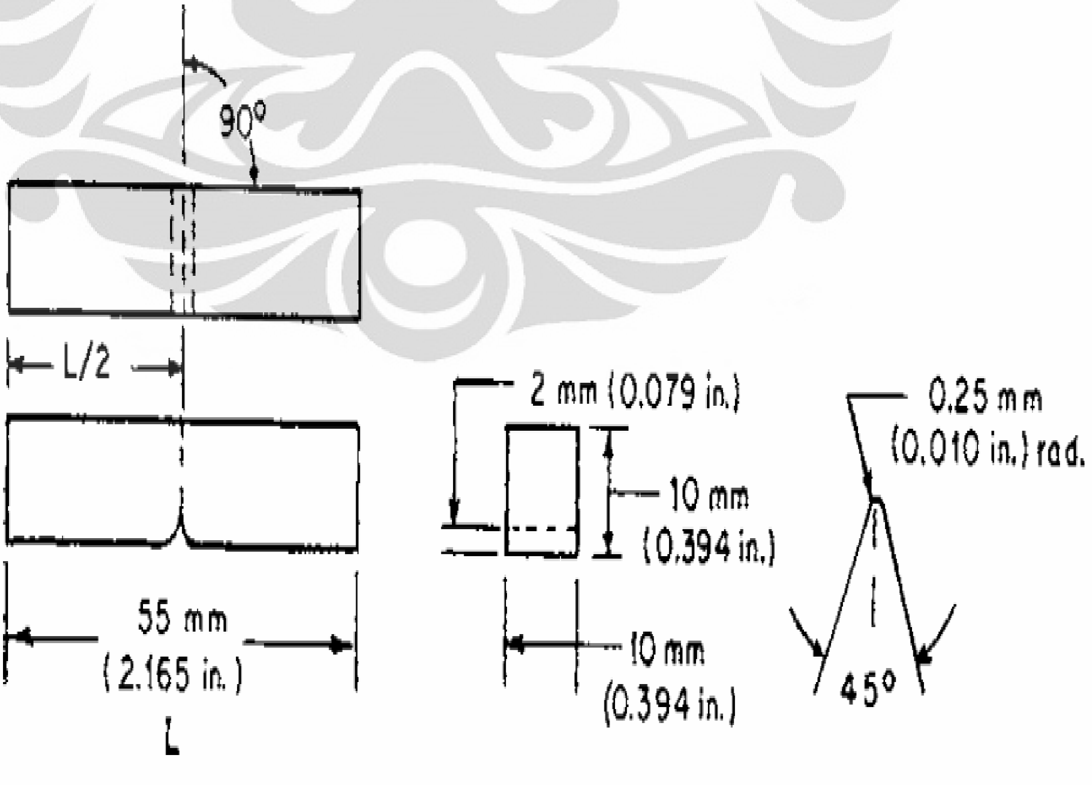
Gambar 3.4. Lokasi spesimen uji impak logam dasar *adapter*[3]

3.4.2 JUMLAH SPESIMEN IMPAK

Pengujian impak yang digunakan dalam penelitian pada masing-masing varian dilakukan pada temperatur ruang. Untuk setiap variasi temperatur *preheating* di ambil spesimen untuk uji impak pada logam las, HAZ, dan logam dasar. Pengelasan *adapter* pada baja *base edge* diperlukan pengujian impak pada masing-masing HAZ dan untuk dissimilar metal dilakukan pengambilan spesimen pada masing-masing HAZ[29]. Jadi jumlah keseluruhan spesimen untuk pengujian impak adalah 12 buah.

3.4.3 BENTUK SPESIMEN IMPAK

Bentuk spesimen uji impak dibuat sesuai dengan Gambar 3.5. Pemotongan sampel tidak boleh dipengaruhi oleh panas baik pada persiapan *coupon test* ataupun pemotongan dalam pembuatan spesimen uji impak dan persiapan dari takikan dengan permesinan adalah sangat penting karena dapat mempengaruhi dari data yang diperoleh[30].



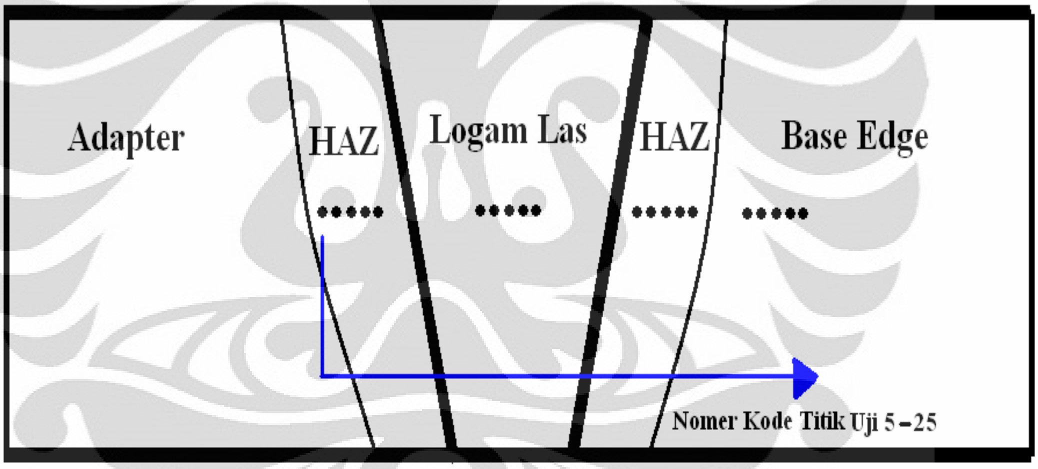
Gambar 3.5. Standar Spesimen Uji Impak[31]

3.5 PERSIAPAN BENDA UJI KEKERASAN

Pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan metode Vickers. Metode Vickers dipilih karena daerah HAZ sangat sempit. Untuk mengukur nilai kekerasan diambil pada daerah logam las, HAZ,dan logam dasar.

3.5.1 LOKASI DISTRIBUSI UJI KEKERASAN

Lokasi pengujian kekerasan sesuai dengan Gambar 3.6, dimana diambil lima titik pada masing-masing daerah dan diambil rata-ratanya untuk dibuat distribusi kekerasan dari semua area yang diuji. Untuk sampel impak pada logam dasar *adapter*, lokasinya diambil pada pengelasan *field test*. Jumlah titik yang diambil untuk nilai kekerasan keseluruhan pada penelitian ini adalah 75 titik.



Gambar 3.6. Lokasi Titik Uji Kekerasan

3.6 PENGAMATAN METALOGRAFI

Untuk pemotongan sampel produk cor (*casting*) dilakukan tegak lurus dari permukaan untuk menunjukkan variasi struktur dari luar ke dalam *casting*. Ukuran sampel untuk pengamatan metalografi yang dipoles tidak lebih dari 12 sampai 25 mm^2. Tahapan persiapan dimulai dari proses pemotongan, penggerindaan, amplas, poles, kemudian etsa. Pengampelasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas yang dimulai dengan kertas amplas kasar hingga halus untuk mendapatkan permukaan benda uji yang merata diseluruh permukaan. Setelah itu benda uji

dipoles untuk mendapatkan permukaan yang lebih halus dan mengkilap serta menghilangkan bekas goresan akibat pengampelasan. Proses selanjutnya yaitu etsa yang bertujuan untuk memunculkan jejak batas butir benda uji. Setelah dilakukan preparasi, selanjutnya benda uji dilakukan dilakukan pengamatan mikrostruktur dan pengambilan foto mikrostruktur dengan berbagai pembesaran. Pengamatan mikrostruktur ini dilakukan dengan peralatan mikroskop optik[21].

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan peralatan spektrometer optikal . Berikut ini adalah hasil pengujian komposisi kimia.

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Logam Baja *Base Edge* (wt%)[32].

C	Mo	Mn	P	S	Si	Ni	B	Cr
0,12	0,025	1,26	0,008	0,002	0,49	0,05	0,001	0,67

Dari hasil komposisi kimia dapat dihitung harga karbon ekivalen material baja *base edge* adalah sebagai berikut:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15}$$

$$= 0{,}12 + \frac{1{,}26}{6} + \frac{0{,}67 + 0{,}025 + 0}{5} + \frac{0{,}05 + 0}{15} \ (\%)$$

$$= 0{,}47\ \%$$

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Logam Material Baja *Adapter* (wt%)[33].

C	Mo	Mn	P	Cr	Si	Ni	V	Cu
0,19	0,248	1,03	0,011	1,05	0,541	0,884	0,004	0,047

Dari hasil komposisi kimia dapat dihitung harga karbon ekivalen material baja *adapter* adalah:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15}$$

$$= 0{,}19 + \frac{1{,}03}{6} + \frac{1{,}05 + 0{,}248 + 0{,}004}{5} + \frac{0{,}884 + 0{,}047}{15} \ (\%)$$

$$= 0{,}684\ \%$$

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

Dari hasil perhitungan karbon ekivalen diatas dapat diketahui bahwa bahan *adapter* memiliki sifat mampu las yang buruk karena baja karbon yang memiliki karbon ekivalen tinggi. Semakin tinggi nilai karbon ekivalen, maka semakin tinggi kepekaannya terhadap retak dingin pada sambungan las dan HAZ. Baja karbon yang memiliki kadar karbon melebihi 0.32% (*ladle analysis*) atau karbon ekivalen melebihi 0,65 harus di *preheating* hingga temperatur tertentu. Baja paduan dengan mampu keras yang tinggi contoh *cast nickel chrome molybdenum*, 4300 series harus di *preheating* antara 204°-316°C [15].

4.2 INSPEKSI LAS

Pengamatan terhadap cacat las pada sampel pengelasan dilakukan secara visual dan pengujian tidak merusak (NDT) dengan menggunakan cairan *penetrant*. Hasil inspeksi las secara visual tidak ditemukan adanya cacat las dari ketiga sampel las pada pengelasan *adapter* dengan pelat baja *base edge*. Untuk meyakinkan tidak adanya cacat las di permukaan, maka dilakukan pengujian dengan cairan *penetrant*. Dengan menggunakan cairan *penetrant* ditemukan adanya retak pada logam las pada perlakuan tanpa *preheating* (gambar 4.1) sedangkan pada perlakuan *preheating* temperatur 150^{0}C dan 350^{0}C tidak ditemukan adanya cacat las (Gambar 4.2 dan 4.3). Cacat las yang diamati pada ketiga sampel pengelasan terlihat pada Tabel 4.3.

