TUGAS AKHIR – TM 145502

PENGARUH VARIASI BESARNYA ARUS TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PADA PROSES PEMOTONGAN BAJA SS 400 MENGGUNAKAN ELEKTRODA CARBON GOUGING DIAMETER 6mm

ABRI DENNY NOYA
NRP. 102115 00000 080

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

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

FINAL PROJECT – TM 145502

INFLUENCE OF ELECTRIC CURRENT VARIATION TO ROUGHNESS SURFACE AND WIDTH AREA OF HAZ ON CUTTING PROCESS SS 400 LOW CARBON STEEL USING CARBON GOUGING ELECTRODE 6mm

ABRI DENNY NOYA
NRP. 102115 00000 080

Consellor Lecture
Ir Gathot Dwi W, MT.
NIP. 19580915 198701 1 001

INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI BESARNYA ARUS TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PADA PROSES PEMOTONGAN BAJA SS 400 MENGGUNAKAN ELEKTRODA CARBON GOUGING DIAMETER 6mm

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

ABRI DENNY NOYA

NRP. 102115 00000 080

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

Ir. Gathot Dwi W, MT

NIP 19580915 198701 1 001

Surabaya, Juli 2018

PENGARUH VARIASI BESARNYA ARUS TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PADA PROSES PEMOTONGAN BAJA SS 400 MENGGUNAKAN ELEKTRODA CARBON GOUGING DIAMETER 6mm

Nama Mahasiswa : Abri Denny Noya
NRP : 10211500000080
Jurusan : Dept. Teknik Mesin Industri FV-ITS
DosenPembimbing : Ir. Gathot Dwi W, MT.

Abstrak

Pemotongan logam menggunakan proses las dengan elektroda carbon gouging sering dipergunakan dalam konstruksi bangunan, dikarnakan proses ini lebih efisien dalam penggunaannya maka pada proses pemotongan ini haruslah diperhatikan sifat-sifat benda dan cara-cara pemotongan berdasarkan fungsi dan tujuan.

Pada penelitian ini adalah pemotongan menggunakan metode elektroda carbon gouging dengan variasi besarnya arus listrik yang dipakai terhadap baja SS400. Variasi besarnya arus yang digunakan adalah 260 A, 280 A, dan 300A. Kemudian diuji dengan pengujian kekasaran permukaan dan makro ETSA.

Pada hasil pengujian kekasaran permukaan, permukaan yang paling halus terdapat pada arus 280 A. Untuk hasil pengamatan makro ETSA didapatkan lebar HAZ yang terbesar terdapat pada hasil pemotongan dengan arus 300A dan yang terkecil terdapat pada arus 260 A. Pada pengamatan ini didapatkan arus yang terbaik sebesar 280 A dikarnakan mempunyai kekasaran permukaan yang halus meskipun mempunyai lebar HAZ yang sedikit lebih lebar.

***Kata kunci* :**Amphere, Carbon Gouging,*Cutting*, Foto Makro, Kekasaran.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

INFLUENCE OF ELECTRIC CURRENT VARIATION TO ROUGHNESS SURFACE AND WIDTH AREA OF HAZ ON CUTTING PROCESS SS400 LOW CARBON STEEL USING CARBON GOUGING ELECTRODE 6mm

Name : Abri Denny Noya
NRP : 10211500000080
Department : Industrial Mechanical Engineering FV-ITS
Superviser : Ir. Gathot Dwi W, MT.

Abstract

Cutting of metal with welding process using a carbon gouging electrode is often used in building constructions, this cutting process is more efficient, which is needs to be handled with care and looked upon based on the function and point of the cutting process.

This observation is cutting process using carbon gouging electrode with electricity current variation for mild steel SS400. The electricity current variations are 260 A, 280 A and 300 A. and then uses toughness testings and metallography by using a way called macro ETSA.

On this observation, thoughness surface, the smoothest surface is on current 280 A. from macro ETSA testing, the widest HAZ area is on current 300 A and the narrowest HAZ area is on current 260 A. From this observation is we got the best electricity current is 260 A because having the smoothest toughness surface, although the HAZ area is the widest from all.

Key words : Ampere, Carbon Gouging, Cutting, Metallography, Toughness.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul :

"Pengaruh Variasi Besarnya Arus Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan dan Lebar HAZ pada Proses Pemotongan Baja SS 400 Menggunakan Electroda Carbon Gouging Diameter 6mm"

. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak - pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini antara lain :

1. **Bapak Ir. Gathot Dwi W, MT** selaku Dosen Pembimbing yang banyak memberikan ilmu yang bermanfaat, saran, dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT**., selaku Ketua Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri. Terima kasih atas segala bantuan dan motivasinya.
3. **Bapak Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT** selaku dosen wali yang selalu memberi masukan kepada penulis.
4. Dosen Penguji yang telah memberi masukan kepada penulis
5. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri ITS.
6. Kedua orang tua penulis ibu Briantin Suxmi Gemmy dan bapak Abraham Pieter Noya yang tak pernah berhenti berdo'a, dan selalu memberikan dukungan serta nasihat agar berusaha dan pantang menyerah. Terima kasih atas inspirasi dan kasih sayang yang selalu diberikan demi kesuksesan penulis.
7. Willy Yoga sebagai *partner* dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Rizky Haura Nindya Safitri yang selalu memberi dukungan serta doa untuk penulis.

