TUGAS AKHIR – TM 145502

PENGARUH VARIASI HEAT INPUT TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PROSES PEMOTONGAN BAHAN BAJA KARBON RENDAH SS400 DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA GOUGING 3.2 MM METODE LAS SMAW

WILLY YOGA
NRP.10211500000078

Dosen Pembimbing
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
19580915 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

FINAL PROJECT – TM 145502

INFLUENCE VARIATION HEAT INPUT ON SURFACE ROUGHNESS TEST AND THE WIDTH HAZ OF THE CUTTING PROCESS OF THE MATERIAL STEEL OF LOW CARBONS SS400 USING ELECTRODE 3.2 MM GOUGING SMAW WELDING METHODS

WILLY YOGA
NRP.10211500000078

Counsellor Lecturer
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
19580915 198701 1 001

DIPLOME III MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI HEAT INPUT TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PROSES PEMOTONGAN BAHAN BAJA KARBON RENDAH SS400 DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA GOUGING 3.2 MM METODE LAS SMAW

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya
pada
Bidang Studi Manufaktur
Program Studi Diploma III
Jurusan Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
WILLY YOGA
NRP. 102115 00000 078

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing

Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
NIP. 19580915 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2018

Scanned with CamScanner

PENGARUH VARIASI HEAT INPUT TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PROSES PEMOTONGAN BAHAN BAJA KARBON RENDAH SS400 DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA GOUGING 3.2 MM METODE LAS SMAW

Nama Mahasiswa : Willy Yoga
NRP : 10211500000078
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi
Dosen Pembimbing : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT

Abstrak

Pemotongan dalam dunia pengelasan saat ini sangat banyak digunakan. pada pengerjaan konstruksi pada baja ataupun konstruksi pada mesin untuk menghemat biaya dan waktu proses pemotongan bisa menggunakan elektroda gouging. Dalam proses pemotongan menggunakan elektroda gouging ini untuk mendapatkan hasil potongan yang baik dapat ditinjau sesuai dengan parameter pemotongan.

Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan adalah pemotongan dengan variasi arus yang berbeda yaitu 150 amphere, 165 amphere, 180 amphere. Pemotongan dilakukan dengan metode SWAW (Shield Metal Arc Welding) pada bahan plat baja karbon rendah SS400 dengan elektroda gouging diameter 3.2 mm . Kemudian diuji menggunkan uji makro etsa dan uji kekasaran permukaan.

Dari hasil penelitian didapatkan lebar haz yang paling sempit pada heat input 6041.958 J/mm (arus 180 A) dan nilai haz yang paling lebar terdapat pada heat input sebesar 6629.834 J/mm (arus 150A) dan nilai kekasaran Permukaan yang paling halus terdapat pada 6629.834 J/mm (150A).

Kata kunci :Pemotongan, elektroda gouging, SMAW, variasi arus, , makro etsa, kekasaran permukaan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

INFLUENCE VARIATION HEAT INPUT ON SURFACE ROUGHNESS TEST AND THE WIDTH HAZ OF THE CUTTING PROCESS OF THE MATERIAL STEEL OF LOW CARBONS SS400 USING ELECTRODE 3.2 MM GOUGING SMAW WELDING METHODS

Name	**: Willy Yoga**
NRP	**: 102115 00000 078**
Major	**: Department of Mechanical Engineering Industry Facuty of Vocation**
Counsellor Lecturer	**: Ir. Gathot Dwi Winarto, MT**

Abstract

Cutting in the world of welding current is very widely used. on the construction work on steel or construction on the machine to save cost and time of cutting process can use electrodes gouging. In the process of cutting using this gouging electrode to get the pieces that can be reviewed, namely in accordance with the parameters of the cutting.

In this research, the variable that used in this research is difference electrical current used on SMAW (Shield Metal Arc Welding) cutting process. The electrical current variations are 150 amphere, 165 amphere, 180 amphere. The cutting is done on low carbon steel material with gouging electrodes 3.2 mm diameter, then tested using macro etching and surface roughness.

Of research results obtained by the most narrow haz width on heat input 6041,958 J/mm (the current 180 A) and the values of the most there are wide haz on heat input of 6,629,834 J/mm (current of 150A) and Surface Roughness test results the most subtle is present on 6,629,834 J/mm (150A)

Keywords: Cutting, gouging electrode, SMAW, current variation, Metallography, Roughness.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Penelitian yang berjudul :

"**PENGARUH VARIASI HEAT INPUT TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PROSES PEMOTONGAN BAHAN BAJA KARBON RENDAH SS400 DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA GOUGING 3.2 MM METODE LAS SMAW**"

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Program Studi Depatemen Teknik Mesin Industri untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto,MT**. selaku dosen pembimbing dan dosen wali yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Penelitian ini.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** selaku kepala Departemen Teknik Mesin Industri.
3. **Bapak Ir. Suhariyanto, MSc** selaku koordinator Penelitian Departemen Teknik Mesin Industri.
4. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
5. Orang tua tercinta **Bapak Hariyanto** dan **Ibu Suparini** yang selalu memberikan doa, semangat dan nasehat ,serta dukungan dalam bentuk apapun.

6. **Bapak Basuki** dan **Ibu Suharni** selaku orangtua wali saya selama di Surabaya yang selalu memberikan dukungan dan nasihat kepada penulis
7. **Bapak Supriyanto** selaku keluarga besar yang telah memberikan kesempatan penulis menggunakan tempat kerja untuk melakukan praktikum pengelasan.
8. Tim penguji Spetra Megah Semesta yang telah membantu pengujian dan memberi masukan untuk penelitian
9. **Abri Denny N** selaku partner penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman-teman **D3MITS 2015** yang telah membantu dan menyemangati penulis, dan teman - teman satu dosen pembimbing yang selalu membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat membantu dan mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan Departemen Teknik Mesin Industri.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN.....iii
ABSTRAK.....iv
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI.....x
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL.....xviii

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah.....3
1.4 Tujuan.....3
1.5 Manfaat.....3
1.6 Sistematika Penulisan.....4

BAB II DASAR TEORI
2.1 Tinjauan pustaka.....5
2.2 Baja Karbon.....6
2.2.1 Baja Karbon Rendah 6
2.2.2 Struktur Mikro.....7
2.3 Material SS400 Mild Steal 8
2.4 Arc Gouging.....10
2.4.1 Pemotongan.....11
2.4.2 Manual Gouging Tourches.....12
2.4.3 Elektroda Gouging 13
2.4.4 Perbedaan Gouging dan Welding 13
2.5 Shield Metal Arc Welding (SMAW).....14
2.5.1 Polaritas AC 15
2.5.2 Polaritas DC 15
2.6 Parameter Proses Gouging 16
2.6.1 Tegangan Busur.....16
2.6.2 Besar Arus 16
2.6.3 Kecepatan 17

2.7 Posisi Pemotongan 17
2.8 HAZ (Heat Affacted Zone) 18
2.8.1 Siklus Thermal 19
2.9 Heat input 21
2.10 Kekasaran permukan 22
2.10.1 Penyimpangan Rata – rata Aritmatika dari Garis Rata - Rata Profil 22
2.10.2 Ketidak rataan Ketinggian Sepuluh Titi Rz 23
2.10.3 Ketidak rataan ketinggian Rmax 24
2.11 Metalografi 25
2.11.1 Uji Makro Etsa 26

BAB III DASAR TEORI

3.1 Flow Chart Penelitian 27
3.2 Waktu Penelitian 29
3.3 Tempat 29
3.4 Langkah Kerja 29
3.4.1 Studi Literatur 31
3.4.2 Persiapan Material dan Alat 32
3.4.3 Proses Pemotongan Gouging 34
3.4.4 Persiapan Proses Pemotongan 34
3.5 Pengujian Benda Kerja 36
3.5.1 Pengujian Metalografi 36
3.5.2 Pengujian Nilai Kekasaran 40
3.5.2.1 Langkah – langkah Proses Pengujian 42
3.5.2.2 Langkah – langkah Proses Pengukuran lebar HAZ 43

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Pemotongan 45
4.2 Analisa Hasil Uji Kekasaran 47
4.2.1 Analisa Hasil Kekasaran Permukaan 48
4.3 Analisa Nilai Hasil Uji Kekasaran 50
4.3.1 Pembahasan Hasil Uji Kekasaran 52

4.4 Makro Etsa 53
4.4.1 Analisa Pembahasan Nilai Hasil Lebar HAZ.....64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan.....67
5.2 Saran.....67

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
BIODATA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram kesetimbangan F_e-F_e3C 8
Gambar 2.2 Pemotongan dengan elektroda gouging. 11
Gambar 2.3 Sudut pemotongan dengan elektroda gouging. 12
Gambar 2.4 *Manual tourch gouging*..... 12
Gambar 2.5 Horizontal Position Gouging..... 17
Gambar 2.6 Vertical Position Gouging 17
Gambar 2.7 Overhad Position Gouging..... 18
Gambar 2.8 *Heat Affacted Zone (HAZ)*..... 18
Gambar 2.9 Siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah *HAZ (Heat Affected Zone)* 20
Gambar 2.10 Siklus termal disekitar pemotongan dengan kondisi pemotongan yang berbeda 20
Gambar 2.11 Penyimpangan rata-rata aritmetik R_a dari garis rata-rata profil..... 23
Gambar 2.12 Ketinggian Sepuluh titik R_a dari ketidak rataan 24
Gambar 2.13 Ketinggian maksimum R_{max} dari Ketidak rataan 24
Gambar 3.1 Flow chart diagram..... 28
Gambar 3.2 Dimensi material 29
Gambar 3.3 Material sebelum dipotong..... 30
Gambar 3.4 Arah pemotongan 30
Gambar 3.5 Proses pemotongan..... 31
Gambar 3.6 Plat mild steal 32
Gambar 3.7 Tang ampere 32
Gambar 3.8 Kawat las gouging 3.2 mm..... 33
Gambar 3.9 *Torch elektroda gouging manual* 33
Gambar 3.10 Mesin las SMAW DC 150A..... 34
Gambar 3.11 Mesin las SMAW DC 165A..... 35
Gambar 3.12 Mesin las SMAW DC 180A..... 35
Gambar 3.13 Hasil potongan..... 36
Gambar 3.14 Material sebelum dietsa 38
Gambar 3.15 Larutan etsa 38
Gambar 3.16 Alat dan bahan untuk proses etsa 38
Gambar 3.17 Proses pengetsaan..... 39

Gambar 3.18 Kertas gosok 39
Gambar 3.19 Autosol 39
Gambar 3.20 Material setelah diuji etsa 40
Gambar 3.21 Alat uji kekasaran *TR1000/1001* 41
Gambar 3.22 Komponen Alat Uji Kekasaran..... 41
Gambar 3.23 Proses uji kekesaran 42
Gambar 4.1 Sketch Hasil pemotongan material 46
Gambar 4.2 Sketch potongan titik uji untuk kekasaran..... 47
Gambar 4.3 Grafik nilai kekasaran 150 A..... 49
Gambar 4.4 Grafik nilai kekasaran 165 A..... 49
Gambar 4.5 Grafik nilai kekasaran 180 A 50
Gambar 4.6 Sket material untuk uji makro etsa 53
Gambar 4.7 Material sebelum uji makro etsa..... 53
Gambar 4.8 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 150 pada spesimen A..... 54
Gambar 4.9 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 150 pada spesimen B 54
Gambar 4.10 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 150 pada awalan spesimen C..... 54
Gambar 4.11 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 165 spesimen A 55
Gambar 4.12 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 165 spesimen B..... 55
Gambar 4.13 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 165 spesimen C..... 55
Gambar 4.14 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 180 spesimen A 56
Gambar 4.15 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 180 spesimen A 56
Gambar 4.16 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan amphere 180 spesimen A 56
Gambar 4.17 Grafik lebar HAZ 150 A bagian kiri 59
Gambar 4.18 Grafik lebar HAZ 150 A bagian kanan 60
Gambar 4.19 Grafik lebar HAZ 165 A bagian kiri 60
Gambar 4.20 Grafik lebar HAZ 165 A bagian kanan 61
Gambar 4.21 Grafik lebar HAZ 180 A bagian kiri 61
Gambar 4.22 Grafik lebar HAZ 180 A bagian kanan 62

Gambar 4.23 Grafik rata – rata lebar HAZ potongan kedua bagian kiri..... 63
Gambar 4.24 Grafik rata – rata lebar HAZ potongan kedua bagian kanan..... 63

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi baja karbon.....	6
Tabel 2.2	*ASTM MS Plates Mechanical Physical properties:*	9
Tabel 2.3	*Nilai Chemical Composition*	9
Tabel 2.4	*Plate Equivalent Grades*	10
Tabel 2.5	Klasifikasi elektroda gouging.....	13
Tabel 2.6	Perbedaan gouging dan welding.....	14
Tabel 2.7	Effisiensi perpindahan panas.....	21
Tabel 3.1	Logam induk dan pengisi.	30
Tabel 3.2	Parameter pemotongan.	31
Tabel 4.1	Data primer pemotongan.	45
Tabel 4.2	Logam induk elektroda gouging	46
Tabel 4.3	*Heat input*.....	46
Tabel 4.4	Nilai kekasaran permukaan variasi arus.....	48
Tabel 4.5	HAZ pada material setelah pemotongan.	57
Tabel 4.6	Rangkuman hasil pengujian.	65

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Seiring dengan berjalan nya waktu perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang terbukti dengan banyak ditemukan nya peralatan dan teknologi yang jauh lebih baik dan lebih maju dari masa sebelum nya. Berbagai macam ilmu pengetahuan banyak menunjang ditemukan nya penemuan – penemuan baru diberbagai bidang khusunya bidang teknologi tidak terkecuali dalam bidang pengelasan itu sendiri.

Dunia pengelasan sendiri cakupan nya cukup luas dimana pada awal nya hanya teknik penyambungan logam dengan logam dengan kualitas produk yang dapat diandalkan dipasaran seiring berjalan nya waktu dunia pengelasan tidak hanya mempermasalahkan penyambungan logam antar logam tetapi juga bisa digunakan untuk memotong.

Dalam melakukan proses pengelasan parameter – parameter dalam pengelasan juga sangat menentukan hasil dari pengelasan tersebut jenis elektroda, posisi pengelasan peralatan, dan arus yang digunakan harus sesuai dengan fungsi dari pengelasan tersebut. Karena dunia pengelasan tidak hanya mencakup konstruksi melaikan untuk reparasi maka pengelasan harus memperhatikan kondisi sekeliling dan parameter – parameter guna mencapai hasil yang diinginkan.

Pemotongan dalam dunia pengelasan saat ini sangat banyak metode pemtongan ada yang menggunakan pemotongan menggunakan bahan bakar gas dan ada yang menggunakan elektroda. Elektroda yang digunakan untuk melakukan proses pemotongan sediri ada dua jenis yaitu elektroda gouging dan elektroda karbon gouging yang membedakan antara elektroda gouging dengan elektroda karbon gouging adalah pada tourch nya dimana pada elektroda karbon gouging harus menggunakan bantuan kompresor untuk melelehkan kawat las karena flux pembungkus pada elektroda carbon guoging terbungkus oleh tembaga sedangkan

untuk elektroda guoging biasa tidak memerlukan bantuan kompresor untuk melelehkan kawat las nya karena flux nya tidak dilapisi dengan tembaga.