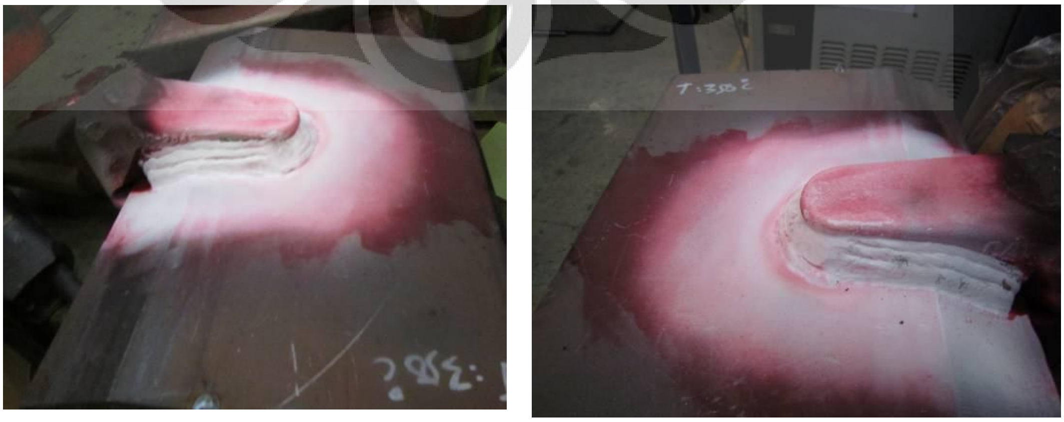
Tabel 4.3 Hasil Inspeksi Las

Perlakuan Panas	Cacat Las				
	Retak	Porositas	Undercut	Overlap	Lack of Fusion
Non Preheat (NP)	5mm	-	-	-	-
Preheat 150^{0}C	-	-	-	-	-

Universitas Indonesia

Gambar 4.1. Inspeksi las pada sampel tanpa *preheating* dengan uji *penetrant*

Gambar 4.2 Inspeksi las pada sampel perlakuan *preheating* 150^{0}C dengan uji *penetrant*



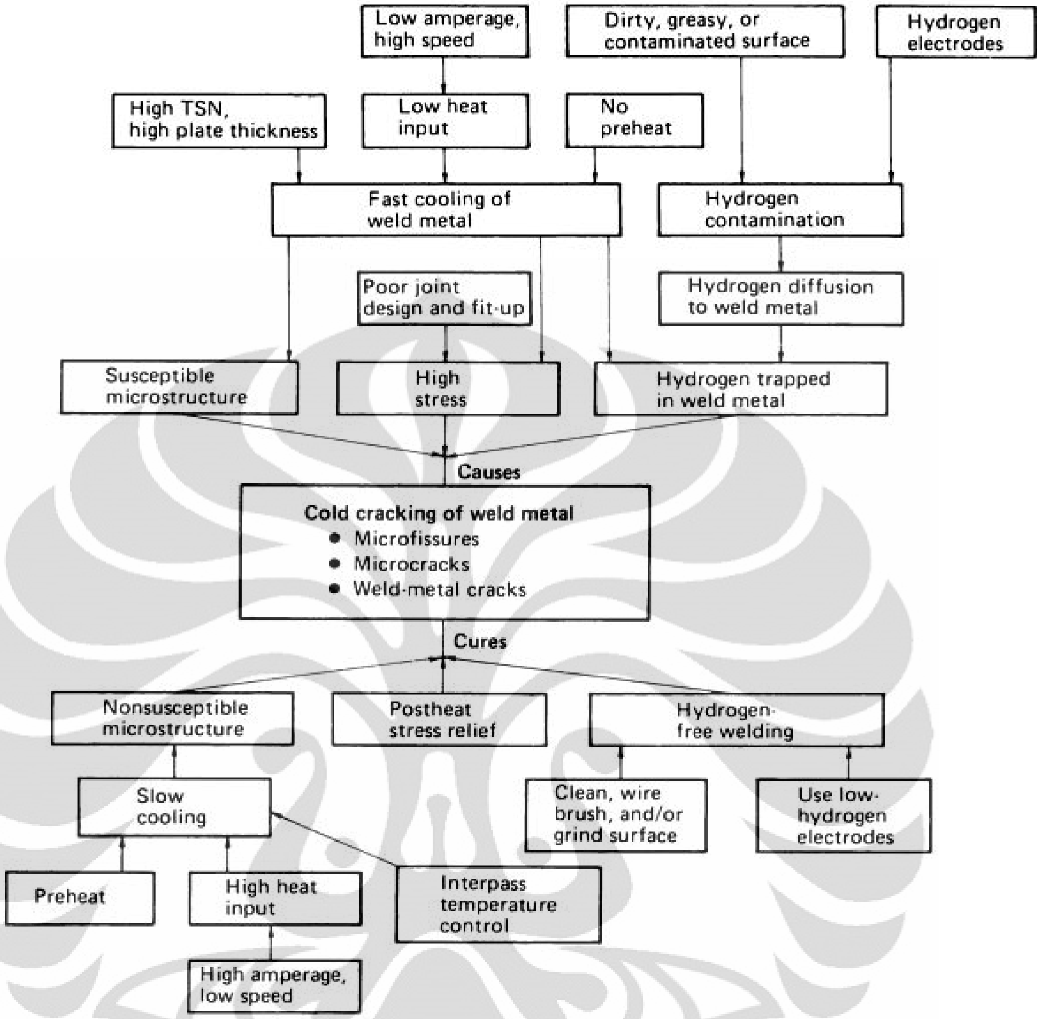
Gambar 4.3 Inspeksi las pada sampel perlakuan *preheating* 350^{0}C dengan uji *penetrant*

Waktu inspeksi las minimal untuk mengamati adanya retak dingin yaitu 24 jam setelah pengelasan[15]. Pada sampel pengelasan tanpa *preheating* ditemukan adanya retak yang ditandai dengan warna merah pada cairan *developer* yang berwarna putih sepanjang 5mm. Retak yang terjadi adalah retak dingin yang terjadi setelah logam las mendingin, dimana retak yang terjadi di indikasikan disebabkan akibat hidrogen yang terperangkap didalam logam las. Retak dingin dapat disebabkan oleh kombinasi tiga hal berikut[12]:

- Larutnya hidrogen dalam logam lasan
- Terciptanya tegangan sisa yang tinggi
- Adanya struktur mikro yang sensitif terhadap retak (HV> 350) seperti martensit

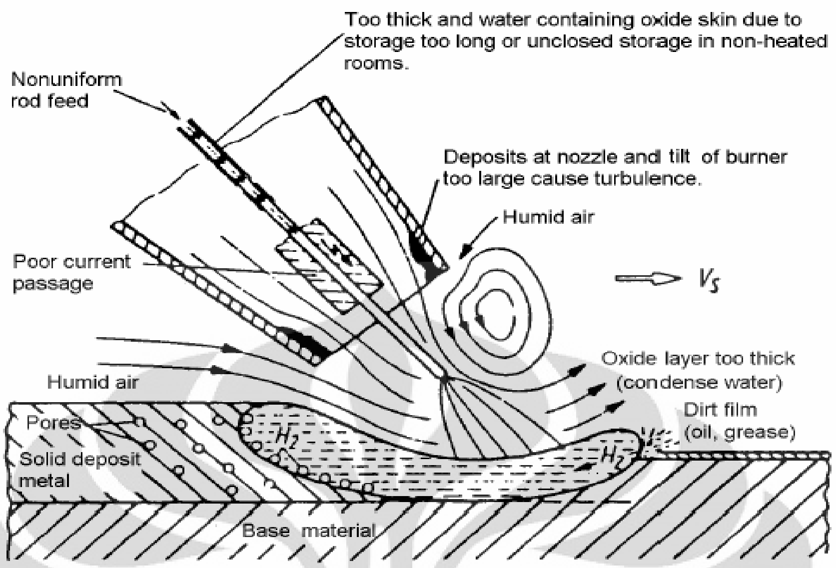
Nilai kekerasan pada daerah logam las dengan tanpa *preheating* tidak menunjukan kekerasan yang melebihi HV>350 dan struktur mikronya adalah ferit + ferit acicular + perlit namun memiliki nilai kekerasan paling tinggi bila dibandingkan dengan struktur mikro logam las dengan *preheating* 150^0C dan 350^0C. Dari aspek metalurgi, karbon ekivalen dapat berhubungan dengan sensitifitas retak yang sensitif terhadap gas hidrogen dilihat dari struktur mikronya. Semakin tinggi nilai karbon ekivalen maka akan semakin rentan terhadap retak yang diakibatkan larutnya gas hidrogen. Nilai karbon ekivalen baja *adapter* adalah 0,68 yang berarti memiliki mampu las yang buruk. Laju pendinginan yang cepat karena pengelasan dilakukan tanpa *preheating* dapat mengakibatkan tegangan sisa yang lebih tinggi maka lebih rentan terhadap retak yang diakibatkan oleh gas hidrogen.

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011



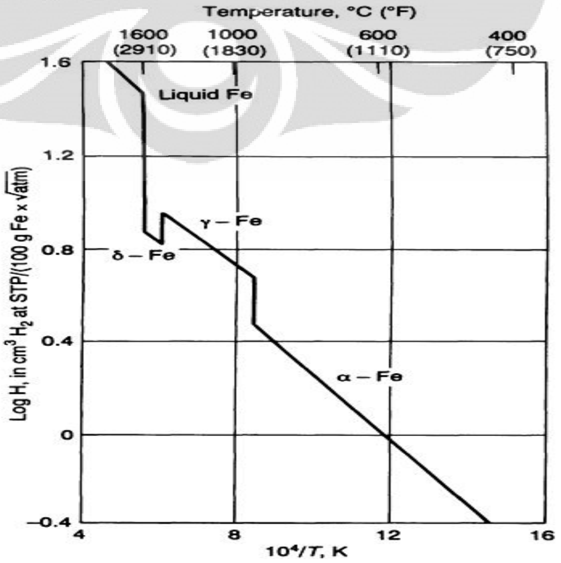
Gambar 4.4 Penyebab dan Penanganan Retak Pada Logam Las[22]

Gas hidrogen merupakan kontaminan pada semua proses las busur , oleh karena itu sangat perlu menghindari adanya kandungan air pada fluks, logam pengisi, oli atau organik lain yang dapat bereaksi menimbulkan gas hidrogen. Pada spesimen yang dilakukan pengelasan tidak didapati adanya kontaminan seperti oli, karat, air dan dengan demikian gas hidrogen bukan berasal dari tidak baiknya persiapan sebelum pengelasan. Kawat las ER70S-6 pada proses GMAW yang digunakan memiliki kerentanan terhadap gas hidrogen yang sangat rendah yaitu dibawah 5ml/100g [7]. Kemungkinan gas hidrogen berasal dari kawat las yang digunakan sangat kecil, kemungkinan larutnya gas hidrogen berasal dari material yang di las memiliki konten hidrogen. Selain itu juga udara disekitar lingkungan pengelasan yang dapat diserap kedalam busur las seperti yang di ilustrasikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Skema difusi gas hidrogen ke dalam cairan logam las[12]

Gas hidrogen lebih mudah larut ke dalam logam cair dibanding padatan. Kelarutan gas hidrogen pada kondisi *liquidus* (1500^{0}C) adalah 30ppm , dan hanya 8ppm pada kondisi padatan, dan pada temperatur 400^{0}C kelarutan akan menjadi lebih rendah yaitu kurang dari 1ppm. Oleh karena itu semakin cepat laju pendinginan maka akan menyebabkan gas hidrogen yang larut pada saat logam cair akan terperangkap dan tidak sempat keluar dari logam cair pada saat logam telah membeku. Kelarutan gas hidrogen pengaruh temperatur digambarkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Kelarutan Hidrogen

Pada saat logam sudah membeku dan mendingin hidrogen akan berdifusi keluar dari logam dan menyebabkan retak dan oleh sebab itu retak jenis ini di sebut retak dingin. Dengan demikian direkomendasikan untuk dilakukan *preheating* pada pengelasan *adapter bucket* untuk mengurangi kemungkinan terjadinya retak dingin dan tegangan sisa pada pengelasan.

Semakin tinggi temperatur *preheating* yang digunakan pada pengelasan terutama pengelasan manual akan meningkatkan kesulitan dalam melakukan proses pengelasan, selain itu juga akan membuat laju pendinginan semakin lambat yang berarti dapat menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir di HAZ dimana akan terjadi penurunan ketangguhan logam las. *Preheating* direkomendasikan pada temperatur 150^0C untuk mengurangi kemungkinan retak dan tanpa mengakibatkan terjadinya penurunan ketangguhan.

4.3 PENGUJIAN KEKERASAN

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers dilakukan pada logam dasar, deposit las dan HAZ dengan beban 200gf dan sudut indentor 120^0. Data kekerasan pada logam dasar, deposit las dan HAZ diperoleh dari variasi perlakuan panas yaitu tanpa *preheating*, temperatur 150^0C, temperatur 350^0C sehingga dalam pengujian ini jumlah sampel adalah 3 sampel. Pada masing-masing area logam dasar, logam las, dan HAZ dilakukan lima kali penjejakan untuk mendapatkan nilai rata-rata kekerasan yang lebih representatif. Data hasil uji kekerasan selengkapnya ada pada Tabel 4.4.a dan 4.4b.

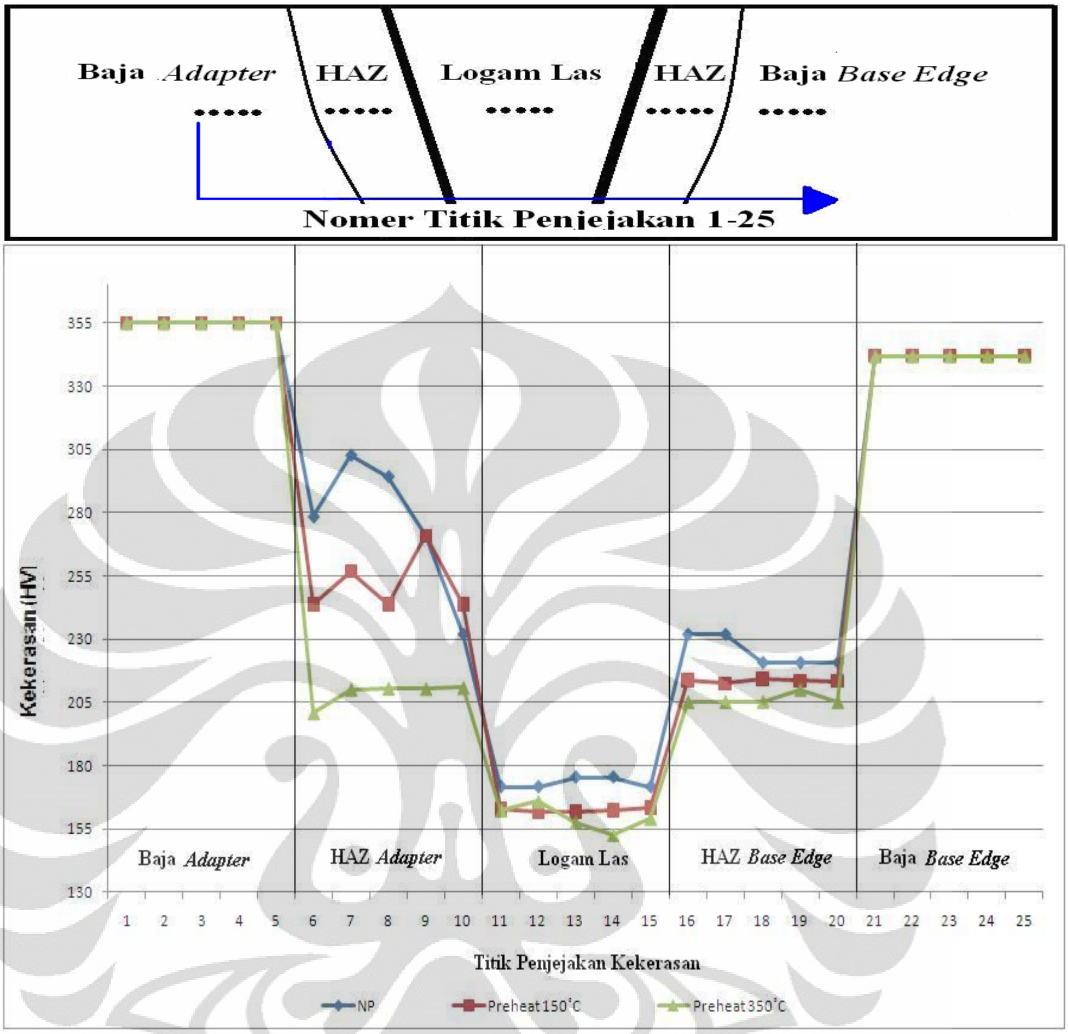
Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

Tabel 4.4a Hasil Pengujian Kekerasan HAZ dan Logam Las

Nomer Titik Penjejakan	Kode Sampel	Kekerasan Mikro Vickers (HV)		
		Non *Preheating (NP)*	*Preheating* 150^0C	*Preheating* 350^0C
6	HAZ *Adapter*	278.4	243.8	200.8
7		302.8	256.8	210.2
8		294.3	243.8	210.6
9		270.9	270.9	210.4
10		231.8	243.8	210.8
Rata-Rata		276	252	209
11	Logam Las	171.5	162.8	162.3
12		171.5	161.8	165.8
13		175.3	161.8	157.7
14		175.3	162.3	152.6
15		171.5	163.4	159
Rata-Rata		173	162	159
16	HAZ Baja *Base Edge*	231.8	213.8	205.3
17		231.8	212.4	205.3
18		220.6	214.3	205.3
19		220.6	213.5	210.2
20		220.6	213.4	205.3
Rata-Rata		225	213	206

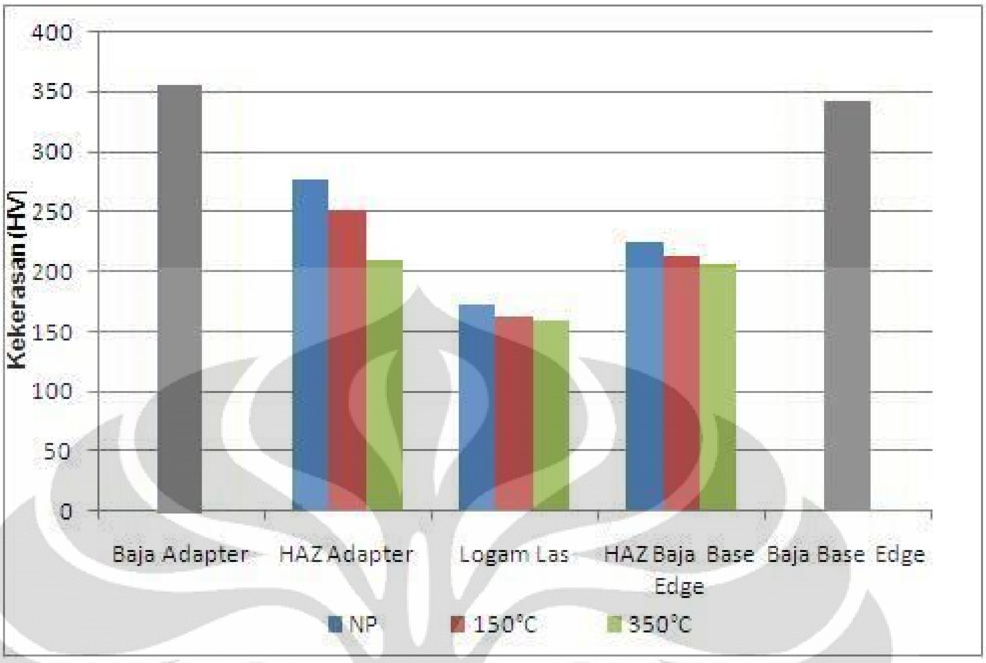
Tabel 4.4b Hasil Pengujian Kekerasan Baja *Adapter* dan Baja *Base Edge*

Nomer Titik Penjejakan	Kode Sampel	Kekerasan Mikro Vickers (HV)			
		Non *Preheating (NP)*	*Preheating* 150^0C	*Preheating* 350^0C	Harga Kekerasan Rata-Rata
1	Baja *Adapter*	392.8	346.4	327.2	355
2		391.6	346.8	326.8	
3		392.2	346.4	326.8	
4		392.8	346.2	327.4	
5		392.2	346.4	327.2	
Rata-Rata		392	346	327	
21	Baja *Base Edge*	362.4	343.8	320.8	342
22		363.8	342.8	321	
23		363.4	343.6	320.6	
24		362.8	343.8	320.8	
25		360.8	343.6	320.8	
Rata-Rata		363	343	320	



Gambar 4.7 Distribusi Kekerasan

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan kekerasan pada logam dasar, logam lasan dan daerah HAZ. Kekerasan pada daerah HAZ di lakukan untuk mengamati perubahan kekerasan yang terjadi pada logam induk karena adanya proses pengelasan.