Untuk menghemat waktu dan biaya produksi pada pengerjaan konstruksi pada baja ataupun konstruksi pada mesin untuk proses pemotongan bisa menggunakan elektroda gouging, salah satu parameter dari pemotongan adalah besar nya nilai arus dengan mengetahui besar nya nilai arus yang baik untuk digunakan maka akan mempengaruhi hasil potongan karena arus yang tidak sesuai terlalu besar ataupun terlalu kecil dapat mengakibatkan hasil yang tidak diiginkan. Oleh karena itu besar nya nilai arus yang baik perlu diteliti lebih lanjut dengan menggunakan material mild steal dengan variasi nilai arus yang berbeda – beda.

1.2 Rumusan Masalah

Dari hasil penelitian dan berdasarkan Judul tersebut maka didapatkan rumusan masalah yang dapat dikaji adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka didapatkan nilai amphere yang berbeda – beda dari 3 benda kerja yang berbeda. Pada nilai amphere berapakah untuk mendapatkan hasil pemotongan yang terbaik pada baja karbon dengan menggunakan elektroda gouging dengan diameter 3,2 mm
2. Bagaimana hasil dari pengujian foto makro yang didapat dari percobaan pada baja karbon rendah dengan menggunakan elektroda gouging diameter 3,2 mm yang telah dilakukan pemotongan dengan metode gouging dengan menggunakan variasi arus yang berbeda – beda pada setiap pemotongan.
3. Berapa hasil dari nilai kekasaran yang didapat terhalus dan terekasar dari masing – masing material yang telah dilakukan pemotongan menggunakan elektroda gouging dengan variasi arus yang berbeda dari setiap proses pemotongan

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan ukuran 250 mm x 300 mm dengan tebal 10mm
2. Menggunakan proses SMAW (shield Metal Arc Welding) untuk melakukan pemotongan
3. Jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda gouging dengan diameter 3,2 mm
4. Menggunakan arus yang berbeda beda pada setiap pemotongan
5. Pengujian yang dilakukan adalah foto makro dan pengujian kekerasan permukaan

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai arus yang terbaik pada setiap hasil pemotongan yang menggunakan variasi arus berbeda
2. Untuk mengetahui perbandingan stuktur makro dari masing – masing pemotongan baja karbon rendah dengan menggunakan pengujian foto makro.
3. Untuk mengetehui nilai kekerasan dari masing – masing pemotongan pada baja karbon rendah dengan menggunakan pengujian kekerasan

1.5 Manfaat

Melalui penelitian ini, mengharapkan manfaat yang didapat pada dunia pendidikan khusus nya dibidang pengelasan dengan mengaplikasikan ilmu yang didapat selama diakademis untuk menghadapi suatu permasalahan pengelasan tentang pengaruh variasi arus yang berbeda pada pengelasan smaw menggunakan metode gouging untuk proses cutting pada material baja karbon rendah menggunakan elektroda

diameter 3,2 mm dengan pengujian foto makro dan pengujian kekerasan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun supaya dapat memberikan gambaran dan penjelasan mengenai masing – masing bagian dari tugas akhir, sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematikan penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk mencapai tujuan tugas akhir ini

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi alat dan bahan, serta langkah – langkah proses pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Membahas tentang hasil pengujian diantara nya adalah pengujian makro dengan menggunakan foto makro dan pengujian kekasaran permukaan dengan roughnes test

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisa dan saran – saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II
DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada kajian pustaka penelitian ini dibahas penelitian sebelum nya. Kajian pustaka yang saya ambil memiliki beberapakesamaan dengan penelitian sebelum nya.

Kajian pustaka yang pertama yang ditulis oleh Abadi pada tahun 2013. Pengaruh sudut potong pembuatan bevel dengan proses cutting Oxy – Acetylene baja karbon rendah dilihat dari kekasaran permukaan. Disimpulkan bahwa nilai kekasaran meningkat searah dengan peningkatan besar nya variasi sudut bevel dan variasi sudut potong.

Kajian pustaka yang kedua ditulis oleh Wibowo pada tahun 2016. Analisa heat input pengelasan terhadap distorsi, struktur mikro dan kekuatan mekanisme baja A36. Didapatkan perhitungan masukan panas (heat input) yang digunakan.

Dari kajian diatas dapat diketahui bahwa parameter pada pemotongan sangat penting untuk melakukan proses pengelasan maupun proses pemotongan , sehingga dalam penelitan ini dilakukan proses pemotongan menggunakan elektroda gouging dengan menggunakan elektoda diameter 3.2 mm dan menggunakan mesin las *SMAW*. Dengan menggunakan variasi arus yang berbeda yaitu 150 amphere,165 amphere dan 180 amphere penentuan arus tersebut dikarenakan arus yang digunakan pada elektroda gouging yang dianjurkan yaitu 150 amphere – 200 amphere. Dan dalam penggunaan nya pemotongan menggunakan las menggunakan elektroda jauh lebih mudah dilihat dari peralatan yang digunankan sehingga biaya yang dikeluarkan jauh lebih sedikit

2.2 Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan antara besi dan karbon sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada jumlah kadar karbon yang dimilikinya, jika kadar karbon naik maka kekuatan dan kekerasan nya juga akan bertambah tinggi tetapi nilai perpanjangan nya akan menurun. Baja karbin rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung 0,3 – 0,45% karbon, dan baja karbon tinggi berisi karbon 0,45 – 1,70% kabon. Oleh karena itu baja karbon diklasifikasikan berdasarkan banyak nya jumlah kadar karbon yang terkadung pada masing – masing baja tersebut.

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon

Jenis	Kadar Karbon (%)	Kek. Luluh (kg/mm^2)	Kek. Tarik (kg/mm^2)	Kek. Brinel	Penggunaan
Baja Karbon rendah:					
Baja Lunak Khusus	0,08	18-28	32-36	95-100	Pelat Tipis
Baja Sangat Lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	80-120	Batang, Kawat
Baja Lunak	0,12-0,2	22-30	38-48	100-130	Konstruksi
Baja Setengah Lunak	0,2-0,3	24-36	44-45	112-145	Umum
Baja Karbon Sedang	0,3-0,5	30-40	50-60	140-170	Alat-Alat Mesin
Baja Karbon Tinggi:					
Baja Keras	0,5-0,6	34-46	58-70	160-200	Perkakas
Baja Sangat Keras	0,6-0,8	36-47	36-47	180-235	Rel, Pegas, Kawat Piano

2.2.1 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah atau yang biasa sering disebut juga baja karbon lunak banyak digunakan untuk konstruksi umum baja karbon ini dibagi lagi dalam baja kill, baja semi kil, dan baja rim dimana penamaan nya berdasarkan atas persyaratan deoksidasi.

Faktor – faktor yang mempengaruhi mampu las pada baja karbon rendah adalah kekuatan takik dan kepekaan terhadap mampu las. Kekuatan takik pada baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon C dan menaikan kadar mangan Mn. Suhu

transisi dari kekuatan takik menjadi turun dengan naik nya harga perbandingan Mn/C.

Dalam proses pengelesan nya sendiri baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan sesuai dengan standar nya, dan hasilnya akan baik bila persiapan nya sempurna dan hasil nya terpenuhi. Pada kenyataan nya baja karbon rendah merupakan baja yang mudah dilas. Retak las mungkin terjadi pada pengelasan pelat tebal tetapi dapat dihindari dengan pemanasan mula atau dengan menggunakan elekroda hidrogen rendah.

2.2.2 Strukrur Mikro

Pada baja karbon rendah memiliki struktur mikro yang terdiri dari sementit, ferrit, pearlit, austenit.

- Sementit

  Sementit adalah senyawa Fe + C $\longrightarrow$ Fe_3C (karbida besi) yang merupakan senyawa dengan kadar karbon 6,67%, bersifat sangat keras (±650 BHN), getas, dan kekuatan sangat rendah (±350 kg/cm^2). Oleh karena itu semakin banyak sementit maka baja karbon rendah semakin keras.

- Ferit

  Ferit (Feα) yaitu larutan padat dengan prosentase karbon 0,008% C pada suhu kamar dan kelarutan 0,025% C pada suhu 723°C. Ferit bersifat lunak dan keuletan nya tinggi.

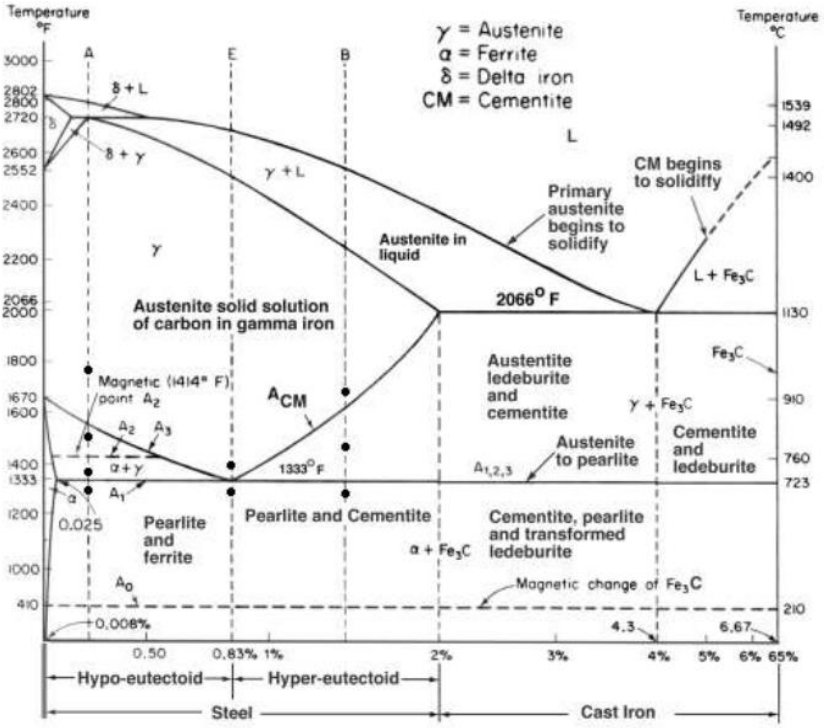
- Pearlit

  Pearlit adalah eutektoid mixture dari sementit dan ferit pada karbon 0,8%. Dan struktur mikronya berlapis – lapis antara ferit dan sementit. Oleh karena itu sifat perlit adalah gabungan antara sifat ferit dan sementit yaitu agak keras dengan keuletan yang tinggi

- Austenit

  Austenit adalah larutan padat karbon pada besi γ. Kekuatan tarik 1050 kg/cm^2, kekerasan 40 Rc,

ketangguhan nya tinggi biasa tidak stabil pada temperatur kamar.



Gambar 2.1 Diagram kesetimbangan F_e-F_e3C

2.3 Material SS400 Mild Steal

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material baja karbon rendah (Mild Steal) SS400. Utntuk komposisi kimia dan sifat mekanik nya dapat dilihat pada data dibawah ini :

Specifications: ASTM / ASME

Standard **:** AISI, ASTM, BS, DIN, GB, JIS

Thickness **:** 6MM to 300MM,

Specialize **:** Shim Sheet, Perforated Sheet, B. Q. Profile.

Length **:** 3000mm to 15000mm

Form **:** Coils, Foils, Rolls, Plain Sheet, Shim Sheet, Perforated Sheet, Chequered Plate, Strip, Flats, Blank (Circle), Ring (Flange)

Finish **:** Hot rolled plate (HR), Cold rolled sheet (CR), 2B, 2D, BA NO(8), SATIN (Met with Plastic Coated)

Hardness **:** Soft, Hard, Half Hard, Quarter Hard, Spring Hard etc.

Grade **:** MS SS400

Tabel 2.2 *ASTM MS Plates Mechanical Physical properties:*

Grade	**Yield Strength min. (Mpa)**		**Tensile Strength (Mpa)**	**Elongation min. %**			**ImpactResistancemin.[J]**
	Thickness ＜16mm	Thickness ≥16mm		Thickness ＜5mm	Thickness 5-16mm	Thickness ≥16mm	
SS400	245	235	400-510	21	17	21	–

Tabel 2.3 *Nilai Chemical Composition*

Grade		**Fe**	**Si**	**C**	**S**	**P**
SS400	min.	99.25	–	–	–	–

	max.	100	0.4	0.26	0.050	0.040

Tabel 2.4 *Plate Equivalent Grades*

STANDARD	WERKSTOFF NR.	UNS
MS SS400	St37-2	SS400

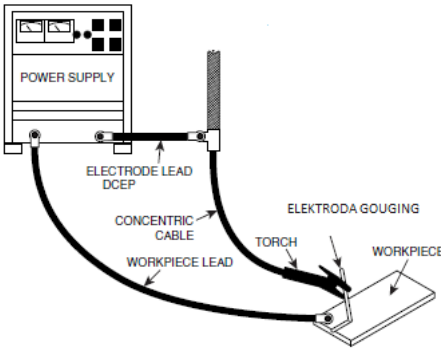
Mild Steel SS400 Plates	MS SS400 plates
Mild Steel SS400 Plates	MS ASTM Plates Exporter
Mild Steel SS400 Chequered Plate	ASTM MS Plates Supplier
DIN St37-2 MS Diamond Chequered Plate	SS400 MS Plates Manufacturers
UNS SS400 MS Plate Stockholder	Cold Rolled Mild Steel SS400 Plates
SS400 Mild Steel Plate 2B Finish Dealer	SS400 #4 Finish Mild Steel Plates
Cut to Size Mild Steel SS400 Plates	Hot Rolled Mild Steel SS400 Plates
Mild Steel SS400 CR Plates Stockist	Mild Steel SS400 HR Plates Dealer
Leading Manufacturer Of Mild Steel SS400 Plates	ASTM High Quality MS Plates,
ASTM MS Plates Distributors	SS400 Mild Steel Plates Exporter

2.4 *Arc gouging*

Gouging adalah metode yang digunakan untuk mencairkan atau menyalurkan logam dalam alur yang sempit. Gouging atau pemotongan terjadi ketika panas intens pada

busur atau kawat las antara busur elektroda karbon dan benda kerja meleleh secara bersamaan pada material atau bagian dari benda kerja.

Pada proses pemotongan yang mana menggunakan kawat gouging tidak memerlukan oksidasi untuk mempertahankan pemotongan, sehingga dapat mencongkel atau memotong logam las yang proses OFC (oxy fuel) tidak bisa lakukan. Sebagian besar jenis logam dapat dipotong menggunakan metode pemotongan gouging ini diantara nya: baja karbon, Stainless steel, baja paduan, tembaga, besi cor, dan logam non ferous lainnya.

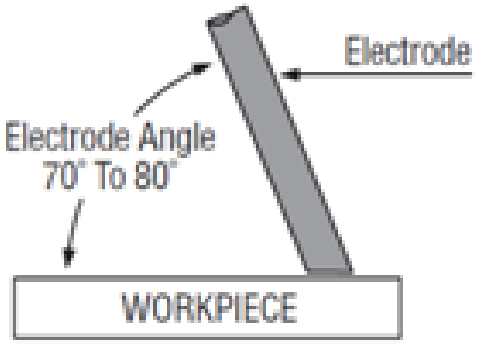


Gambar 2.2 Pemotongan dengan elektroda gouging
Reference page 3-12

2.4.1 Pemotongan

Teknik Savering atau pemotongan teknik yang yang digunakan seperti mencongkel dengan cara memegang elektroda pada sudut yang curam antara 70° dan 80° untuk permukaan benda kerja.