Gambar 4.8 Distribusi Kekerasan Rata-Rata

Dari Gambar 4.7 & 4.8 terlihat bahwa kekerasan logam lasan tertinggi pada perlakuan tanpa *preheating* yaitu 173HV, sementara kekerasan terendah adalah pada perlakuan *preheating* temperatur 150^0C pada daerah HAZ baja *base edge*. Dari data tersebut terlihat bahwa perlakuan *preheating* akan mempengaruhi tingkat kekerasan karena merubah struktur mikronya.

4.4 PENGUJIAN IMPAK

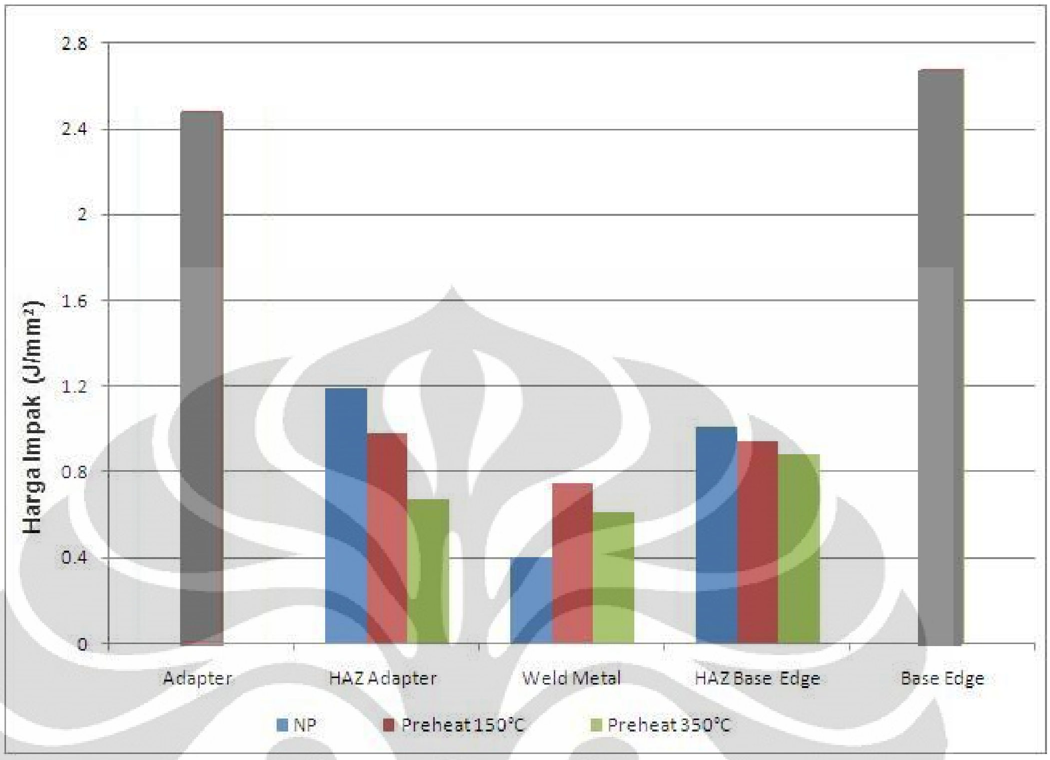
Pengujian impak dilakukan pada benda uji dengan variasi perlakuan panas yaitu tanpa *preheating*, temperatur 150^0C, 350^0C dimana masing-masing variabel dilakukan satu kali pengujian (satu spesimen) pada temperatur ruang. Adapun hasil pengujian secara lengkap adalah seperti pada Tabel 4.5a. dan Tabel 4.5b.

Tabel 4.5a. Hasil Pengujian Impak HAZ dan Logam Las

Harga Impak J/mm^2	Bagian -Bagian Sambungan Las	Perlakuan Panas	Luas Penampang mm^2	Energi Impak J (Joule)
1.19	HAZ Baja *Adapter*	Non *Preheating* (NP)	83.8	100
0.4	Logam Las		85.11	34
1.01	HAZ Baja *Base Edge*		83.8	84
0.98	HAZ Baja *Adapter*	*Preheating* 150^{0}C	83.27	82
0.75	Logam Las		85.09	64
0.94	HAZ Baja *Base Edge*		83.33	78
0.67	HAZ Baja *Adapter*	*Preheating* 350^{0}C	83.2	56
0.61	Logam Las		84.81	52
0.88	HAZ Baja *Base Edge*		86.51	76

Tabel 4.5b Hasil Impak Logam Dasar Baja *Adapter* dan Baja *Base Edge*

Harga Impak Rata-Rata J/mm^2	Harga Impak J/mm^2	Bagian -Bagian Sambungan Las	Luas Penampang mm^2	Energi Impak J (Joule)
2.48	2.16	Baja *Adapter*	85.16	184
	1.97	Baja *Adapter*	84.98	168
	3.31	Baja *Adapter*	82.27	272
2.68	2.62	Baja *Base Edge*	83.13	218
	2.69	Baja *Base Edge*	82.34	222
	2.73	Baja *Base Edge*	83.56	228



Gambar 4.9 Distribusi Harga Impak Sampel Pengelasan

4.4.1 Kekuatan Impak

Kekuatan impak merupakan bagian dari sifat mekanis yang penting untuk dipertimbangkan jika konstruksi atau material digunakan pada desain yang menerima beban impak atau kejut. Hasil uji impak yang diperoleh lebih diarahkan untuk mengamati progres kekuatan impak pada masing-masing perlakuan panas atau *preheating* pada pengelasan adapter *bucket excavator*. Pada Gambar 4.9 terlihat bahwa pada logam dasar baja *adapter* dan baja *base edge* memiliki nilai impak terbesar yaitu baja *adapter* sebesar 2.48 J/mm^2 dan baja *base edge* sebesar 2.68 J/mm^2. Setelah dilakukan pengelasan terjadi penurunan nilai impak baik di HAZ maupun di logam las. Nilai kekuatan impak terbesar pada logam las baja *adapter* adalah pada perlakuan *preheating* 150^{0}C dengan nilai 0.75 J/mm^2. Sementara pada perlakuan tanpa *preheating* ketangguhan logam las baja *adapter* adalah paling rendah yaitu sebesar 0,4 J/mm^2. Nilai kekuatan impak terbesar pada daerah HAZ baja *adapter* adalah pada perlakuan tanpa *preheating* dengan nilai impak sebesar 1.19 J/mm^2 dan nilai impak terendah pada daerah HAZ baja *adapter* adalah pada perlakuan *preheating* temperatur 350^{0}C dengan nilai impak

sebesar 0.67 J/mm^2. Secara umum dengan meningkatnya temperatur *preheating* maka nilai ketangguhan pada daerah las akan bervariasi.

4.5 PENGAMATAN FOTO MAKRO

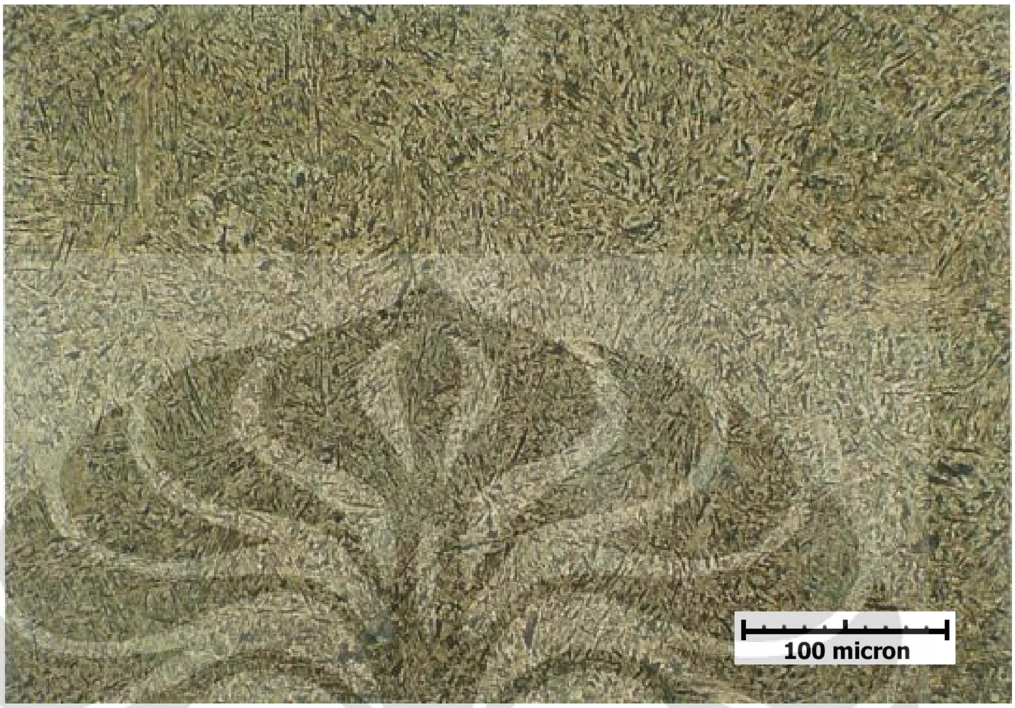
Foto makro dimaksudkan untuk mengetahui bentuk dan batas antara daerah las, HAZ, logam induk, dengan menggunakan etsa dengan larutan nital 3%.

Gambar 4.10 Foto Makro Pengelasan Sampel *Coupon Test*

4.6 STRUKTUR MIKRO

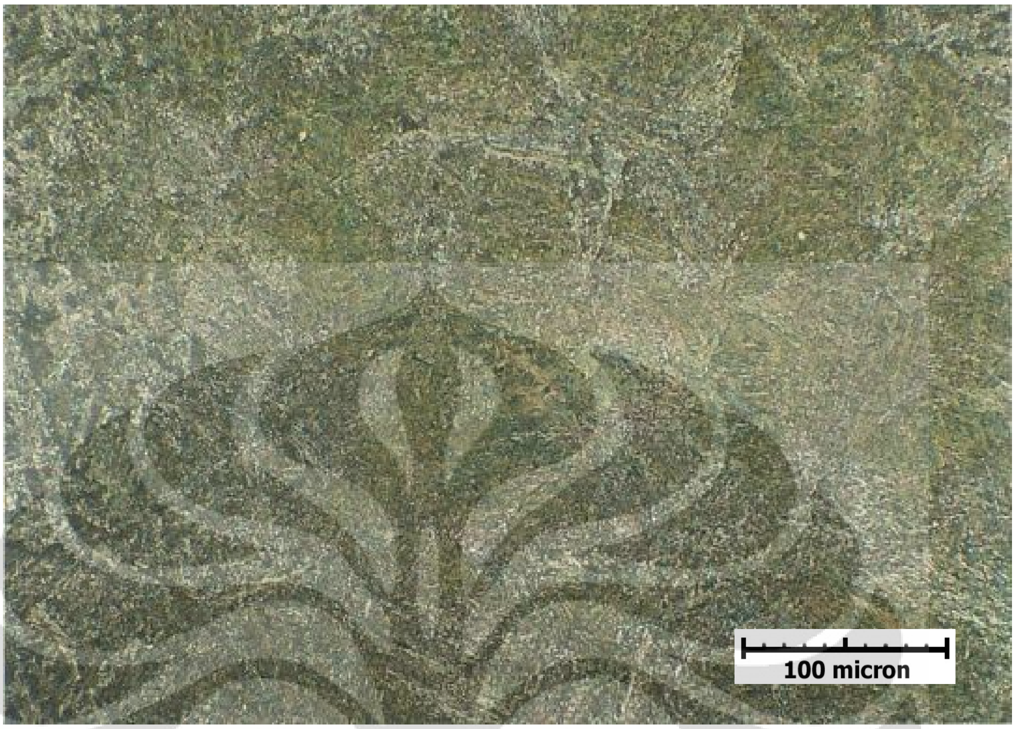
Dalam hasil penelitian ini, materi yang disajikan adalah foto mikro pada logam dasar, logam las dan daerah HAZ. Penelitian dan pembahasan utamanya diarahkan terutama untuk mencari hubungan antara sifat mekanis, struktur mikro terhadap ketangguhan, dimana sifat mekanis terbatas pada nilai impak dan nilai kekerasan. Alat yang dipergunakan untuk pengujian ini adalah mikroskop optik, dengan mikroskop ini dapat dilihat ukuran dan bentuk butir serta distribusi dari berbagai macam fasa logam serta inklusi yang terjadi pada pengelasan. Pembesaran yang dipergunakan adalah 200X. Berikut gambar dari foto struktur mikro yang dilakukan pada ketiga sampel yaitu tanpa *preheating*, *preheating* 150^{0}C, dan *preheating* 350^{0}C.

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

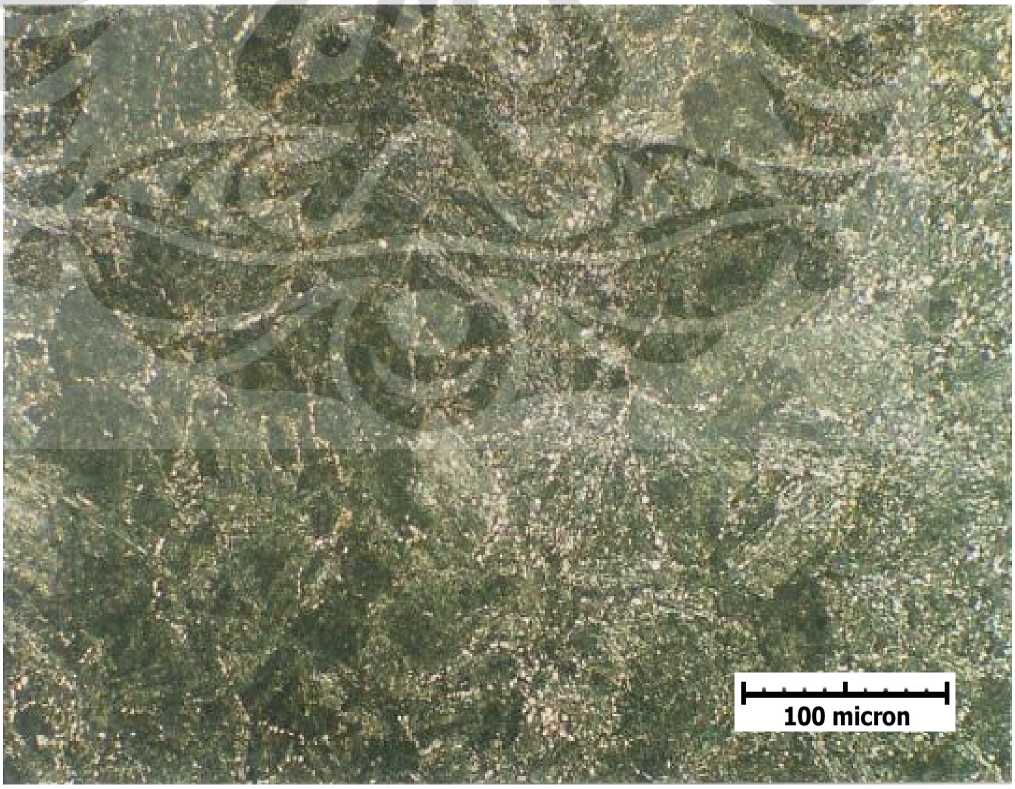


Gambar 4.11 Struktur Mikro Material Baja *Adapter* (Martensit Temper)

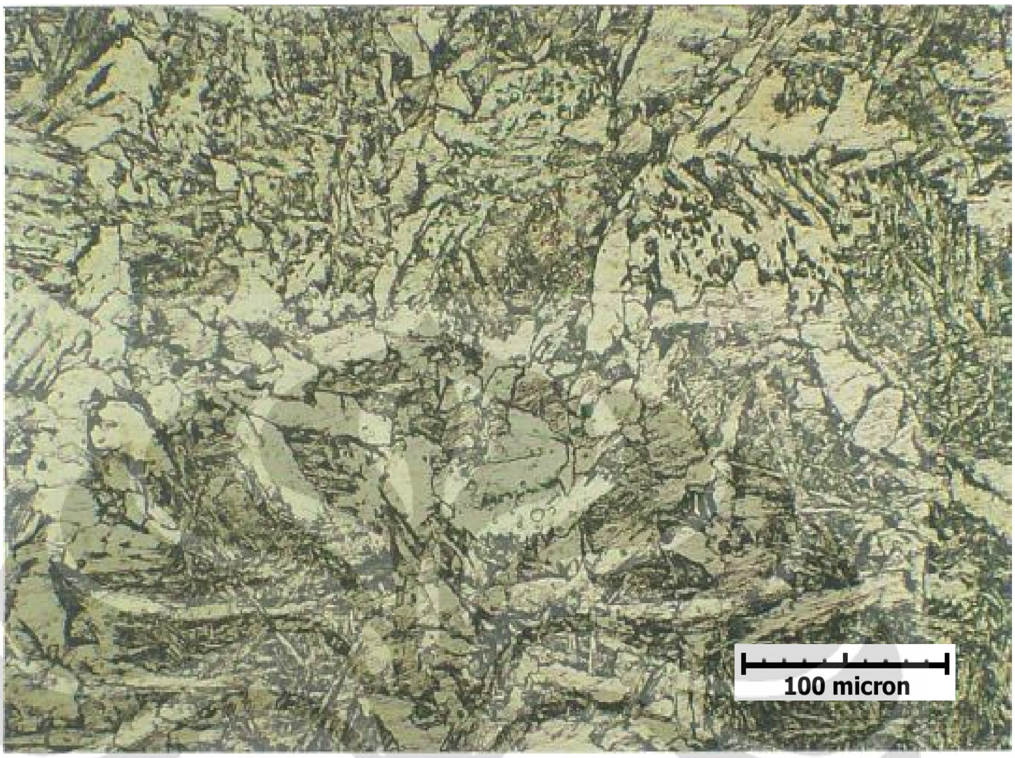
Gambar 4.12 Struktur Mikro Material HAZ A*dapter* Tanpa *Preheating* (Martensit Temper Halus)



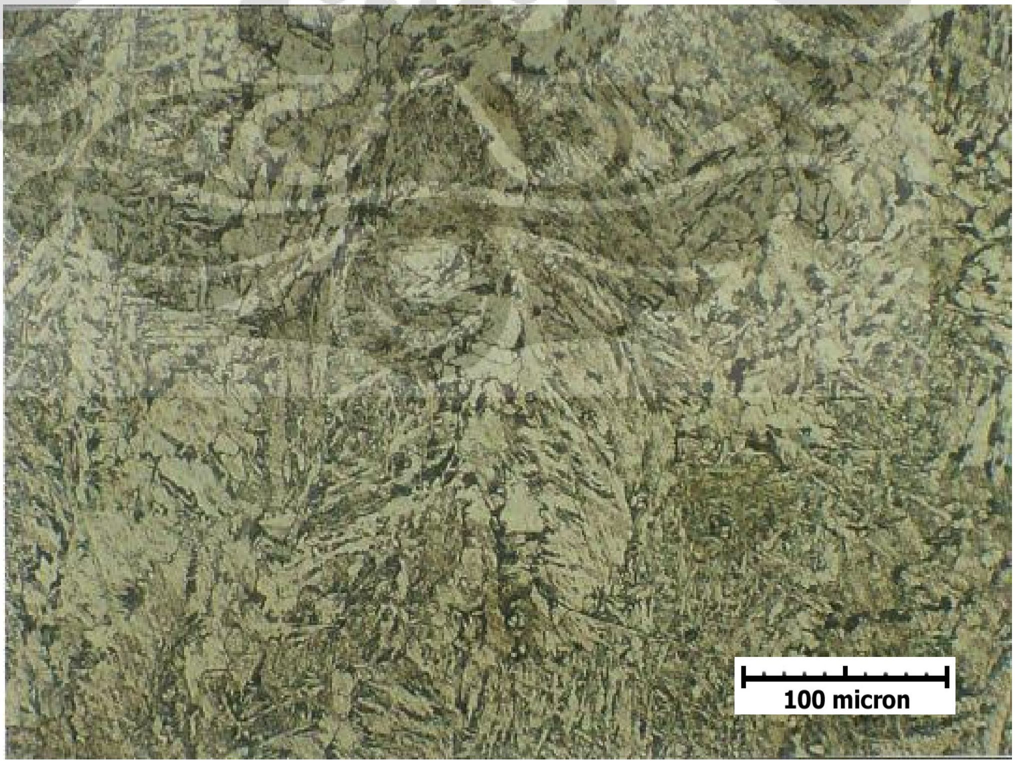
Gambar 4.13 Struktur Mikro HAZ *Adapter* Dengan *Preheating* 150^0C (Martensit Temper Kasar)