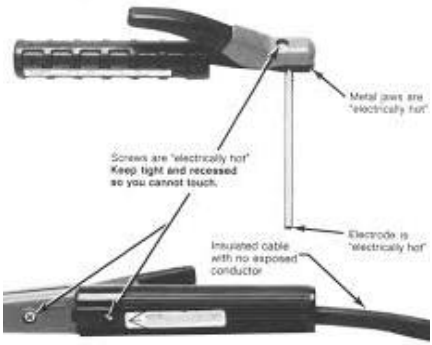
Untuk memotong benda kerja yang memiliki ketebalan tertentu, untuk mendapatkan pemotongan yang diinginkan proses pemegangan elektroda harus tegak lurus dengan benda kerja, kemudian busur elektroda harus digerakan naik dan turun seperti orang yang sedang melakukan proses pememotongan menggunakan gergaji.



Gambar 2.3 Sudut pemotongan dengan elektroda gouging
Refrence page 4 - 22

2.4.2 Manual Gouging tourches

Tourch gouging dengan fixed angel sangat cocok digunakan untuk proses ini, karena fixed angel dapat membantu memegang elektroda dengan sudut yang benar.



Gambar 2.4 *Manual tourch gouging*
Refrence page 8

2.4.3 Spesifikasi Elektroda Gouging

Elektroda gouging memiliki kelibihan dibidang *cutting* baik digunakan untuk memotong semua jenis material. Elektroda ini tidak mengandung grafit, sehingga tidak perlu khawatir tentang grafit pada permukaan yang digouging.

Lapisan nya memilik resistensi panas yang baik, elektroda dapat digunakan dengan arus pengelasan yang tinggi menghasilkan kecepatan yang tinggi dan effisiensi yang baik. Penggunaan elektroda ini biasanya diaplikasikan untuk membuang atau mencongkel bagian yang tidak diinginkan seperti pada besi cor, baja tahan karat, logam non ferrous, persiapan sambungan ke las, *cipping* kembali dll.

Persiapan yang dilakukan sebelum melekakun proses gouging:

1. Tekan busur dengan sudut kurang dari 30° dari logam dasar dan kemudian kedepan dengan menekan kuat pada logam
2. Jika diperlukan alur yang dalam, lebih baik untuk mengulangi operasi gouging beberapa kali dengan arus yang dangkal
3. Jangan memanaskan elektroda gouging dengan suhu berlebihan (maks 50° selama 30 menit), untuk menjaga tingkat kelembapan di pelapisan untuk mendapatkan karakteristik penetrasi yang dalam.

Tabel 2.5 Klasifikasi Elektroda Gouging

Size (mm)	Diameter	3.2 mm	4.0 mm
	Length	350 mm	400 mm
Curret Range (Amp)		150 – 200	230 – 270
Order No.		2682000232	2682000240

2.4.4 Perbedaan gouging dan welding

- **Gouging**

  Gouging adalah metode yang digunakan untuk mencairkan atau menyalurkan logam dalam alur yang sempit. Gouging atau pemotongan terjadi

ketika panas intens pada busur atau kawat las anatara busur elektroda dan benda kerja meleleh secara bersamaan pada material atau benda kerja

- **Welding**
  Pengelasan (Welding) adalah proses penyambungan dua logam atau lebih dengan menggunakan proses pemanasan setempat, sehingga terjadi ikatan metaurgi antara logam - logam yang disambung.

Tabel 2.6 Perbedaan Gouging dan Welding

Klasfikasi	Gouging	Welding
Fungsi	Untuk memotong dan merepair material	Untuk menyambung material
Aws	Tidak memiliki aws	Memiliki aws
Elektroda	Elektroda gouging dapat memotong semua jenis material tanpa harus mengganti elektroda	Perlu mengganti jenis elektroda tertentu khusus nya untuk material jenis tertentu seperti alumunium, tembaga dll
Slug	Tidak ada slug yang jelas yang dihasilkan hanya sedikit berpori pada logam material hasil potongan	Biasa nya terdapat slug setelah proses pengelasan

2.5 Shield Metal Arc Cutting (SMAC)

Shield metal Arc cutting *(SMAC)* adalah suatu proses pemotongan dimana logam yang dipotong dicairkan dengan menggunakan busur listrik yang dihasilkan oleh elektroda. dimana panas dari proses pemotongan dihasilkan oleh busur

listrik antara elektroda dengan benda kerja. Pemotongan dengan busur listrik akan menghasilkan daerah pengaruh panas yang lebih sempit dan mempunyai pengaruh yang lebih sedikit terhadap logam induk.

Proses pemotongan dengan process *SMAW* dibedakan berdasarkan jenis arusnya meliputi arus *AC* dan *DC*, dimana arus *DC* dibedakan atas *DCSP (straight polarity* atau polaritas langsung) dan *DCRP (reverse polarity* atau polaritas terbalik). *Filler* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda, elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang di campur dengan lapisan pembungkus elektroda.

Untuk memotong benda kerja yang memiliki ketebalan tertentu, proses pemegangan elektroda harus tegak lurus dengan benda kerja, kemudian busur elektroda digerakan naik dan turun seperti orang yang sedang memotong menggunakan gergaji.

2.5.1 Polaritas AC

Untuk arus *AC (Alternating Current*), pada *voltage drop* panjang kabel tidak banyak pengaruhnya, kurang cocok untuk arus yang lemah, tidak semua jenis elektroda dapat dipakai. Secara teknik *arc starting* lebih sulit terutama untuk diameter elektrode kecil.

2.5.2 Polaritas DC

Pada arus *DC (Direct Current)* , *voltage drop* sensitif terhadap panjang kabel sependek mungkin, dapat dipakai untuk arus kecil dengan diameter elektroda kecil, semua jenis elektrode dapat dipakai, *arc starting* lebih mudah terutama untuk arus kecil, mayoritas industri fabrikasi menggunakan *polarity DC* khususnya untuk pengelaan *carbon steel*, namun pada prinsipnya *DC polarity* dibagi kedalam dua bagian, yaitu:

1. *DCSP (Straight Polarity)*

   Prinsip dasarnya material dasar atau material yang akan dilas dihubungkan dengan kutub positif (+) dari travo, dan elektrodenya dihubungkan dengan kutub negatif (-) pada travo las *DC*. Dengan cara ini busur

listrik bergerak dari elektrode ke material dasar, yang berakibat 2/3 panas berada di material dasar dan 1/3 panas berada di elektroda. Cara ini akan menghasilkan pencairan material dasar lebih banyak dibanding elektrodenya sehingga hasil mempunyai penetrasi yang dangkal.

2. *) DCRP (Reserved Polarity)*
   Material dasar disambungkan dengan kutub negatif (-) dan elektrodenya dihubugkan dengan kutup positif (+) dari mesin las DC, sehingga busur listrik bergerak dari material dasar ke elektrode dan berakibat 2/3 panas berada di elektroda dan 1/3 panas berada di material dasar. Cara ini akan menghasilkan pencairan elektrode lebih banyak sehingga hasil mempunyai penetrasi dalam

2.6 Parameter Proses Gouging

Pemilihan parameter pada proses gouging tidak jauh berbeda dengan parameter pada proses pengelasan antaralain sebagai berikut :

2.6.1 Tegangan Busur

Tinggi nya tegangan busur bergantung pada panjang busur yang dikehendaki dan jenis dari setiap elektroda yang digunakan. Pada elektroda yang sejenis tinggi nya tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur. Disamping itu tinggi nya tegangan tidak banyak mempengaruhi kecepatan pencairan.

2.6.2 Besar Arus

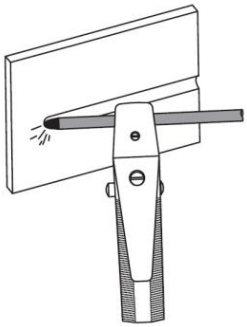
Besar nya arus yang digunakan tergantung dari bahan dan ukuran yang dikehendaki, geometri sambungan, posisi yang digunakan, macam elektroda dan diameter inti dari elektroda. Dalam hal ini daerah yang memiliki kapasitas panas yang tinggi maka dengan sendiri nyadiperlukan arus yang besar dan mungkin juga diperlukan pemanas tambahan.

2.6.3 Kecepatan

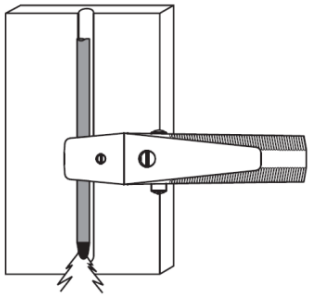
Kecepatan pada proses gouging tergantung pada jenis elektroda dan diameter kawat yang digunakan, jenis material yang digunakan, kecepatan potong hampir tidak ada hubungan nya dengan tegangan yang digunakan tetapi berbanding lurus dengan arus yang digunakan.

2.7 Posisi Pemotongan

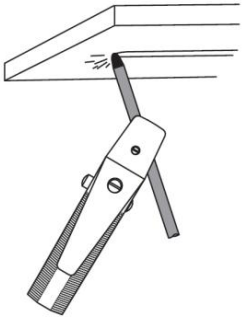
Posisi pada pemotongan atau sikap pemotongan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari elektroda sewaktu melakukan proses pemotongan. Adapun posisi pemotongan pada platyang dapat digunakan sebagai berikut :



Gambar 2.5 *Horizontal Position Gouging*
Reference page 4 - 21



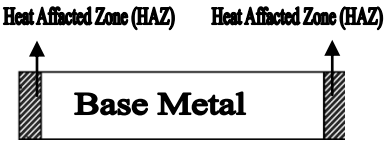
Gambar 2.6 *Vertical Position Gouging*
Refrence page 4 – 20

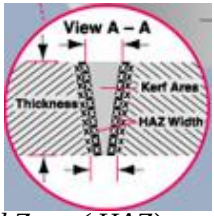


Gambar 2.7 *Overhad Position Gouging*
Reference Page 4 – 21

2.8 HAZ (Heat Affacted Zone)

Daerah yang terkena pengaruh panas atau nama lainnya adalah HAZ (Heat Affacted Zone) merupakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam yang mencair akibat proses las atau gouging yang dimana pada saat proses las atau gouging mengalami siklus termal pemanasan dan proses pendinginan dengan cepat. Logam induk tak terpengaruhi adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pada proses gouging tidak menyebabkan terjadinya peruban struktur dan sifat.





Gambar 2.8 *Heat Affacted Zone (HAZ)*

Berikut merupakan bagian – bagian hasil pemotongan :

(a) Logam induk (*base metal*), merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhu pada daerah pemotongan

tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.

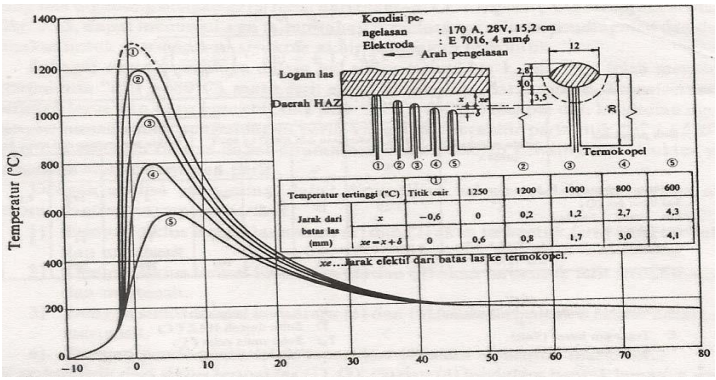
(b) Daerah potong / logam hasil pemotongan, merupakan bagian dari logam yang pada waktu proses pemotongan mencair dan membeku.

(c) Daerah pengaruh panas atau *heat effected zone* (HAZ), merupakan logam dasar yang bersebelahan logam potong yang selama proses pemotongan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat .

(d) Selain ketiga daerah tersebut, masih ada satu daerah khusus yang membatasi antara logam potong dengan daerah pengaruh panas yang disebut batas las atau daerah fusi (*fusion line*).

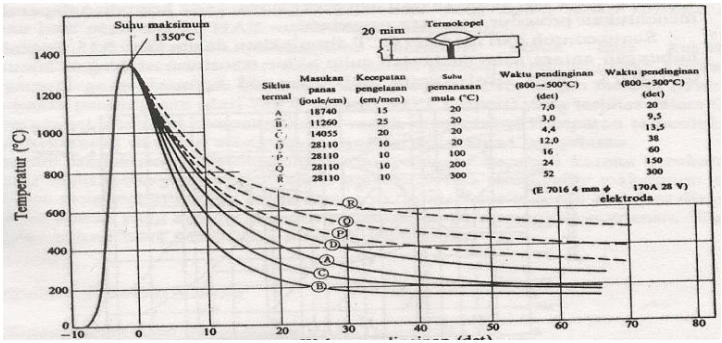
2.8.1 Siklus Thermal

Siklus termal las sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2.9 dan gambar 2.10, menunjukan siklus termal daerah lasan pada gambar 2.9 dapat dilihat siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ (Heat Affected Zone) dengan kondisi pengelasan tetap, sedangkan pada gambar 2.91 menunjukan siklus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda. Lamanya pendinginan dalam suatu daerah temperatur tertentu dari suatu siklus termal las sangat mempengaruhi kualitas sambungan, karena itu banyak sekali usaha-usaha pendekatan untuk menentukan lamanya waktu pendinginan. Siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah *HAZ (Heat Affected Zone)*

Sifat mekanik dari daerah HAZ sebagian besar tergantung pada lamanya pendinginan dari temperatur 800^0C sampai 500^0C, sedangkan retak dingin dimana hidrogen memegang peranan penting terjadinya sangat tergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 800^0C sampai 300^0C atau 100^0C. Sedangkan untuk Silkus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.10 Silkus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda

2.9 Heat input

Heat input adalah besar nya energi panas setiap satuan panjang las ketika sumber panas (yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak). Pada pengelasan busur listrik sumber energi berasal dari,sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil perpaduan dari arus listrik pengelasan, tegangan (voltage) listrik pengelasan, dan kecepatan pengelasan, menghasilkan energi panas yang dikenal dengan masukan panas (*heat input*). Kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi panas pengelasan, karena proses pengelasan tidak diam ditempat, tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan las. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut :

Masukan panas : $$\mathbf{HI} = \frac{V \times I \times \eta}{s} \quad \text{.....}$$

Dimana:
HI = Masukan panas atau energi (J/mm)
I = Arus (Ampere)
V = Voltase (Volt)
S = Kecepatan pemotongan (mm/s)
η = Effisiensi panas pemotongan

Tabel 2.7 Effisiensi perpindahan panas

Welding process	Arc efficiency factor η
SA welding (steel)	0.90 ÷ 0.99
SMA welding (steel)	0.66 ÷ 0.85
GMA welding (steel)	0.75 ÷ 0.93
GMA welding (Co_2 – steel)	0.66 ÷ 0.70

GTA weldng (Ar‾ steel)	0.25 ÷ 0.75
GTA welding (He‾ Al)	0.55 ÷ 0.80
GTA welding (Ar‾ Al)	0.22 ÷ 0.46

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

2.10 Kekasaran permukaan

Ada beberapa cara untuk menyatakan kekasaran permukaan. Terutama sekali "penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil" dipergunakan sesuai perkembangan alat ukur, dan persyaratan rencana. Di beberapa negara dipakai "sepuluh ketinggian R_z dari ketidakrataan" atau "ketinggian maksimum R_{max} dari ketidakrataan" secara konvensional.