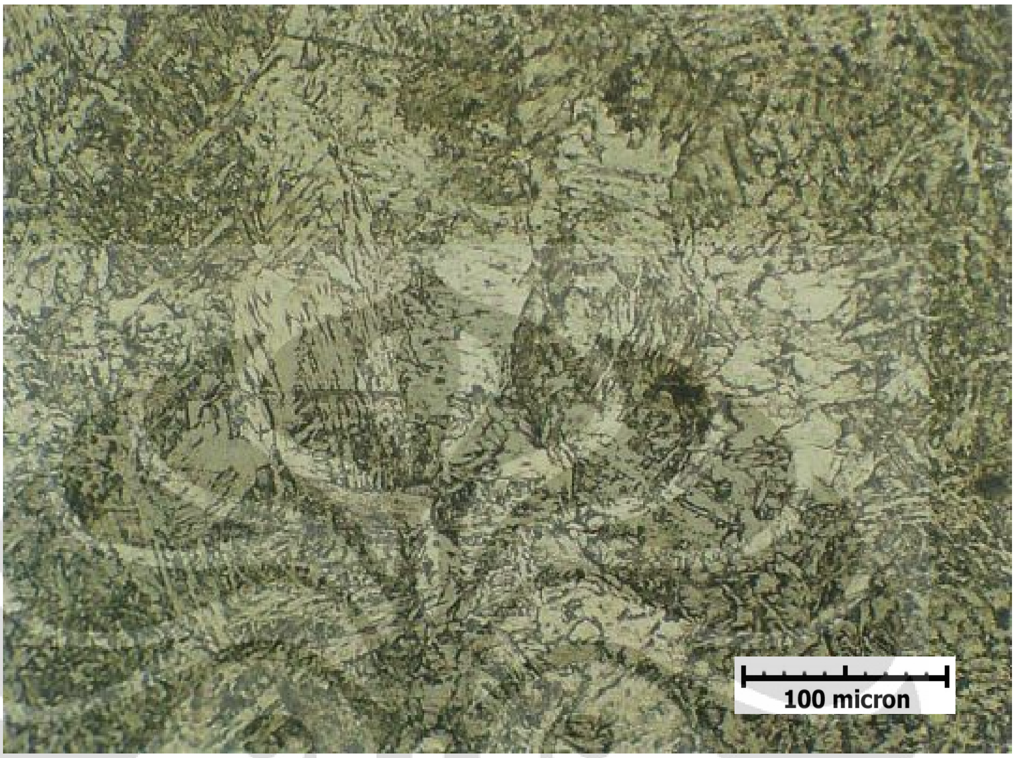
Gambar 4.14 Struktur Mikro Material HAZ *Adapter* Dengan *Preheating* 350^0C (Martensit Temper + Polygonal Ferit)



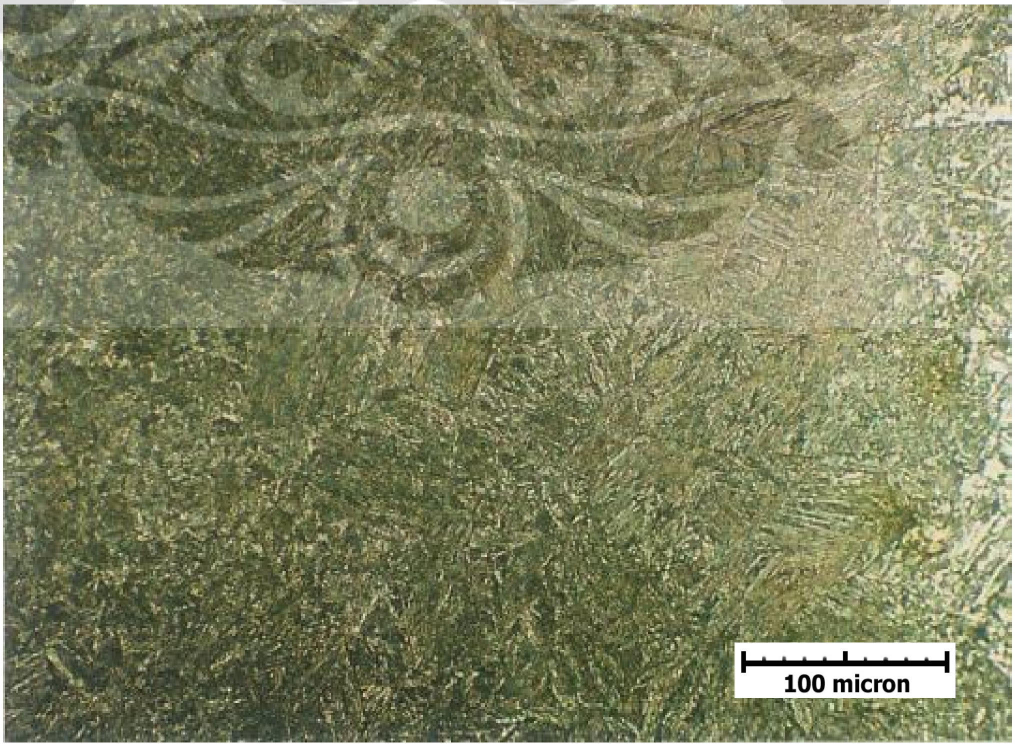
Gambar 4.15 Struktur Mikro Logam Las Tanpa *Preheating* (Ferit + Perlit)



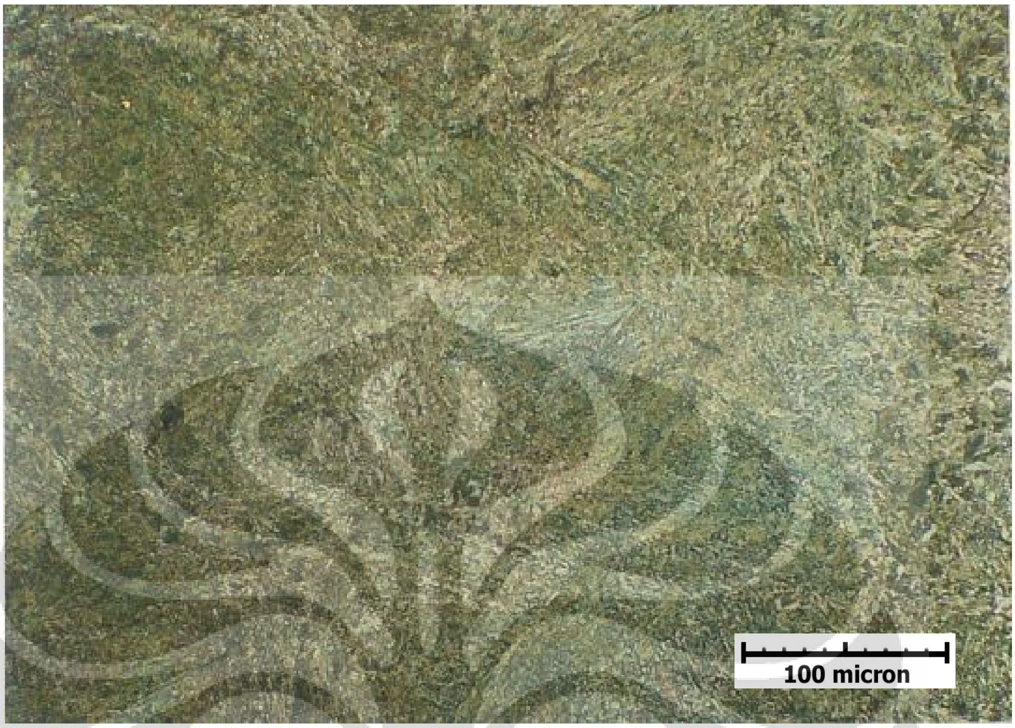
Gambar 4.16 Struktur Mikro Logam Las Dengan *Preheating* 150^0C (Ferit *Acicular* + Perlit)



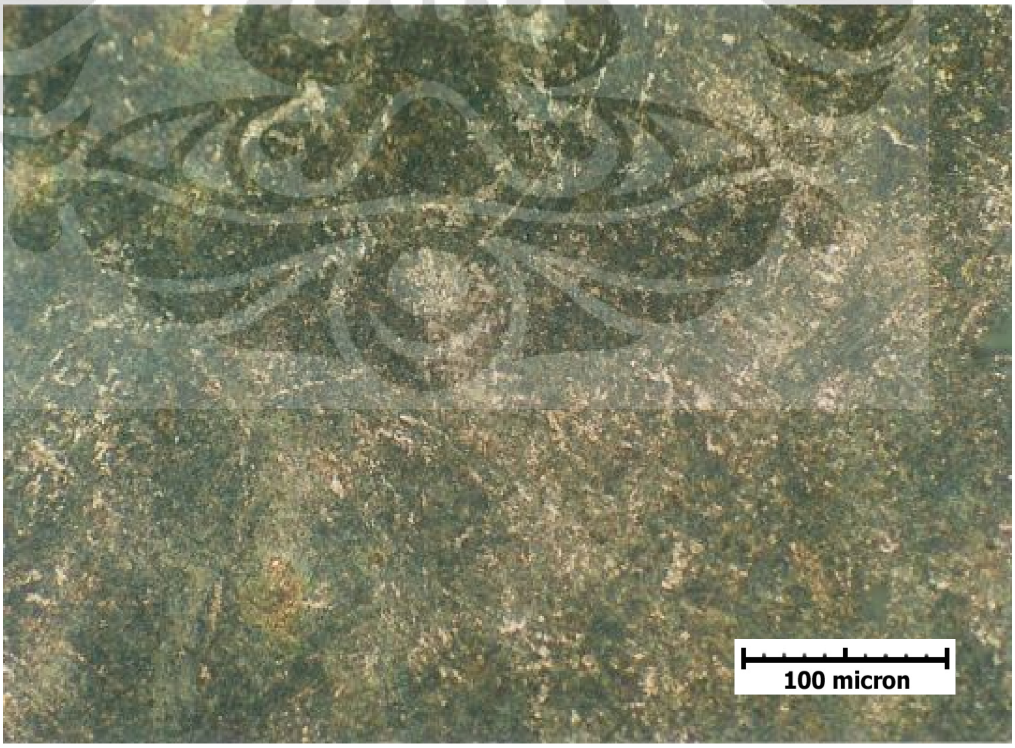
Gambar 4.17 Struktur Mikro Logam Las Dengan *Preheating* 350^{0}C (Ferit *Widmanstatten* + Perlit)



Gambar 4.18 Struktur Mikro Material HAZ Baja *Base Edge* Tanpa *Preheating* (Martensit Temper)

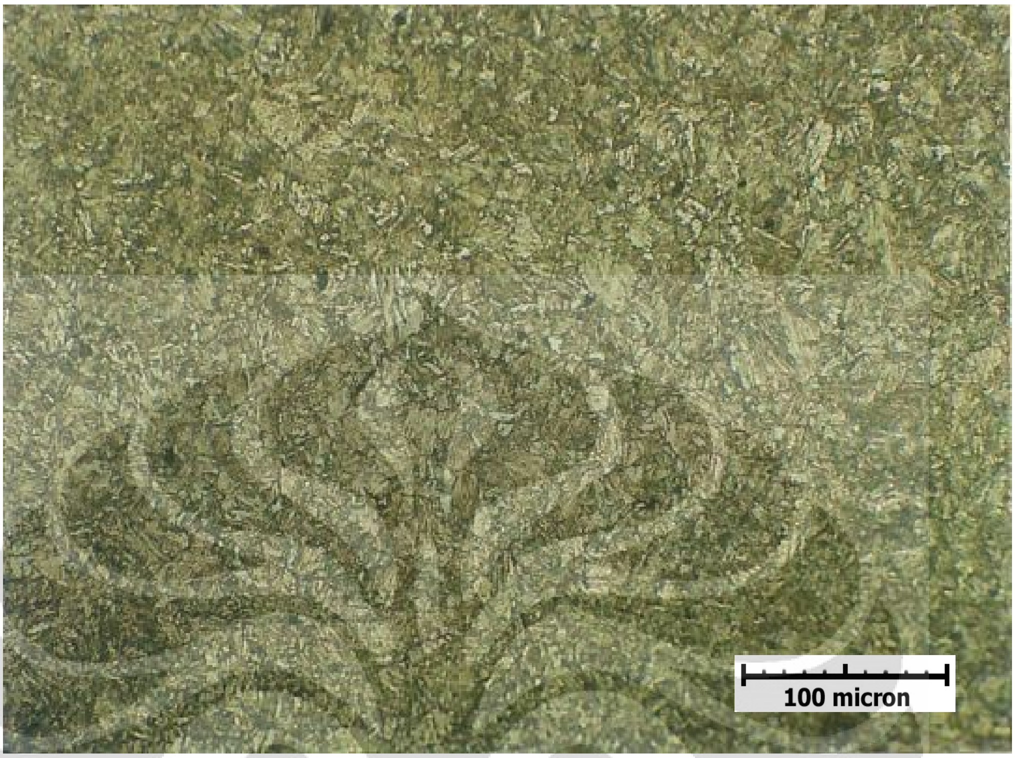


Gambar 4.19 Struktur Mikro HAZ Baja Dengan *Preheating* 150^{0}C (Martensit Temper Halus)



Gambar 4.20 Struktur Mikro HAZ Baja *Base Edge* Dengan *Preheating* 350^{0}C (Martensit Temper Kasar)

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011



Gambar 4.21 Struktur Mikro Material Baja *Base Edge* (Martensit Temper)

Struktur mikro logam dasar baja *adapter* dan baja *base edge* adalah martensit temper, dan memiliki nilai kekerasan tertinggi dibanding daerah HAZ dan logam las. Pada Gambar 4.16 terlihat struktur mikro logam las pada perlakuan *preheating* 150^{0}C adalah ferit acicular dan perlit. Nilai impak logam las dengan *preheating* 150^{0}C adalah yang terbesar dibandingkan dengan perlakuan panas yang lain. Struktur ferit *acicular* memiliki bentuk yang spesifik yaitu berbentuk *zig-zag*, bentuk inilah yang membuat struktur ini memiliki nilai ketangguhan yang baik. Sedangkan pada temperatur *preheating* 350^{0}C terlihat adanya struktur ferit *widmanstatten* yang lebih rentan terhadap perambatan retak.

Bila dilihat dari struktur mikro yang memiliki ketangguhan yang paling baik pada daerah HAZ material baja *adapter* adalah pada perlakuan tanpa *preheating,* karena struktur mikronya adalah yang paling halus dibanding yang lainnya. Pengaruh temperatur yang lebih rendah menunjukkan tidak terjadi pertumbuhan butir. Pada perlakuan temperatur *preheating* dengan temperatur 350^{0}C terlihat adanya *polygonal* ferit pada batas butir di daerah HAZ baja *adapter,* dimana *polygonal* ferit memiliki ketangguhan yang lebih rendah[34].

BAB V
KESIMPULAN

1. Retak las ditemukan pada permukaan logam las dengan perlakuan tanpa *preheating* yang disebabkan oleh hidrogen yang terperangkap dalam logam las. Baja a*dapter bucket excavator* memiliki mampu las buruk dan memerlukan perlakuan *preheating* sebelum dilakukan pengelasan.
2. Ketangguhan paling baik dari segi struktur mikro pada pengelasan baja *adapter bucket excavator* adalah pada perlakuan tanpa *preheating* dengan struktur mikro yang lebih halus dibandingkan dengan perlakuan *preheating* pada temperatur 150^0C dan *preheating* 350^0C.
3. *Preheating* 150^0C memiliki nilai impak terbesar pada logam lasnya sebesar 0.75 J/mm^2 karena memiliki struktur miro ferit *acicular* yang memiliki ketangguhan lebih baik dibanding struktur mikro pada perlakuan tanpa *preheating* dan *preheating* 350^0C.
4. HAZ pada temperatur *preheating* 350^0C memiliki ketangguhan paling rendah dibanding perlakuan tanpa *preheating* dan *preheating* 150^0C karena memiliki struktur mikro *polygonal ferrite* pada batas butirnya.
5. Struktur mikro logam las dengan temperatur *preheating* 350^0C memiliki ketangguhan paling rendah dibanding perlakuan tanpa *preheating* dan *preheating* 150^0C karena memiliki struktur mikro ferit *widmanstatten*.
6. Ketangguhan dengan perlakuan tanpa preheating lebih baik dibanding perlakuan preheat 150^0C dan 350^0C. Namun memiliki kecendrungan terjadinya retak logam las oleh karena itu p*reheating* dengan temperatur 150^0C merupakan temperatur yang optimal dalam melakukan pengelasan *adapter bucket excavator.*

Pengaruh preheating ..., Aktika Chandra, FT UI, 2011

DAFTAR PUSTAKA

1. Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie, *Teknologi Pengelasan Logam.* Jakarta, Pradnya Paramita, 1994.
2. Malcolm Blair, Thomas L. Stevens .*Steel Castings Handbook*, 6th Edition ASM International Editor, 1995.
3. *Instruction for Welding the "K Series" Adapters*, Caterpillar Manual Handbook.
4. R.Scott Funderburk. *Key Concepts in Welding Engineering*, Welding Innovation Vol.XIV, No.2, 1997
5. *K Series Weld Process Control,* Caterpillar Manual Welding Adapter .
6. American Society of Materials International, *ASM Handbook Vol.6: Welding Brazing and Soldering*, ASM International, United States of America. 1993.pp569
7. ANSI/AWS A5.18 *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding*. The American Welding Society, 1993.pp 26
8. ANSI/AWS A3.0 *Standard Welding Term and Definition.The American Welding Society*, 1994.pp 38
9. Andrew D.Althouse, Carl H.Turnquist ,*Welding Modern.* The goodheart-Willcox Publisher,1993.
10. John F Wallace, *A Review of Welding Cast Steels and its Effects on Fatigue and Toughness Properties*, Steel Founders Society of America. 1979.pp 24
11. ASME B31.8, *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*, 2003.pp 13
12. Winarto, *Pengelasan* . Diktat Kuliah , 2009
13. R.Scott Funderburk, *Taking Your Weld's Temperature***,** Modern Steel Construction, 2000
14. ASTM A217 *Standard Specification for Steel Casting,* ASTM International, 2010.pp 3

15. ANSI/AWS D1.1-04 *Structural Welding Code: Steel*. The American Welding Society, 2004.pp 222
16. ASME Section V, *Non Destructive Examination*, 2007
17. William D Callister, *Material Science and Engineering an Introduction*, New York, John Wiley & Son, 1997. Pp 155
18. Avner,S.H, *Introduction to Physical Metallurgy*, Mc.Graw-Hill,New York, 1964.
19. http://www.gordonengland.co.uk/hardness/brinell.htm (diunduh maret 2011)
20. American Society of Materials International, *ASM Handbook Vol.9: Metallography and Microstructures,* ASM International, United States of America, 2004.pp10
21. ASTM E3-01, *Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimen.* ASTM International, 2007.pp 3
22. American Society of Materials International, *ASM Welding and Brazing Vol 6*, 1993
23. J.A. FRANCIS, G.M.D. CANTIN, W. MAZUR and H.K.D.H. BHADESHIA: "Effects of Weld Preheat Temperature and Heat Input on Type IV Failure", *Science and Technology of Welding and Joining* , 2009.pp 436-442
24. Arianti, Myrna, *Teknik Pengamatan Strktur Mikro*", Hand Out. 2007
25. ANSI/AWS B4.0, *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds.* The American Welding Society, 1992.pp 9
26. ISO 9016. *Destructive Test in Metallic Materials*.2001.pp 3
27. ISO 15614, *Specification and Qualification of Welding Procedures for Metallic Materials* —Welding Procedure Test.2004.pp 14
28. ASME SA370 *Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Steel Product*.1996 .pp 665
29. ASTM E381, *Standard Method of Macroetch Testing Steel Bars, Billet, Bloom, and Forgings*.2001

30. American Society of Materials International, *ASM Handbook Vol.8:Mechanical Testing and Evaluation*, ASM International, United States of America. 2000,pp 1968

31. ASTM E 23, *Standard Test Method for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*,2007. Pp 2

32. ASTM A514 *Standard Specification for High-Yield-Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate*, Suitable for Welding1,2009

33. ASTM A217 *Standard Specification for Steel Casting*, 2010

34. http://www4.hcmut.edu.vn/~dantn/Weld%20pool/polyferrite.htm (diunduh juni 2011)

LAMPIRAN

Hasil Pengujian Komposisi Kimia Baja *Adapter*

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 7872350 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA
COMPOSITION TEST REPORT
Page 1 of 1

No Laporan / *Report Nr*	0170	**Bahan** / *Material*	Steel
Pemakai Jasa / *Custumer*	Atika Chandra	**Identitas Bahan** / *Material Identity*	Steel
Alamat / *Address*	Mahasiswa DTMM FTUI	**Tanggal Terima** / *Receiving Date*	16 Maret 2011
No Kontrak / *Contract Nr.*	0320/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** / *Standard*	ASTM E415-08 ASTM A751
Tanggal Uji / *Date of Test*	16 Maret 2011	**Mesin Uji** / *Testing machine*	Optical Emission Spectrometer[1]

Kode Sampel Sample Code	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)
Steel	0.190	0.541	1.03	0.011	<0.003[2]	1.05	0.248
	Ni (%)	**Cu (%)**	**Nb (%)**	**Ti (%)**	**V (%)**	**Pb (%)**	**Fe (%)**
	0.884	0.047	<0.002[2]	0.002	0.004	<0.025[2]	bal.