Ketentuan- ketentuan dari tiga macam kekasaran permukaan dan nilai-nilai numeriknya digariskan dalam ISO/R 468-1966.

2.10.1 Penyimpagan Rata-Rata Aritmatik dari Garis Rata-Rata Profil.

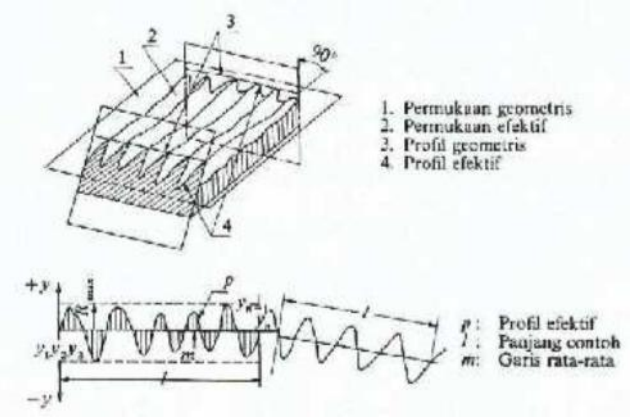
Penyimpangan rata-rata aritmetik R_a ialah harga rata-rata dari kordinat profil efektif garis rata-ratanya. Profil efektif berarti garis bentuk (contur) dari potongan.

permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan secara konvensional, terhadap permukaan geometris ideal

Kordinat-kordinat (y_1, y_2, y_3,……,y_n) dijumlahkan tanpa memperhitungkan tandanya :

$$R_a = \frac{1}{l}\int_0^l |y|\, dx$$

Kira kira



Gambar 2.11 Penyimpangan rata-rata aritmetik R_a dari garis rata-rata profil

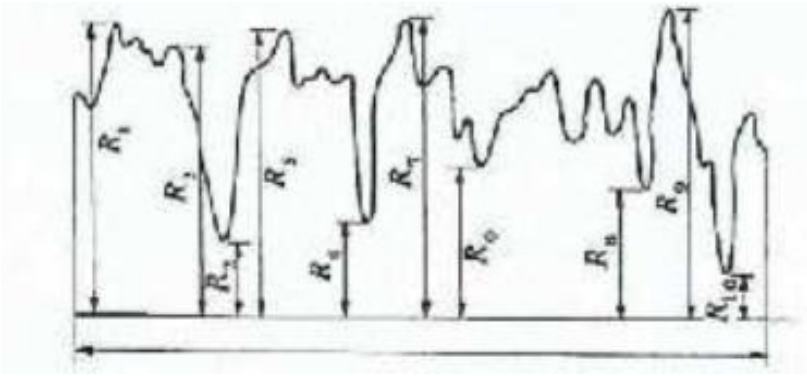
$$R_a = \frac{\sum_1^n |y|}{n}$$

Dimana l adalah pancang contoh yang telah ditentukan, yaitu Panjang dari profil efektif yang diperlukan untuk menentukan kekasaran permukaan dari permukaan yang diteliti.

2.10.2 Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik R_z

Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik R_z adalah jarak rata-rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembah. terdalam antara panjang contoh, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata, dan tidak memotong profil tersebu

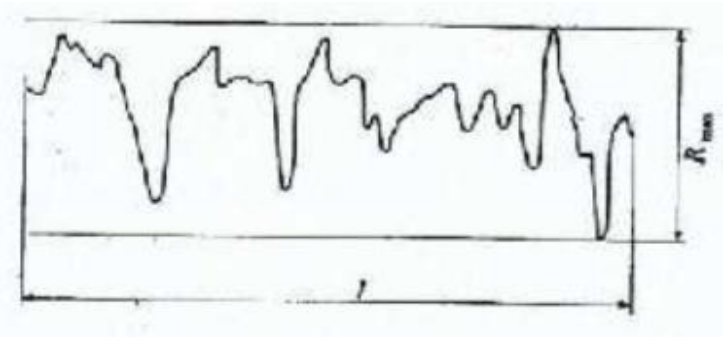
$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$



Gambar 2.12 Ketinggian Sepuluh titik R_a dari ketidak rataan.

2.10.3 Ketidak rataan ketinggian maksium R_{max}

Ketidak rataan ketinggian maksimum R_{max} adalah jarak antara dua garis sejajar dengan garis rata-rata dan menyinggung profil pada titik tertinggi dan terrendah, antara Panjang contoh



Gambar 2.13 Ketinggian maksimum R_{max} dari Ketidakrataan

2.11 Metalografi

Ilmu logam dibagi menjadi dua bagian khusus, yaitu metalurgi dan metalografi. Metalurgi adalah menguraikan tentang cara pemisahan logam dari ikatan unsur lain atau cara pengolahan logam secara teknis, sehingga diperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan metalografi adalah mempelajari tentang pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan persentase campuran dari logam tersebut.

Metalografi meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

1. Cutting, yaitu mengetahui
   prosedur proses pemotongan sampel dan menetukan teknik pemotongan yang tepat dalam pengambilan sampel metalografi sehingga didapat benda uji yang representatif.
2. Mounting, yaitu menempatkan sampel pada suatu media, untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel.
3. Grinding, yaitu meratakan dan menghaluskan permukaan sampel dengan cara menggosokkan sampel pada kain abrasif atau ampelas.
4. Pemolesan (Polishing), yaitu mendapatkan permukaan sampel yang halus dan mengkilat seperti kaca tanpa menggores, sehingga diperoleh permukaan sampel yang halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin, menghilangkan ketidakteraturan sampel hingga orde 0,01 Âμm.
5. Etsa, yaitu mengamati dan mengidentifikasi detil struktur logam dengan
   bantuan mikroskop optik setelah terlebih dahulu dilakukan proses etsa pada sampel, mengetahui perbedaan antara etsa kimia dengan elektro etsa serat aplikasinya.

2.11.1 Uji Makro *(Macrocospic Examination)*

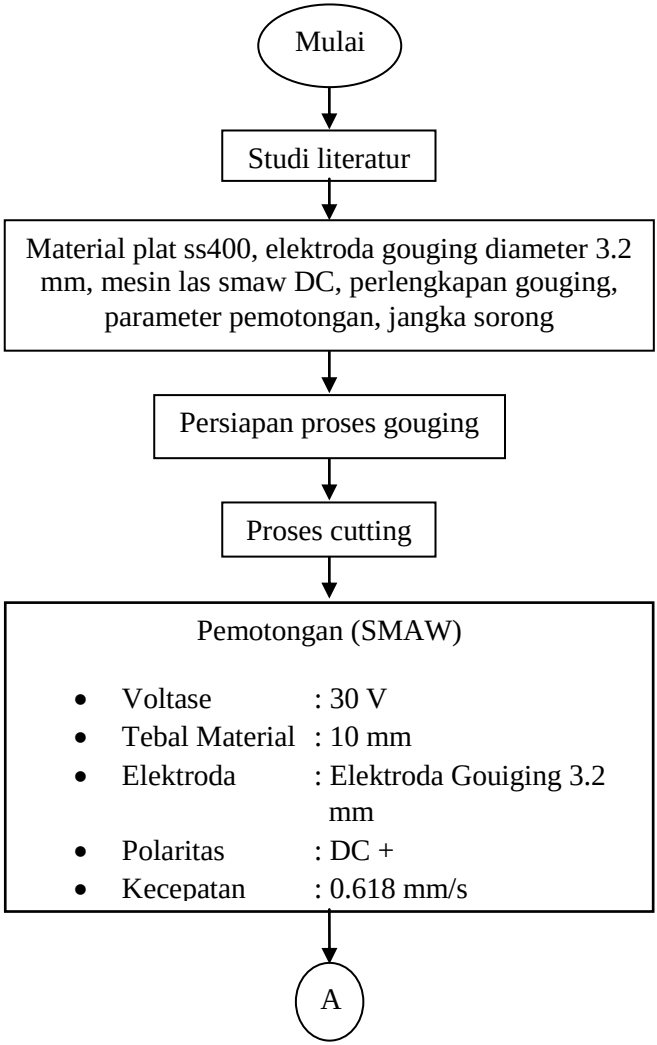
Yang dimaksud dengan pemeriksaan makro adalah pemeriksaan bahan dengan mata kita langsung atau memakai kaca pembesar yaitu yang dengan pembesaran rendah *(a low magnification)*. Kegunaannya untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya.

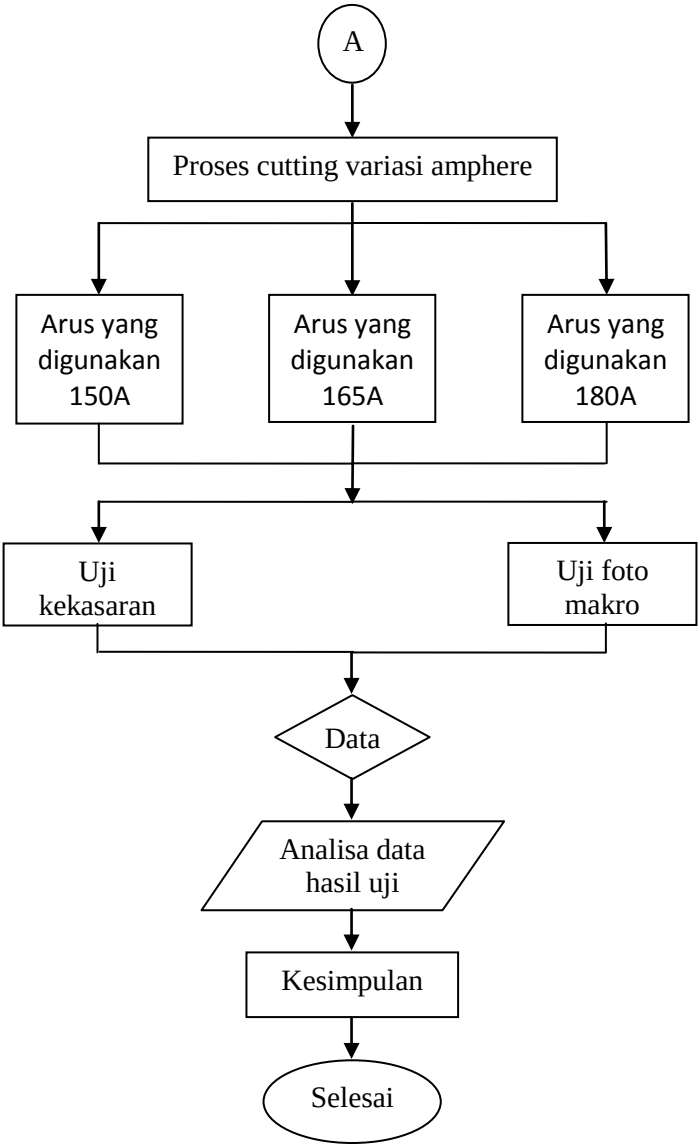
Angka pembesaran pemeriksaan makro antara 0,5 kali sampai 50 kali. Pemeriksaan secara makro biasanya untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar dan kasar, seperti misal logam hasil coran atau tuangan, serta bahan-bahan yang termasuk non metal.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flow Chart Penelitian

Berikut merupakan flow chart penelitian dapat dilihat pada diagram dibawah ini:





Gambar 3.1 Flow chart diagram

3.2 Waktu penelitian

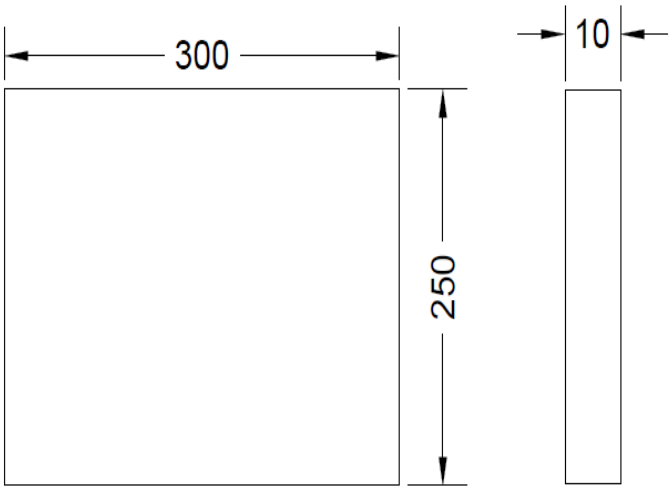
Waktu penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 bulan Februari sampai dengan bulan Juni 2018

3.3 Tempat

Penelitian ini dilakukan di Lab. Metalurgi Departemen Teknik Mesin FV-ITS dan

3.4 Langkah kerja

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini langkah awal yang harus dilakukan adalah studi literatur tentang mesin las smaw dan langkah – langkah kerjanya dan proses gouging dan proses cutting dan uji kekasaran dan uji foto makro beserta makro etsa, Langkah selanjut nya yaitu melakukan percobaan pada material uji. Untuk memperjelas berikut tahapan – tahapan yang dilakukan :

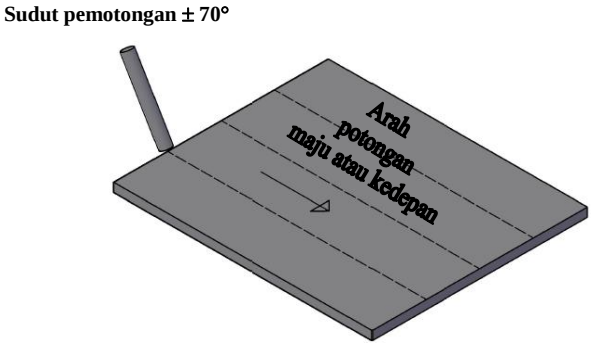


Gambar 3.2 Dimensi material

Gambar 3.3 Material sebelum dipotong

Tabel 3.1 Logam induk dan pengisi

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	SS400 (Milld Steal)
Dimension (mm)	300 x 250 X 10
Elektroda Classification	Elektroda gouging
Filler metal diameter (mm)	3,2
Posisi pengelasan	1G



Gambar 3.4 Arah pemotongan

Tabel 3.2 Parameter Pemotongan

Parameter	Keterangan		
Proses	SMAW	SMAW	SMAW
Amphere	150	165	180
Voltage	30	30	30
Travel speed (mm/s)	0.543	0.598	0.715
Heat input (J/mm)	6629. 834	6622.073	6041. 958
Polaritas AC/DC	DC(+)	DC(+)	DC(+)
Electrode diameter (mm)	3,2	3,2	3,2

Gambar 3.5 Proses pemotongan

3.4.1 Studi literatur

Pada tahapan ini yaitu studi literatur adalah untuk mempelajari dan membahas teori – teori yang dibutuhkan guna menunjang dan membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data – data melalui buku dan internet

3.4.2 Persiapan Material dan Alat

- Material yang digunakan adalah plat jenis mild steal ss400 dengan ukuran 25 mm x 30 mm dengan tebal 10 mm

Gambar 3.6 *Plat mild steal ss*

- Tang Amphere
  Tang amphere digunakan untuk mengukur dan melihat voltase dan amphere

Gambar 3.7 Tang amphere

- Elektroda
  Elektroda atau kawat las yang digunkan untuk memotong menggunakan kawat las gouging dengan diameter 3.2 mm