catatan :
1. ketidakpastian bentangan dengan tingkat kepercayaan 95% dengan factor cakupan K=2
2. (<) menunjukkan nilai berada di bawah *quantification limit* dari alat uji

Depok, 18 Maret 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

FF-25/ LU-DTMM Rev 2

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Mill Certificate Baja *Base Edge*

SSAB OXELÖSUND

Page 1 (1)

Inspection A02	Issuing department A05	Purchaser order no A07	Our order no A08	Certificate no and date A03
EN 10 204 - 3.1	Quality Inspection	PO3881	10104677	13067538 2010-08-27

Consignee A06	Product B01	Marking (Stamping) B06	Standard/rules OX B02
P.T.KRUPINDO LESTARI JL.PANGERAN JAYAKARTA NO.24/10 10730 JAKARTA Indonesia	Abrasion resistant steel plate	Steel grade, Trade mark, PLATE ID NO	Steel grade HARDOX 400

Dimensions [mm] B09-B1	Weight [kg] B12	PLATE ID NO B07	Deliv. Cond. B04	Internal code B16
T 30 W 2500 L 6000	3533	095044-491625	Q	20838

Purchaser A11	Customer marks B15
P.T.KRUPINDO LESTARI JL.PANGERAN JAYAKARTA NO.24/10	

Chemical composition C71-C92

Heat no	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B
095044	.12	.49	1.26	.008	.002	.67	.05	.025	.001

Carbon equivalent etc C93-C99

C04 Testtype	C00 Millcode	C01 Specimen position	C02 Direc-tion	B05 Treat-ment	C10 Specimen type	C03 Temp [degr	Test results
Hardness test (HBW)	135737	Tail end		Delivery condition			C32 Ave 406

OX	It is hereby certified that the material described above complies with the requirements of the order. Z01		This certificate is produced with EDP and valid without signature Quality Inspection Department/ I Ivarsson /H Brinting Z02	A04 HARDOX® WEAR PLATE www.hardox.com

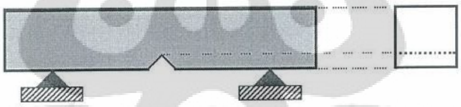
Hasil Uji Impak Baja *Adapter* Tanpa *Preheating*

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 1 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	1
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	Luas Penampang *Cross Section(mm²)*	Energy Impak *Impact Energy(Joule)*	Harga Impak *Impact Value (Joule/mm²)*	Keterangan *Remarks*
1	85.16	184	2.16	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak Baja *Adapter Preheating* 150^{0}C

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA

LABORATORIUM UJI

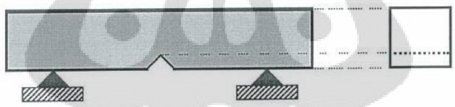
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 2 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	2
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm²)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm²)*	**Keterangan** *Remarks*
2	83.8	100	1.19	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak Baja *Adapter Preheating* 350^{0}C

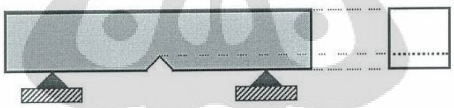
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 3 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	3
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	Luas Penampang *Cross Section(mm²)*	Energy Impak *Impact Energy(Joule)*	Harga Impak *Impact Value (Joule/mm²)*	Keterangan *Remarks*
3	85.11	34	0.4	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak HAZ Baja *Adapter* Tanpa *Preheating*

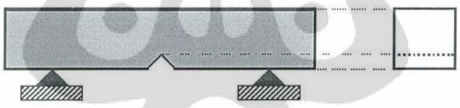
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 4 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	4
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm²)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm²)*	**Keterangan** *Remarks*
4	83.8	84	1.01	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak HAZ Baja *Adapter Preheating* 150^{0}C

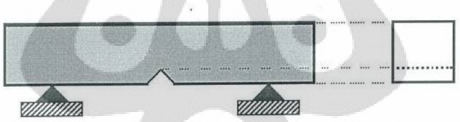
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT

Page 5 of 15

No Laporan / *Report Nr*	0537	**Bahan** / *Material*	Steel
Pemakai Jasa / *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** / *Material Identity*	5
Alamat / *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** / *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak / *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** / *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji / *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** / *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
5	83.13	218	2.62	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak HAZ Baja *Adapter Preheating* 350^0C

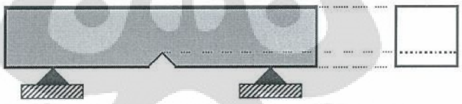
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 6of 15

No Laporan *Report Nr*	**0537**	**Bahan** *Material*	**Steel**
Pemakai Jasa *Customer*	**Aktika Chandra**	**Identitas Bahan** *Material Identity*	**6**
Alamat *Address*	**Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi**	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	**10 Mei 2011**
No Kontrak *Contract Nr.*	**0537/PT.02/FT04/P/2011**	**Standar** *Standard*	**ASTM E23-56T**
Tanggal Uji *Date of Test*	**13 Mei 2011**	**Mesin Uji** *Testing machine*	**Charpy Impact Testing Machine**

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
6	84.98	168	1.97	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

UNIVERSITAS INDONESIA FAKULTAS TEKNIK

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak Logam Las Tanpa *Preheating*

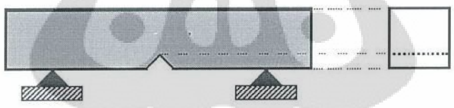
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 7 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	7
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	Luas Penampang *Cross Section(mm²)*	Energy Impak *Impact Energy(Joule)*	Harga Impak *Impact Value (Joule/mm²)*	Keterangan *Remarks*
7	83.27	82	0.98	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

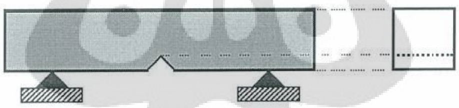
Hasil Uji Impak Logam Las Dengan *Preheating* 150^{0}C

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 8 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	8
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
8	85.09	64	0.75	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak Logam Las Dengan *Preheating* 350^0C

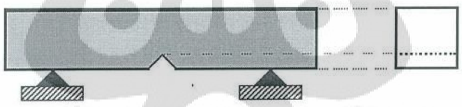
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 9 of 15

No Laporan *Report Nr*	**0537**	**Bahan** *Material*	**Steel**
Pemakai Jasa *Customer*	**Aktika Chandra**	**Identitas Bahan** *Material Identity*	**9**
Alamat *Address*	**Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi**	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	**10 Mei 2011**
No Kontrak *Contract Nr.*	**0537/PT.02/FT04/P/2011**	**Standar** *Standard*	**ASTM E23-56T**
Tanggal Uji *Date of Test*	**13 Mei 2011**	**Mesin Uji** *Testing machine*	**Charpy Impact Testing Machine**

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
9	83,33	78	0.94	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

UNIVERSITAS INDONESIA FAKULTAS TEKNIK DEPT. TEKNIK METALURGI & MATERIAL

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak HAZ Baja Base Edge Tanpa *Preheating*

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA

LABORATORIUM UJI

DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

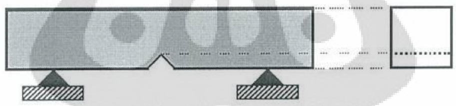
LAPORAN PENGUJIAN IMPAK

IMPACT TEST REPORT

Page 10 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	10
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm²)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm²)*	**Keterangan** *Remarks*
10	82.34	222	2.69	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak HAZ Baja Base Edge Dengan *Preheating* 150^0C

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 11 of 15

No Laporan *Report Nr*	**0537**	**Bahan** *Material*	**Steel**
Pemakai Jasa *Customer*	**Aktika Chandra**	**Identitas Bahan** *Material Identity*	**11**
Alamat *Address*	**Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi**	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	**10 Mei 2011**
No Kontrak *Contract Nr.*	**0537/PT.02/FT04/P/2011**	**Standar** *Standard*	**ASTM E23-56T**
Tanggal Uji *Date of Test*	**13 Mei 2011**	**Mesin Uji** *Testing machine*	**Charpy Impact Testing Machine**

Sketsa Sampel
Sample Figure

Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
11	82.27	272	3.31	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

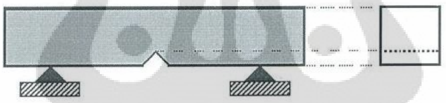
Hasil Uji Impak HAZ Baja Base Edge Dengan *Preheating* 350^0C

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 12 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	12
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
12	83.2	56	0.67	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

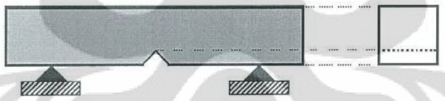
Hasil Uji Impak Baja Base Edge Tanpa *Preheating*

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 13 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	13
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
13	84.81	52	0.61	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak Baja Base Edge Dengan *Preheating* 150^0C

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA

LABORATORIUM UJI

DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA

Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

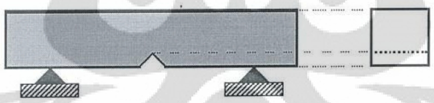
LAPORAN PENGUJIAN IMPAK

IMPACT TEST REPORT

Page 14 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	14
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
14	86.51	76	0.88	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Hasil Uji Impak Baja Base Edge Dengan *Preheating* 350^{0}C

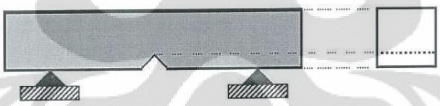
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888 111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN IMPAK
IMPACT TEST REPORT
Page 15 of 15

No Laporan *Report Nr*	0537	**Bahan** *Material*	Steel
Pemakai Jasa *Customer*	Aktika Chandra	**Identitas Bahan** *Material Identity*	15
Alamat *Address*	Jl. Perjuangan No. 26 - Bekasi	**Tanggal Terima** *Receiving Date*	10 Mei 2011
No Kontrak *Contract Nr.*	0537/PT.02/FT04/P/2011	**Standar** *Standard*	ASTM E23-56T
Tanggal Uji *Date of Test*	13 Mei 2011	**Mesin Uji** *Testing machine*	Charpy Impact Testing Machine

Sketsa Sampel
Sample Figure



Kode Sampel *Sample Code*	**Luas Penampang** *Cross Section(mm^2)*	**Energy Impak** *Impact Energy(Joule)*	**Harga Impak** *Impact Value (Joule/mm^2)*	**Keterangan** *Remarks*
15	83.56	228	2.73	Room Temperature

Depok, 18 Mei 2011
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material

(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM

Foto persiapan sampel, peralatan, bahan dan parameter las