Gambar 3.8 Kawat las gouging 3.2 mm

- Tourch
  Digunakan untuk menjempit elektrod

Gambar 3.9 *Torch elektroda gouging manual*

3.4.3 Proses pemotongan gouging

Proses pemotongan dilakukan menggunakan elektroda gouging, SMAW (DC positif (+), DC negatif (-)), dengan posisi 1G dalam penelitian kali ini terdapat perbedaan variasi sebagai berikut :

1. Variasi pemotongan dengan menggunakan elektroda gouging dengan diameter 3.2 mm dengan menggunakan arus 150 Amphere
2. Variasi pemotongan dengan menggunakan elektroda gouging dengan diameter 3.2 mm dengan menggunakan arus 165 Amphere
3. Variasi pemotongan dengan menggunakan elektroda gouging dengan diameter 3.2 mm dengan menggunakan arus 180 Amphere

3.4.4 Persiapan proses pemotongan

Berikut ini merupakan proses persiapan pemotongan :

1. Material pertama dipotong menjadi tiga bagian dengan menggunakan elektroda gouging diameter 3.2 mm dengan menggunakan arus sebesar 150 Amphere

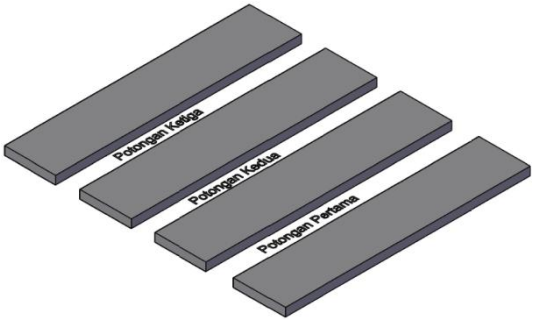
Gambar 3.10 Mesin las SMAW DC 150A

2. Material kedua dipotong menjadi tiga bagian dengan menggunakan elektroda gouging diameter 3.2 mm dengan menggunakan arus sebesar 165 Amphe

Gambar 3.11 Mesin las SMAW DC 165A

3. Material ketiga dipotong menjadi tiga bagian dengan menggunakan elektroda gouging diameter 3.2 mm dengan menggunakan arus sebesar 180 Amphere

Gambar 3.12 Mesin las SMAW DC 180A



Gambar 3.13 Hasil potongan

3.5 Pengujian benda kerja

Pengujian benda kerja adalah proses tahapan dimana material hasil potong menggunakan elektroda gouging dilakukan proses pengujian yaitu menggunakan pengujian kekesaran permukaan (roughness test) dan pengujian foto makro.

3.5.1 Pengujian Metalografi (macro Etsa)

Untuk proses pengamatan hasil potongan benda kerja menggunakan metalografi test yaitu pengujian makro etsa

- Makro etsa

Suatu proses pengujian metalografi yang bertujuan untuk melihat secara visual hasil dari proses pemotongan material yang dilakukan menggunakan elektroda gouging. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dilakukan proses pengetsaan yaitu menggunakan cairan HCL + HNO_3 + H_2O, maka bagian pada Weld Metal, HAZ, dan base metal akan terlihat pada material benda kerja hasil pemotongan.

Berikut ini merupakan prosedur pengujian makro etsa sebagai berikut :

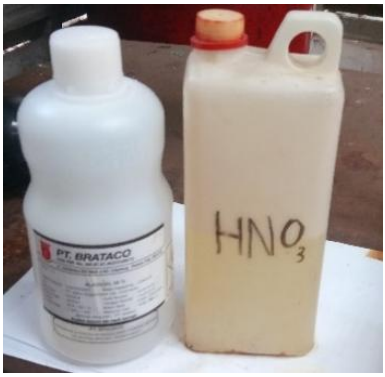
1. Pemotongan material benda uji

Material benda kerja yang akan diuji terlebih dahulu dipotong menggunakan grinding pada masing – masing setiap hasil potongan yang menggunakan elektroda gouging diambil dua sampel hasil potongan dari setiap amphere yang telah ditentukan, kemudian dari dua sampel tersebut dipotong lagi menjadi tiga bagian menggunakan grinding yaitu pada bagian ujung dari sisi kanan, bagian tengah, dan ujung dari sisi kiri, dengan ukuran panjang ±150 mm

2. Penghalusan permukaan hasil potong
   Setelah dipotong menjadi tiga bagian pada setiap amphere, masing – masing dari setiap potongan tersebut dihaluskan sisi – sisi permukaan nya dengan cara menggosokan menggunakan mesin grinding secara bertahap denga tingkat kekasaran kertas gosok atau amplas yang berbeda mulai dari 100, 400, 800, 1000 dengan disertai aliran air pendingin yang berfungsi untuk melarutkan geram. Setelah itu material uji digosok menggunakan kertas gosok dengan nomer yang halus, material benda uji juga dipoles menggunakan autosol dan kain jeans.

3. Proses peng etsa an material
   Material benda uji yang sudah digosok hingga mengkilap disterilkan atau dicuci terlebih dahulu dengan menggunakan alkohol untuk membersihkan pori – pori permukaanya, kemudian direndam dalam cairan etsa ± 5 menit sampai weld metal, HAZ, dan base metal terlihat, setelah itu masing – masing material benda uji yang telah di etsa dikeringkan menggunakan hair dryer hingga setiap permukaan benda uji terlihat kering kembali. Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan untuk proses pengetsaan benda uji

Gambar 3.14 Material sebelum dietsa

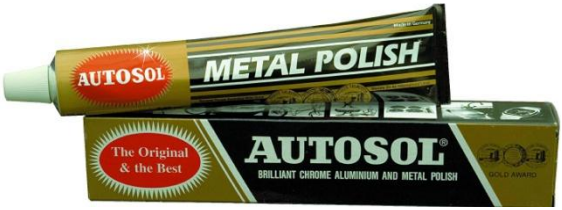


Gambar 3.15 Larutan etsa

Gambar 3.16 Alat dan bahan untuk proses etsa

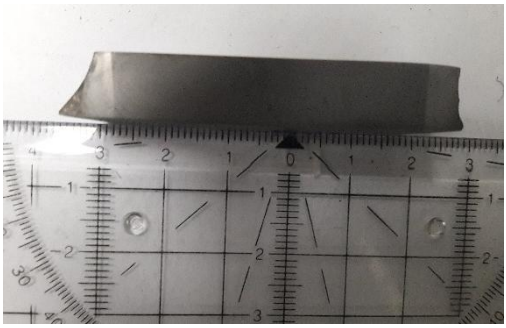
Gambar 3.17 Proses pengetsaan

Gambar 3.18 Kertas gosok



Gambar 3.19 Autosol

4. Penggambilan gambar foto makro



Gambar 3.20 Material setelah diuji etsa

3.5.2 Pengujian nilai kekasaran

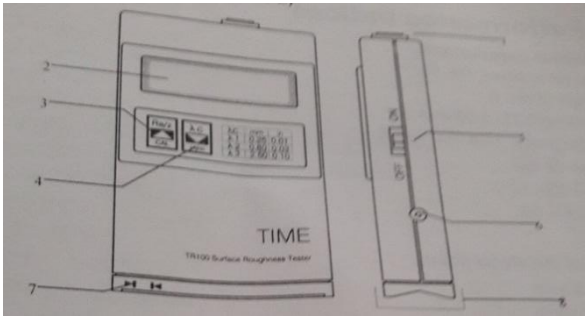
Pengujian nilai kekasaran atau roughnes test bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu matarial setalh dilakukan pemotongan menggunakan elektroda gouging.

Sebelum melakukan pengujian kekasaran permukaan pada material hasil potongan perlu mempersiapkan alat uji nya terlebi dahulu. Alat uji yang digunakan adalah *surface roughness tester TR1000/TR101*.

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Parameters : Ra, Rz
- Panjang yang dilalui : 6 mm
- Cutoff length (mm) : 0.25, 4.0, dan 5.0
- Evaluation length (mm) : 1.25, 4.0, dan 5.0
- Measuring scope (μm) :
  Ra : 0.05 – 10.0
  Rz : 0.1 – 50
- Display error : 7%
- Radius : 10.0 ± 2.5 μm
- Angle : 90° (+5°, - 10°)
- Battery : 3.6 volt

Gambar 3.21 Alat uji kekasaran TR1000/TR1001



Gambar 3.22 Komponen Alat Uji Kekasaran

Keterangan :

1. Tombol Start
2. Tombol On/Off
3. Tombol Reset
4. Prootection Nose
5. LCD
6. Tombol Ra/Rz dan Calibrasi

7. Tombol untuk mengganti λ dan mengganti ukuran inch
8. Panjang L

Gambar 3.23 Proses uji kekesaran

3.5.2.1 Langkah – langkah proses pengujian

1. Siapkan alat ukur yaitu roughness tet seri TR1000/1001
2. Hubungkan kabel power dengan DC adaptor
3. Hidupkan dengan menekan tombol switch on / off
4. Kalibrasi alat ukur dengan kalibrator
5. Letakan alat ukur pada sisi material yang akan diuji nilai kekasaran nya
6. Set alat ukur sebagai berikut :
   - λC : λ3 (2.50)
     Merupakan panjang lintasan pengukuran
   - Ra/Rz :
     Ra adalah hasil perhitungan rata – rata kekasaran permukaan diatas

dan rata – rata nilai dibawah garis rata – rata

Rz adalah jarak puncak dan lembah grafik tiap panjang cut off

7. Letakan detector pada permukaan uji
8. Setting letak detonator dengan benar
9. Ambil nilai kekasaran dengan memindahkan alat ukur di beberapa titik untuk mendapatkan nilai kekasaran nya. Dalam pengujian ini diambil tiga titik yaitu A (atas), B (tengah), dan C (bawah)
10. Nilai kekasaran akan mucul pada layar

3.5.2.2 Langkah – langkah pengukuran lebar HAZ

1. Siapkan material benda kerja yang telah dilakukan pengujian etsa
2. Siapkan alat ukur berupa penggaris atau menggunakan jangka sorong
3. Siapkan kamera untuk menggambil hasil dari foto makro
4. Untuk pengukuran sebaik nyadisarankan menggunakan jangka sorong karena memiliki ketilitian
5. Ukur lebar HAZ dengan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0.02 mm
6. Pengukuran diambil enam titik, tiga titik sebelah kiri dan tiga titik sebelah kanan dengan ketentuan setiap titik diukur lebar nya yaitu atas, tengah, dan bawah
7. Catat hasil lebar HAZ
8. Foto hasil pengukuran lebar HAZ untuk makro etsa

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
ANILISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh perbedaan variabel variasi arus yaitu 150 A, 165A, 180 A pada hasil pemotongan baja karbon rendah dengan metode pemotongan elektroda gouging 3.2 mm SMAW (*Shield Metal Arc Welding)* melalui 2 pengujian, yaitu Kekasaran permukaan , dan makro etsa.

4.1 Parameter pemotongan

Tabel 4.1 Data primer pemotongan

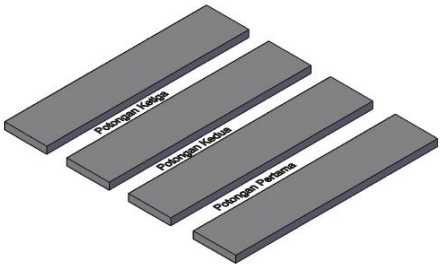
Panjang pemotongan plat 300 mm				
Arus yang digunakan	**Potongan**	**Waktu**	**Kecepatan potong (mm/s)**	**Rata - rata**
150 A	**1**	**9'03''**	**0.552 mm/s**	**0.543 mm/s**
	2	**9'06''**	**0.549 mm/s**	
	3	**9'28''**	**0.528 mm/s**	
165 A	**1**	**8'39''**	**0.578 mm/s**	**0.598 mm/s**
	2	**8'03''**	**0.621 mm/s**	
	3	**8'24''**	**0.595 mm/s**	
180 A	**1**	**6'43''**	**0.744 mm/s**	**0.715 mm/s**
	2	**7'08''**	**0.700 mm/s**	
	3	**7'07''**	**0.702 mm/s**	

Tabel 4.2 Logam induk elektroda gouging

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	SS400 (Milld Steal)
Dimensi Material	300 mm x 250 mm x 10 mm
Elektroda Classification	Elektroda gouging
Filler metal diameter (mm)	3,2 mm
Posisi pengelasan	1G

Tabel 4.3 Heat input

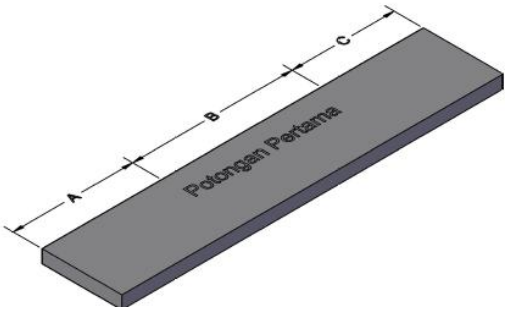
Type Electroda	Arus (I)	Voltage (V)	Travel speed (s)	Heat Input (HI)
Gouging Diameter 3.2 mm	150 A	30 V	0.543 mm/s	6629. 834 J/mm
	165 A		0.598 mm/s	6622.073 J/mm
	180 A		0.715 mm/s	6041. 958 J/mm



Gambar 4.1 Sketch Hasil pemotongan material

Dari hasil pemotongan satu material plat baja karbon rendah menggunakan elektroda gouging dengan arus yang berbeda - beda yaitu antara 150,165, dan 180 didapatkan empat spesimen dari hasil tiga kali proses pemotongan. Jadi didapatkan total 12 spesimen dari masing – masing potongan arus yang digunakan, dimana pada setiap arus dilakukan pengujian dari masing – masing potongan tersebut dengan keterangan potongan satu, dua, dan tiga untuk mewakili uji kekasaran permukaan dan satu potongan yang lain untuk mewakili pengujian makro etsa untuk melihat lebar *HAZ*

4.2 Anilisa hasil uji kekasaran



Gambar 4.2 Sketch potongan titik uji untuk kekasaran

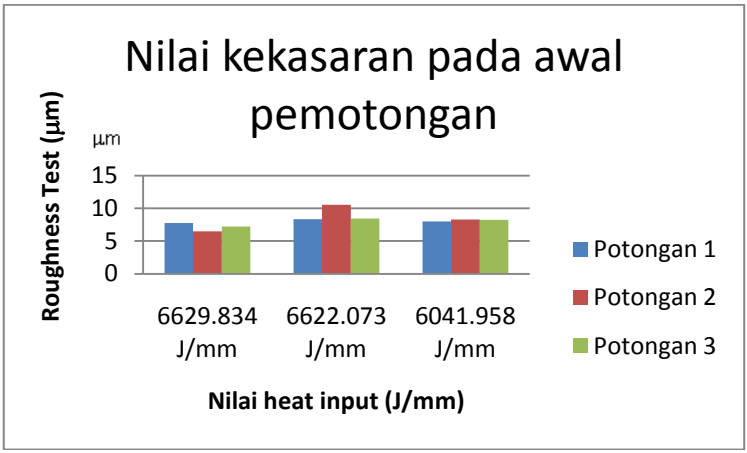
Untuk pengujian kekasaran menggunakan tiga spesimen dari tiga hasil pemotongan menggunakan elektroda gouging maka didapat kan total masing – masing sembilan spesimen dari setiap arus dengan titik uji A,B, dan C dengan total 27 pengujian

4.2.1 Analisa hasil kekasaran permukaan

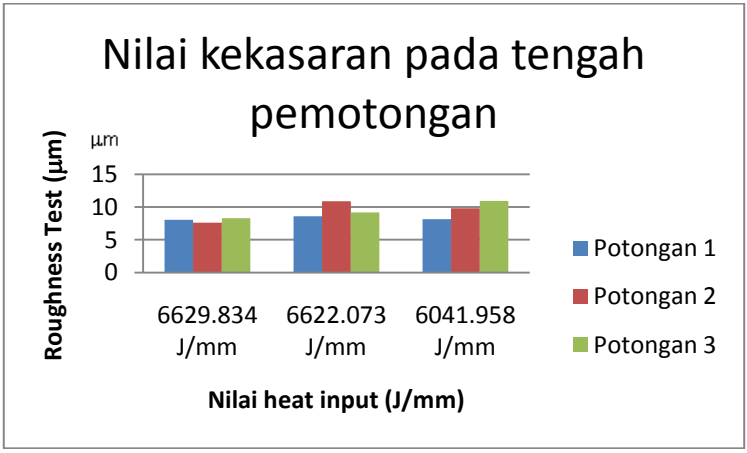
Tabel 4.4 Nilai kekasaran permukaan variasi arus

Arus yang digunakan	Potongan	Titik Uji	Nilai Kekasaran Ra (μm)
150	1	A	7. 77
		B	8. 03
		C	8.22
	2	A	6. 48
		B	7. 60
		C	8. 06
	3	A	7.23
		B	8.30
		C	7.56
165	1	A	8.32
		B	8.56
		C	9.18
	2	A	10. 53
		B	10. 89
		C	9.73
	3	A	8.42
		B	9.15
		C	7.83
180	1	A	8.01
		B	8.16
		C	8.32
	2	A	8.30
		B	9.82
		C	9.12
	3	A	8.26
		B	10.92
		C	9.45

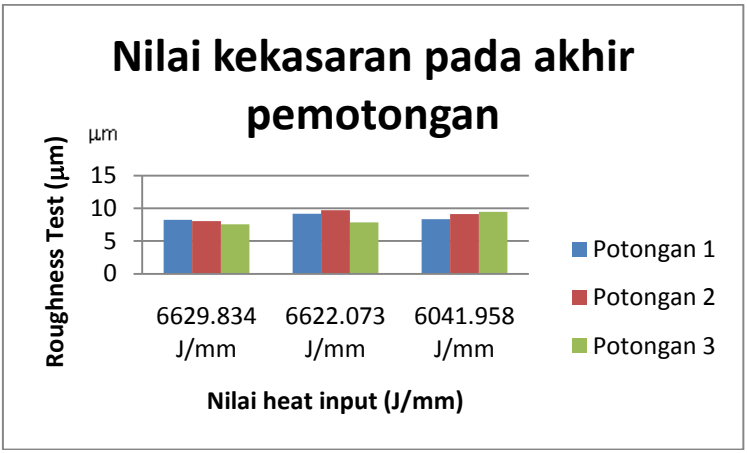
Untuk memudahkan dalam membandingkan nilai kekasaran dari setiap variabel maka data tersebut di buat dalam bentuk grafik nilai kekasaran sebagai berikut



Gambar 4.3 Grafik nilai kekasaran pada awal pemotongan



Gambar 4.4 Grafik nilai kekasaran pada tengah pemotongan



Gambar 4.5 Grafik nilai kekasaran pada akhir pemotongan

4.3 Analisa Nilai Hasil Uji Kekasaran

Dari hasil pengujian kekasaran permukaan pada proses pemotongan suatu plat baja karbon rendah SS 400 dengan variasi amphere 150, 165, 180. Didapatkan nilai kekasaran permukaan hasil potong.

1. Data data hasil pengujian kekasaran pada variasi amphere 150 A
    - Titik uji A (Potongan pertama amphere 150)
      Nilai kekasaran permukaan : 7,77
    - Titik uji B (Potongan pertama amphere 150)
      Nilai kekasaran permukaan : 8,03
    - Titik uji C (Potongan pertama amphere 150)
      Nilai kekasaran permukaan : 8,22

    Data-data hasil pengujian kekasaran pada variasi amphere 150 A.
    - Titik uji A (Potongan kedua amphere 150)
      Nilai kekasaran permukaan : 6,48
    - Titik uji B (Potongan kedua amphere 150)
      Nilai kekasaran permukaan : 7.60
    - Titik uji C (Potongan kedua amphere 150)
      Nilai kekasaran permukaan : 8,06

Data-data hasil pengujian kekasaran pada variasi amphere 150 A.

- Titik uji A (Potongan ketiga amphere 150)
  Nilai kekasaran permukaan : 7,23
- Titik uji B (Potongan ketiga amphere 150)
  Nilai kekasaran permukaan : 8,30
- Titik uji C (Potongan ketiga amphere 150)
  Nilai kekasaran permukaan : 7,56

Data hasil pengujian kekasaran permukaan pada variasi amphere 165 A.

- Titik uji A (Potongan pertama amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 8,32
- Titik uji B (Potongan pertama amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 8,56
- Titik uji C (Potongan pertama amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 9.18

Data hasil pengujian kekasaran permukaan pada variasi amphere 165 A.

- Titik uji A (Potongan kedua amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 10.53
- Titik uji B (Potongan kedua amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 10,89
- Titik uji C (Potongan kedua amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 10,92

Data hasil pengujian kekasaran permukaan pada variasi amphere 165 A.

- Titik uji A (Potongan kedua amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 8,42
- Titik uji B (Potongan kedua amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 9,15
- Titik uji C (Potongan kedua amphere 165)
  Nilai kekasaran permukaan : 7,83

Data-data hasil pengujian kekasaran pada variasi amphere 180 A.

- Titik uji A (Potongan pertama amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan :8,01

- Titik uji B (Potongan pertama amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 8.16
- Titik uji C (Potongan pertama amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 8,32

Data-data hasil pengujian kekasaran pada variasi amphere 180 A.

- Titik uji A (Potongan kedua amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 8,30
- Titik uji B (Potongan kedua amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 9,82
- Titik uji C (Potongan kedua amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 9,12

Data-data hasil pengujian kekasaran pada variasi amphere 180 A.

- Titik uji A (Potongan kedua amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 8,26
- Titik uji B (Potongan kedua amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 9,73
- Titik uji C (Potongan kedua amphere 180)
  Nilai kekasaran permukaan : 9,45

4.3.1 Pembahasan hasil uji kekasaran

Sebagian besar kekasaran permukaan akan kasar pada bagian awal dan akhir pemotongan dikarenakan pemotongan menggunakan tourch manual sehingga terdapat ketidak stabilan pemotongan sehingga menyebabkan nilai kekasaran permukaan meningkat dan menjadi lebih kasar.

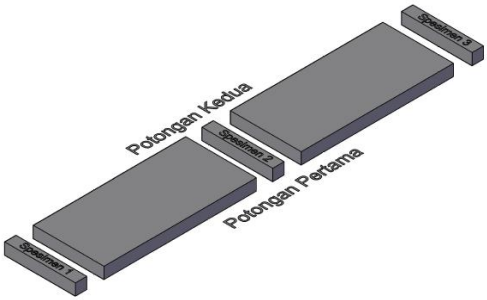
Pada potongan pertama dan potongan kedua 180A mengalami kenaikan kekasaran permukaan dikarenakan kecapatan yang tidal tidak stabil sehingga terjadi peningkatan nilai kekasaran

Pada analisa kecepatan terhadap nilai kekasaran pada tiap-tiap plat, nilai kekasaran cenderung halus didapatkan pada amphere 150 A

Pada Analisa amphere pada tiap tiap potongan dapat diketahui bahwa nilai kekasaran cenderung Kasar

4.4 Makro Etsa

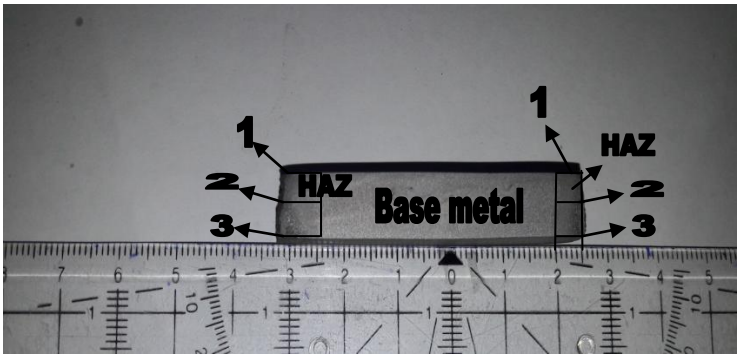
Pada pengujian makro etsa ini yang akan dilihat daerah *HAZ* dan *Base metal*. Hasil pengujian makro dapat dilihat pada gambar dibawah



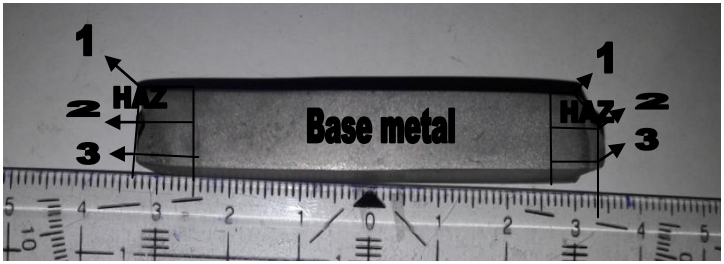
Gambar 4.6 Sket material untuk uji makro etsa

Untuk pengujian makro etsa ini diambil satu potongan untuk mewakili dari masing – masing arus yang digunakan. Pada potongan yang akan dilakukan uji makro ini dipotong lagi menggunakan mesin grinding dipotong menjadi tiga bagian seperti pada gambar diatas jadi setiap arus memiliki 3 spesimen hasil potong untuk proses uji makro etsa jadi total ada sembilan spesimen yang digunakan untuk pengujian makro etsa.

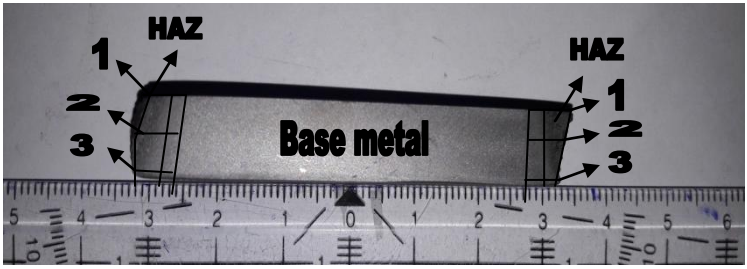
Gambar 4.7 Material sebelum uji makro etsa



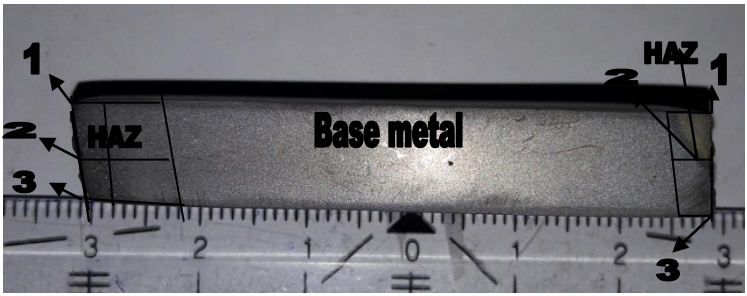
Gambar 4.8 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 150 pada spesimen A



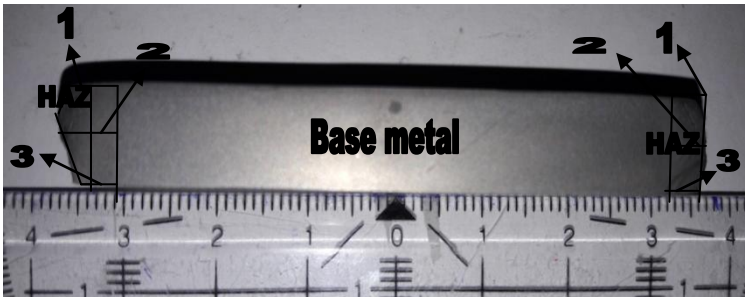
Gambar 4.9 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 150 pada spesimen B



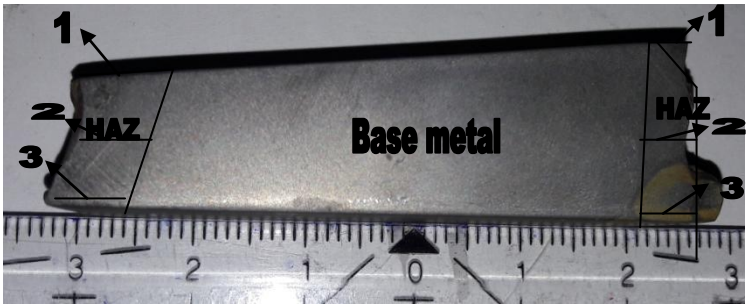
Gambar 4.10 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 150 pada awalan spesimen C



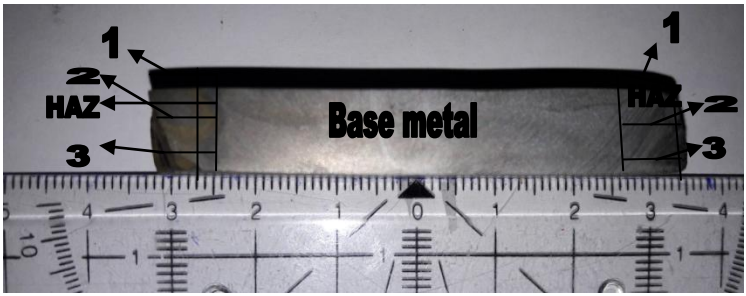
Gambar 4.11 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 165 spesimen A



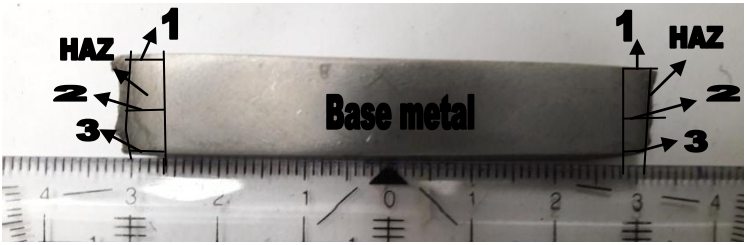
Gambar 4.12 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 165 spesimen B



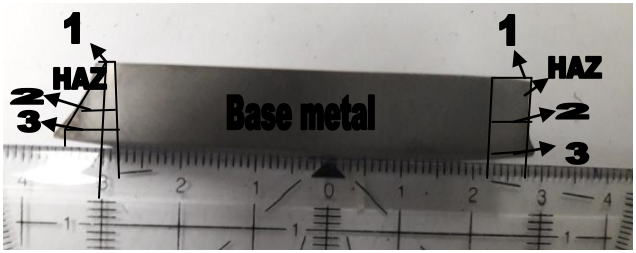
Gambar 4.13 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 165 spesimen C



Gambar 4.14 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 180 spesimen A



Gambar 4.15 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 180 spesimen B



Gambar 4.16 Foto lebar HAZ pengaruh pemotongan dengan arus 180 spesimen C

Untuk lebih jelasnya akan ditampilkan hasil dari lebar rata-rata keseluruhan dari HAZ di ukur dengan menggunakan

jangka sorong dengan ketelitian 0.02 mm dalam tabel berikut ini:

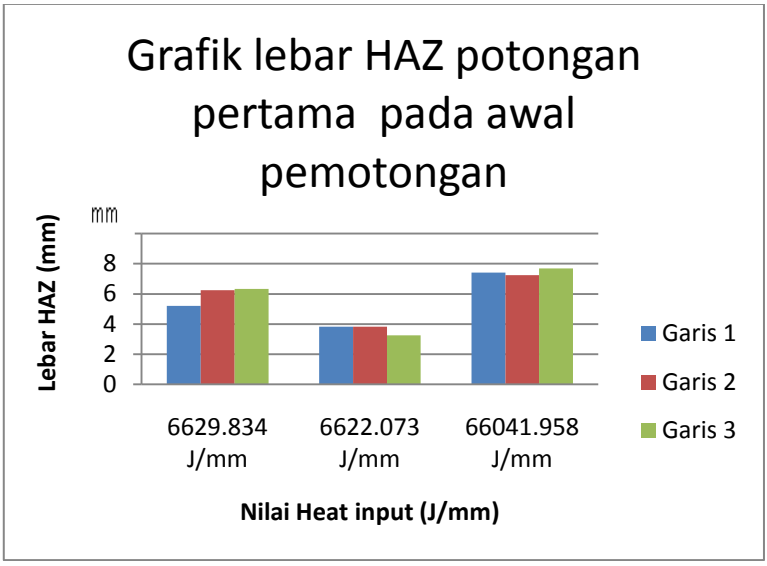
Tabel 4.5 HAZ pada material setelah pemotongan

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan kedua (kiri)	Potongan pertama (kanan)
Spesimen A 150 A	1	6,82 mm	5,20 mm
	2	7,10 mm	6,24 mm
	3	7,54 mm	6,32 mm
Rata – rata		7.15 mm	5.92 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke 1 (Kiri)	Potongan ke 2 (Kanan)
Spesimen B 150 A	1	7,14 mm	4,52 mm
	2	8,20 mm	7,10 mm
	3	8,12 mm	7,32 mm
Rata – rata		7,82 mm	6,31 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke 1 (Kiri)	Potongan ke 2 (Kanan)
Spesimen C 150 A	1	5,10 mm	7,12 mm
	2	6,14 mm	6,14 mm
	3	6,52 mm	5,12 mm
Rata - rata		5,92 mm	6,12 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke 1 (Kiri)	Potongan ke 2 (Kanan)
Spesimen A 165 A	1	8,24 mm	3,82 mm
	2	8,64 mm	3,82 mm
	3	8,64 mm	3,26 mm
Rata - rata		8,50 mm	3,63 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke	Potongan ke

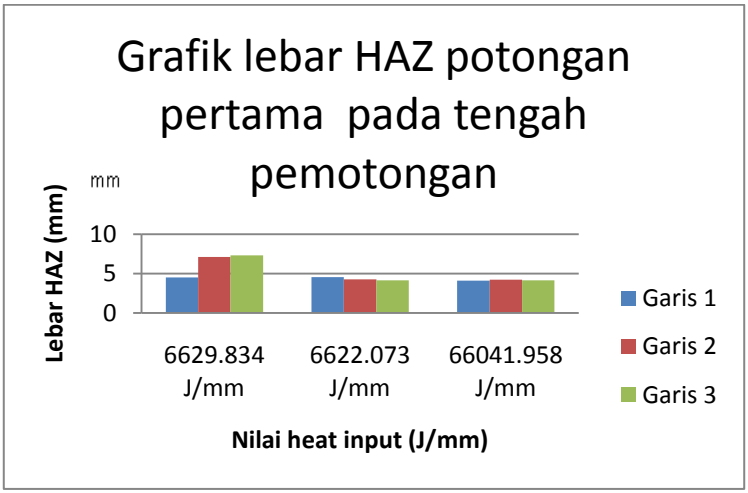
		1 (Kiri)	2 (Kanan)
Spesimen B 165 A	1	5,82 mm	4,54 mm
	2	5,82 mm	4,28 mm
	3	4,58 mm	4,14 mm
Rata - rata		5,40 mm	4,32 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke 1 (Kiri)	Potongan ke 2 (Kanan)
Spesimen C 165 A	1	7,84 mm	4,22 mm
	2	7,12 mm	4,82 mm
	3	6,84 mm	5,12 mm
Rata - rata		7,26 mm	4,72 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke 1 (Kiri)	Potongan ke 2 (Kanan)
Spesimen A 180 A	1	8,84 mm	7,40 mm
	2	7,14 mm	7,24 mm
	3	6,28 mm	7,68 mm
Rata - rata		3,63 mm	7,44 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke 1 (Kiri)	Potongan ke 2 (Kanan)
Spesimen B 180 A	1	4,12 mm	4,10 mm
	2	4,22 mm	4,24 mm
	3	3,84 mm	4,14 mm
Rata –rata		4,06 mm	4,16 mm
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan ke 1 (Kiri)	Potongan ke 2 (Kanan)
Spesimen C 180 A	1	4,18 mm	5,24 mm
	2	4,26 mm	5,24 mm
	3	6,84 mm	5,62 mm
Rata –rata		5,09 mm	5,36 mm

Untuk memudahkan dalam membandingkan lebar HAZ dari setiap variabel maka data tersebut di buat dalam bentuk grafik lebar HAZ sebagai berikut :

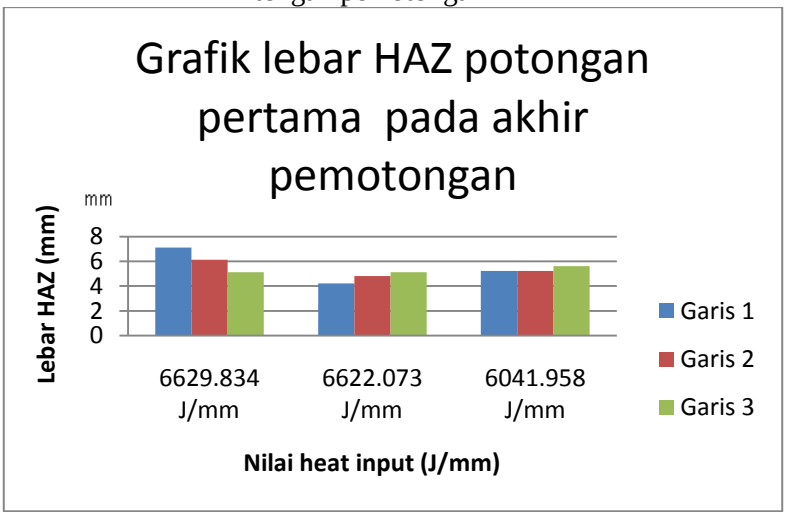
Lebar dari HAZ tergantung dari beberapa faktor salah satunya adalah Heat Input, arus dan juga kecepatan potong yang digunakan pada saat proses pemotongan. Dari pemotongan yang dilakukan pada penelitian ini terdapat pengaruh variasi arus yang berbeda yaitu menggunakan arus 150 A, 165 A, dan 180 A. Variabel variasi arus mempengaruhi lebar HAZ dapat dilihat pada grafik berikut ini:



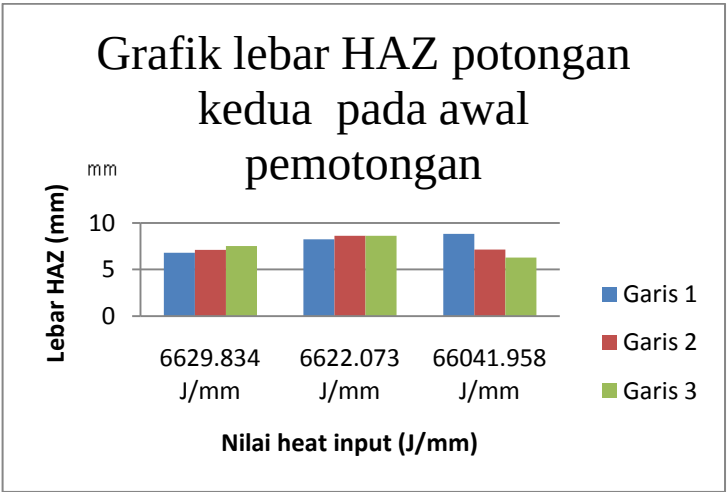
Gambar 4.17 Grafik lebar HAZ potongan pertama pada awal pemotongan



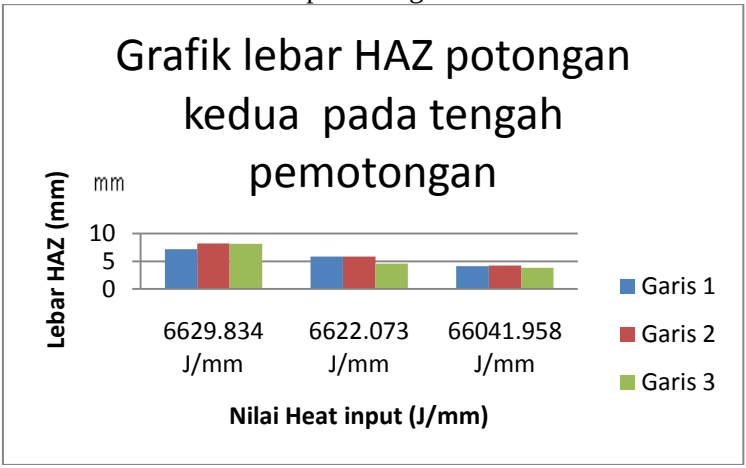
Gambar 4.18 Grafik lebar HAZ potongan pertama pada tengah pemotongan



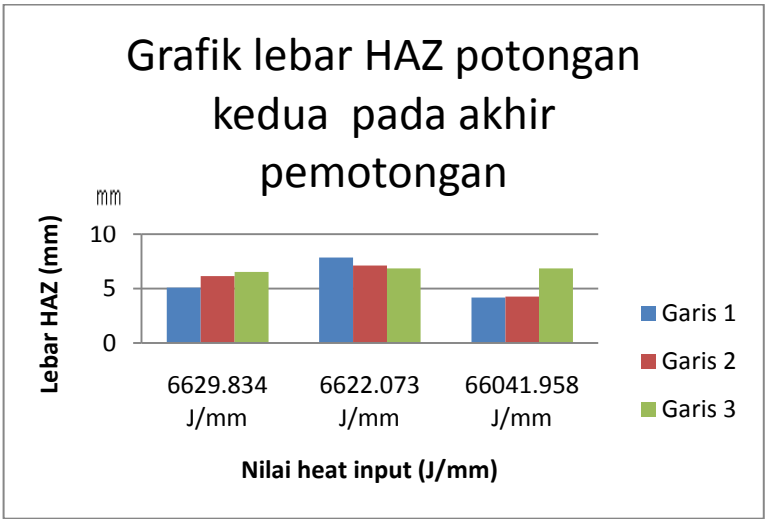
Gambar 4.19 Grafik lebar HAZ potongan pertama pada akhir pemotongan



Gambar 4.20 Grafik lebar HAZ potongan kedua pada awal pemotongan



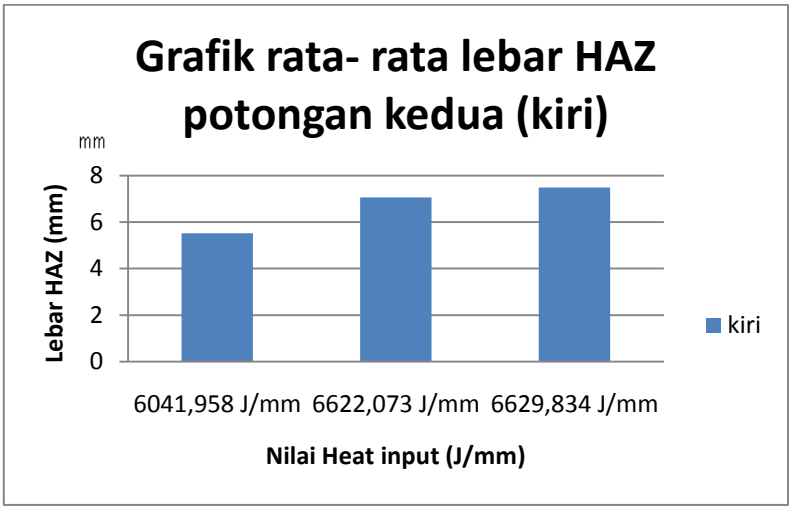
Gambar 4.21 Grafik lebar HAZ potongan kedua pada tengah pemotongan



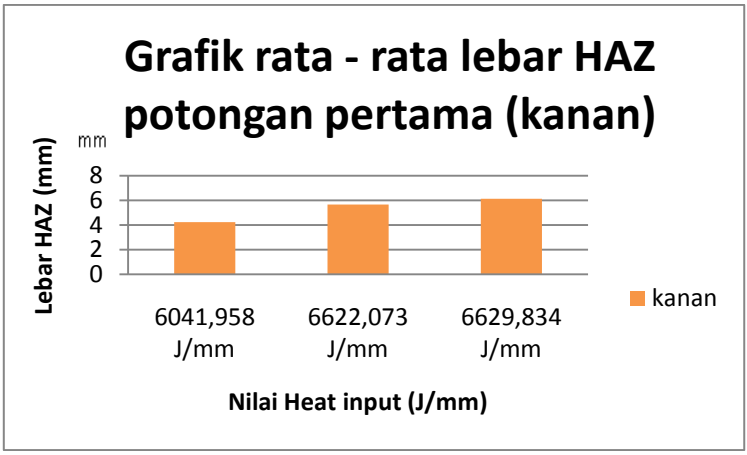
Gambar 4.22 Grafik lebar HAZ potongan kedua pada akhir pemotongan

Keterangan :

1. Garis 1 : Bagian Atas Plat
2. Garis 2 : Bagian Tengah Plat
3. Garis 3 : Bagian Bawah Plat
4. Arus 150 A : Heat input 6629.834 J/mm
5. Arus 165 A : Heat input 6622.073 J/mm
6. Arus 180 A : Heat input 66041.958 J/mm



Gambar 4.23 Grafik rata – rata lebar HAZ potongan kedua (sisi sebelah kiri)



Gambar 4.24 Grafik rata – rata lebar HAZ potongan pertama (sisi sebelah kanan)

4.4.1 Pembahasan nilai hasil lebar *HAZ*

Lebar HAZ pada potongan kedua (kiri) dan potongan pertama (kanan) berbeda karena kecepatan potong pada setiap pemotongan tidak sama. Semakin besar arus yang digunakan semakin lebar HAZ namun pada hasil tiap potongan semakin besar arus yang digunakan lebar HAZ cenderung semakin sempit hal ini dipengaruhi oleh sudut pemotongan dan dipengaruhi faktor lain nya yaitu kecepatan pemotongan, semakin lama pemotongan semakin banyak panas yang diterima material maka lebar HAZ juga makin besar.

Akan tetapi pada kecepatan heat input yang dihasilkan nilai lebih besar pada penggunaan arus 150 A dengan nilai heat input sebesar 6629,834. Hal ini dikarenakan pada perhitungan heat input kecepatan tidak tervalidasi dengan benar karena pemotongan terjadi penungguan sampai benar – benar tembus setelah itu busur baru berjalan kedepan. Sementara pada teori perhitungan hear input yang terjadi kecepatan dianggap stabil. Karena itu heat input dianggap mengikuti dengan perbesaran arus, semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar nilai heat input. Sementara itu pada lebar HAZ yang didapat dari hasil potongan cenderung menurun dikarenakan kestabilan kecepatan tidak bisa tervalidasi dengan baik dikarenakan proses pemotongan dilakukan secara manual

Tabel 4.6 Rangkuman hasil pengujian

Pengujian	variasi	Hasil					
		Potongan pertama (kiri)			Potongan kedua (kanan)		
		Awal	Tengah	Akhir	Awal	Tengah	Akhir
Makrro etsa	150	5,10 – 7,14 mm	6,14 -8,20 mm	6,52 – 7,54 mm	4,52 – 7,12 mm	6,14 – 7,10 mm	5,12 - 6,32 mm
	165	5,82 – 8,24 mm	5,82 – 8,64 mm	4,58 – 8,64 mm	3,82 – 4,54 mm	3,82 - 4,82 mm	3,26 – 5,12 mm
	180	4,12 – 8,84 mm	4,22 – 7,14 mm	3,84 – 6,84 mm	4,10 – 7,40 mm	4,24 – 7,24 mm	4,14 – 7,68 mm
Kekasaran permukaan (Ra)	Variasi	Awalan pemotongan		Tengah pemotongan		Akhir pemotongan	
	150	Antara 6,48 – 7,77 μm		Antara 8,03 – 8,30 μm		Antara 7,56 – 8,22 μm	
	165	Antara 8,32 – 10,53 μm		Antara 8,56 – 10,89 μm		Anta ra 7,83 – 9,18 μm	
	180	Antara 8,01 – 8,30 μm		Antara 8,16 - 10,92 μm		Antara 8,32 – 9,45 μm	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh variasi *heat input* pada pemotongan menggunakan SMAW electrode gouging diameter 3.2 mm pada material baja karbon rendah, dapat disimpulkan bahwa:

1. Didapat hasil lebar HAZ yang paling sempit didapatkan pada *heat input* sebesar 6041.958 J/mm (arus 180 A). Pada *heat input* 6622.073 J/mm (arus 165 A) mengalami kenaikan lebar HAZ dan begitu juga pada *heat input* sebesar 6629.834 J/mm (arus 150 A) mengalami kenaikan lagi .
2. Berdasarkan heat input didapatkan kenaikan nilai kekasaran permukaan yang kasar pada heat input 6041.958 J/mm (arus 180 A).Dan pada *heat input* sebesar 6622.073 J/mm (arus 165 A) mengalami penurunan nilai kekasaran permukaan cenderung halus begitu juga dengan *heat input* sebesar 6629.834 J/mm (arus 150 A) mengalami penurunan dan nilai kekasaran cenderung lebih halus.
3. Arus yang terbaik untuk digunakan adalah dengan nilai *heat input sebesar* 6629.834 J/mm (arus 150 A) dikarnakan kekasaran permukaan adalah yang paling halus meskipun lebar HAZ sedikit lebih lebar

5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak hal yang harus dikembangkan untuk mendapatkan hasil lebih baik pada penelitian selanjutnya. Oleh karean itu diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terkait dengan pengaruh perbedan variasi *heat input* menggunakan

elektroda gouging dengan diameter 3.2mm terhadap proses pemotongan baja karbon rendah.

2. Pada penelitian kali ini didapatkan banyak kesalahan dalam pemotongan *test piece* benda kerja dikarenakan terbatasnya alat potong yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

Abadi,Choirul. 2003. ***"Pengaruh Sudut Potong Pada Pembuatan Bevel dengan Proses Cutting Oxy-Acetylene Baja Karbon Rendah Dilihat dari Kekasaran Permukaan".*** *Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Wibowo, heri.,Ilman, M.Noer., Iswanto, Prio Tri. 2016. ''Analisa Heat Input Pengelasan Terhadap Distorsi Struktur Mikro dan Kekuatan mekanis Baja A36''. ***Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gajah Mada, ISSN 2477 – 6041***

Prof. Dr. Ir. Harsono Wiryosumarto, Prof. Dr. Toshie Okumura, Teknologi Pengelasan Logam, P. T. Pradya Paramita, Jakarta, 1981

Anoop G Das, R. Abana. ***International researh jurnal of Engineering and Technology. Comparative Study Air Carbon Arc Gouging Process On SAE 316 Stainless Steel****. Gnanamani college of Technology ,India, 2015.*
Victor : Air Carbon – ARC Guide *cutting and gouging system*

Nikko ARC Welding Electrode

Indian Standart Recommended Practices For Air Carbon Arc Gouging and Cutting. **Buku *Manuual Air Carbon Gouging.*** *New Delhi. 1978*

''Analisa Heat Input Pengelasan Terhadap Distorsi Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36'. ***Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gajah Mada****, ISSN 2477 – 6041*

Sato, G Takeshi dan Hartanto , N Sugiarto 1986. ***Menggambar Mesin Menurut Standar*** *ISO. Jakarta. PT Pradya Paramita*

Marc Steel SS400 Plates Manufacturr., ***Website Marcsteelindia****,<http://www.marcsteelindia.com/mild-steel-ss400-plates-manufacturer-supplier/>*

Lampiran 1 Spesifikasi plate Mild steel ss 400

Specifications: ASTM / ASME

Standard : AISI, ASTM, BS, DIN, GB, JIS

Thickness : 6MM to 300MM,

Specialize : Shim Sheet, Perforated Sheet, B. Q. Profile.

Length : 3000mm to 15000mm

Form : Coils, Foils, Rolls, Plain Sheet, Shim Sheet, Perforated Sheet, Chequered Plate, Strip, Flats, Blank (Circle), Ring (Flange)

Finish : Hot rolled plate (HR), Cold rolled sheet (CR), 2B, 2D, BA NO(8), SATIN (Met with Plastic Coated)

Hardness : Soft, Hard, Half Hard, Quarter Hard, Spring Hard etc.

Grade : MS SS400

mild Steel SS400 Plates Equivalent Grades

STANDARD	WERKSTOFF NR.	UNS
MS SS400	St37-2	SS400

SS400 Mild Steel Plates Chemical Composition :

Grade		Fe	Si	C	S	P
SS400	min.	99.25	–	–	–	–
	max.	100	0.4	0.26	0.050	0.040

ASTM MS Plates Mechanical Physical properties:

Grade	Yield Strength min. (Mpa)		Tensile Strength (Mpa)	Elongation min. %			ImpactResistancemin.[J]
	Thickness ＜16mm	Thickness ≥16mm		Thickness ＜5mm	Thickness 5-16mm	Thickness ≥16mm	
SS400	245	235	400-510	21	17	21	–

Types Of Mild Steel SS400 Plates

Mild Steel SS400 Plates	MS SS400 plates
Mild Steel SS400 Plates	MS ASTM Plates Exporter
Mild Steel SS400 Chequered Plate	ASTM MS Plates Supplier
DIN St37-2 MS Diamond Chequered Plate	SS400 MS Plates Manufacturers
UNS SS400 MS Plate Stockholder	Cold Rolled Mild Steel SS400 Plates
SS400 Mild Steel Plate 2B Finish Dealer	SS400 #4 Finish Mild Steel Plates
Cut to Size Mild Steel SS400 Plates	Hot Rolled Mild Steel SS400 Plates
Mild Steel SS400 CR Plates Stockist	Mild Steel SS400 HR Plates Dealer

Lampiran 2 Klasifikasi Elektroda gouging

NIKKO STEEL — QUALITY & TECHNOLOGY

MANUFACTURERS OF A DIVERSE RANGE OF ADVANCED WELDING CONSUMABLES

SECTION 10

WI-0304 DS153 NSG Rev. 1, Date 01.06.2010

NSG	**FLUX COATED MMA ELECTRODE FOR GOUGING ALL METALS**	DATA SHEET NO. **153**
SPECIFICATION / CLASSIFICATION	NO NATIONAL SPECIFICATIONS	
PRODUCT DESCRIPTION	A unique flux coating high in organic materials extruded onto a mild steel core wire with a blend of silicates that ensures coating strength. The flux also contains arc stabilising elements.	
GOUGING FEATURES OF THE ELECTRODE	The electrode functions AC and DC producing a strong arc surrounded by a powerful gas plasma. The strong arc melts the metal and the gas plasma blows it away leaving a clean gouge corresponding to the outside diameter of the electrode used.	
APPLICATIONS AND MATERIALS GOUGED	Gouging mild steel, stainless steel, cast irons, nickel based alloys. To assist weld preparation or back gouging when welding from both sides. Removal of worn hard facing deposits. Stress relieving grooves in cast irons etc. Removing weld defect, cracks etc.	
WELD SLAG	No residual slag is evident, only a porous sintered dross which is readily removable.	
GOUGE APPEARANCE	The gouge is smooth and internally clean. The dross covers only the groove edges and the gouge itself. May be welded directly by manual electrodes if TIG and MIG is to be used. The gouge should be pre-ground.	

WELDING AMPERE AC or DC+	Ø (mm)	3.2	4.0	5.0	
	MIN	150	230	290	
	MAX	200	270	330	
OTHER DATA	Electrodes that have become damp should be re-dried at 100°C for 30 minutes				

Lampiran 3 dokumentasi foto sisa pemakaian elektroda yang digunakan

Lampiran 4 Dokumentasi foto setalah proses pemotongan menggunakan elektroda gouging

Lampiran 5 Dokumentasi foto proses pemotongan menggunakan elektroda gouging

Lampiran 6 Nyala elektroda pada proses pemotongan

Lampiran 7 Plat hasil potongan

Lampiran 8 perhitungan heat input

Untuk arus 150 Amphere dengan panjang pemotongan 300 mm

- Kecepatan potong pada potongan pertama (mm/s)
  Waktu : 9 menit 03 detik
  (9 x 60 detik) + 03 detik = 543 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang\ \ pemotongan}{Waktu\ \ pemotongan}$

$$\frac{300\ mm}{543\ second}$$

= 0.552 mm/s

- Kecepatan potong pada potongan kedua (mm/s)
  Waktu : 9 menit 06 detik
  (9 x 60 detik) + 06 detik = 546 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang\ \ pemotongan}{Waktu\ \ pemotongan}$

$$\frac{300\ mm}{546\ second}$$

= 0.549 mm/s

- Kecepatan potong pada potongan ketiga (mm/s)
  Waktu : 9 menit 28 detik
  (9 x 60 detik) + 28 detik = 568 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang\ \ pemotongan}{Waktu\ \ pemotongan}$

$$\frac{300\ mm}{568\ second}$$

= 0.528 mm/s

  - ❖ Maka didapat rata – rata kecepatan potong

$$\frac{0.522 + 0.549 + 0.528}{3}$$

= 0.543 mm / s

- ❖ Maka didapatkan heat input sebesar
  Volt (V) : 30 v
  Arus (I) : 150 A
  η : 0.8
  Travel speed (s): 0. 543 mm/s
- ➢ HI =

$$\frac{\frac{V \; x \; I \; x \eta}{s}}{\frac{30 \; x \; 150 \; x \; 0.8}{0.543}}$$

= 6629. 834 J/mm

Untuk arus 165 Amphere dengan panjang pemotongan 300 mm

- Kecepatan potong pada potongan pertama (mm/s)
  Waktu : 8 menit 39 detik
  (8 x 60 detik) + 39 detik = 543 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang \;\; pemotongan}{Waktu \;\; pemotongan}$

$$\frac{300 \; mm}{519 \; second}$$

= 0.578 mm/s

- Kecepatan potong pada potongan kedua (mm/s)
  Waktu : 8 menit 03 detik
  (8 x 60 detik) + 03 detik = 483 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang \;\; pemotongan}{Waktu \;\; pemotongan}$

$$\frac{300 \; mm}{483 \; second}$$

= 0.621 mm/s

- Kecepatan potong pada potongan ketiga (mm/s)
  Waktu : 8 menit 24 detik
  (8 x 60 detik) + 24 detik = 504 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang\ \ pemotongan}{Waktu\ \ pemotongan}$

$$\frac{300\ mm}{504\ second}$$

= 0.595 mm/s

❖ Maka didapat rata – rata kecepatan potong

$$\frac{0.578 + \ 0.621 + \ 0.595}{3}$$

= 0.598 mm / s

❖ Maka didapatkan heat input sebesar
Volt (V) : 30 v
Arus (I) : 150 A
η : 0.8
Travel speed (s): 0. 598 mm/s

➢ HI (heat input) =

$$\frac{\frac{V\ x\ I\ x\eta}{s}}{\frac{30\ x\ 150\ x\ 0.8}{0.598}}$$

= 6622. 073 J/mm

Untuk arus 180 Amphere dengan panjang pemotongan 300 mm

- Kecepatan potong pada potongan pertama (mm/s)
  Waktu : 6 menit 43 detik
  (6 x 60 detik) + 43 detik = 403 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang\ \ pemotongan}{Waktu\ \ pemotongan}$

$$\frac{300\ mm}{403\ second}$$

= 0.744 mm/s

- Kecepatan potong pada potongan kedua (mm/s)
  Waktu : 7 menit 08 detik
  (7x 60 detik) + 08 detik = 428 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang\ \ pemotongan}{Waktu\ \ pemotongan}$

$$\frac{300\ mm}{428\ second}$$

= 0.700 mm/s

- Kecepatan potong pada potongan ketiga (mm/s)
  Waktu : 7 menit 07 detik
  (7x 60 detik) + 07 detik = 427 detik
  Kecepatan potong : $\frac{Panjang\ \ pemotongan}{Waktu\ \ pemotongan}$

$$\frac{300\ mm}{568\ second}$$

= 0.702 mm/s

❖ Maka didapat rata – rata kecepatan potong

$$\frac{0.744 + 0.700 + 0.702}{3}$$

= 0.715 mm / s

❖ Maka didapatkan heat input sebesar
Volt (V) : 30 v
Arus (I) : 150 A
η : 0.8
Travel speed (s) : 0. 543 mm/s

- HI (heat input) = $\frac{V \; x \; I \; x \eta}{s}$

$$\frac{30 \; x \; 150 \; x \; 0.8}{0.543}$$

= 6629. 834 J/mm

BIODATA PENULIS

Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 03 juli 1997 di Jakarta, Provinsi Jakarta. Pendidikan Formal yang pernah ditempuh yaitu pada tahun 2003 – 2009 bersekolah di SDIT Taufiqurrahman, kemudian pada tahun 2009 – 2012 melanjutkan ke SMP Negeri 99 Jakarta dan pada tahun 2012 – 2015 melanjutkan ke SMA Negeri 89 Jakarta. Setlah itu pada tahun 2015 penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi Diploma, Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS dan mengambil bidang studi manufaktur. Penulis pernah menjabat sebagai Staf ahli divisi teknis BSO Bengkel di himpunan mahasiswa D3 Teknik Mesin Industri periode 2016 – 2017, penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera selama satu bulan. Dalam melakukan kerja praktek penulis melakukan studi dengan judul "Alur Proses Perawatan Kapal di PT Yasa Wahana Tirta Samudera'' . Bagi pembaca yang berdiskusi dan menanyakan informasi mengenai tugas akhir ini, pembaca dapat menghubungi penulis via E-mail : yogawilly2@gmail.com