9. Teman-teman Laboratorium Metalurgi. Terimakasih atas kerjasama dan bantuan yang sangat berharga.
10. Bengkel Las Prima Lumintu dan Spektra Megah Semesta yang membantu kelancaran pembuatan tugas akhir ini
11. Teman - Teman Departemen Teknik Mesin Indutri angkatan 2015, yang telah menemani selama tiga tahun terima kasih atas segalanya.
12. Serta berbagai pihak yang belum tertulis tetapi sangat berarti dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengarapkan saran dan masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

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

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

BAB II DASAR TEORI 5
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.2 Klasifikasi Baja Karbon Secara Umum 5
2.3 Baja Karbon Rendah..... 7
2.3.1 Pengaruh Unsur-Unsur Dari Baja Karbon..... 9
2.3.2 Struktur Mikro Baja Karbon Rendah..... 10
2.3.3 Baja SS 400 11
2.4 Pemotongan Logam..... 12
2.4.1 Pemotongan Dengan *Oxy-Acetylene* 13
2.4.2 Pemotongan Busur Udara..... 14
2.5 Parameter Pemotongan Busur Udara..... 15
2.5.1 Elektroda..... 15
2.5.2 Tekanan Udara..... 16
2.5.3 Polaritas 17
2.5.4 Cutting Torches 18

2.5.5 Teknik Mengoperasikan 19
2.5.6 Besar Kuat Arus Pemotongan..... 20
2.6 Siklus Termal..... 21
2.7 Heat Input 24
2.8 Kekasaran Permukaan 25
2.8.1 Penyimpangan Rata-Rata Aritmatik dari Garis Rata-Rata Profil 25
2.8.2 Ketidakrataan Ketinggian Sepuluh Titik R_z 26
2.8.3 Ketidak rataan ketinggian maksium R_{max} 27
2.9 HAZ (Heat Affected Zone)..... 27
2.10 Metalogragi..... 28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 31
3.1 Flowchart Penelitian 31
3.2 Waktu pelaksanaan Penelitian..... 33
3.3 Tempat Penelitian..... 33
3.4 Langkah Kerja 33
3.4.1 Studi Literatur..... 34
3.4.2 Pemilihan Alat dan Bahan..... 34
3.4.3 Persiapan Proses Pemotongan 37
3.4.4 Proses Pemotongan..... 37
3.4.5 Persiapan Benda Uji 39
3.5 Pengujian Kekasaran 39
3.5.1 Alat yang Digunakan Untuk Pengujian Kekasaran Permukaan 39
3.5.2 Proses Pengujian..... 41
3.6 Pengujian Metalografi 42

BAB IV PERHITUNGAN 45
4.1 Parameter Pemotongan..... 45
4.2 Data penelitian Pengujian Kekasaran..... 46
4.3 Pembahasan Nilai Hasil Uji Kekasaran..... 47
4.4 Macro Etsa Test (Uji Makro Etsa)..... 51
4.5 Pembahasan Hasil Uji Makro Etsa 62
4.6 Hasil Pembahasan..... 65

4.7 Pembahasan 67

BAB V KESIMPULAN..... 69
5.1 Kesimpulan..... 69
5.2 Saran..... 69

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon 8
Tabel 2.2 Spesifikasi Baja SS 400 11
Tabel 2.3 *Mild Steel SS400 Plates Equivalent Grades* 11
Tabel 2.4 Komposisi Baja SS400 11
Tabel 2.5 *Yield Strength* 12
Tabel 2.6 Tipe Baja SS400 12
Tabel 2.7 Klasifikasi Cara Pemotongan 13
Tabel 2.8 Tekanan Udara dan Tingkat Konsumsi udara untuk Berbagai Ukuran Elektroda 17
Tabel 2.9 Rekomendasi Kuat Arus untuk Jenis dan Ukuran Elektroda yang Umum Digunakan 21
Tabel 2.10 *Etching Reagent Untuk Melihat Microstructure* 29
Tabel 3.1 Logam Induk dan Elektroda 35
Tabel 3.2 Parameter Pemotongan 35
Tabel 3.3 Spesifikasi Teknis 39
Tabel 4.1 Logam Induk dan Parameter Pemotongan 45
Tabel 4.2 Heat Input 45
Tabel 4.3 Data primer Pemotongan 46
Tabel 4.4 Tabel Nilai Kekasaran Variasi Ampere 46
Tabel 4.5 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Arus 260 A 53
Tabel 4.6 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Arus 260 A 54
Tabel 4.7 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Arus 260 A 55
Tabel 4.8 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Arus 280 A 56
Tabel 4.9 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Arus 280 A 57
Tabel 4.10 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Arus 280 A 58
Tabel 4.11 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Arus 300 A 59

Tabel 4.12 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Arus 300 A 60
Tabel 4.13 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Arus 300 A 61
Tabel 4.14 Rangkuman Hasil Pengujian 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fe_3C 7
Gambar 2.2Pemotongan Dengan *Oxy-Acetylene* 14
Gambar 2.3 Pemotongan dengan Busur Udara 15
Gambar 2.4 Torch Pemotong Busur Udara 19
Gambar 2.5 Posisi Elektroda dan Holder 19
Gambar 2.6 Mekanisme Penggunaan 20
Gambar 2.7 Daerah HAZ 22
Gambar 2.8 Siklus Termal dari Beberapa Tempat Dalam Daerah HAZ 23
Gambar 2.9 Siklus Termal Disekitar Lasan Dengan Konsisi Pemotongan yang Berbeda 23
Gambar 2.10 Penyimpangan rata-rata aritmetik R_a dari garis rata-rata profil 26
Gambar 2.11 Ketinggian Sepuluh Titik R_a dari ketidak rataan 27
Gambar 2.12 Ketinggian Maksimum R_{max} dari Ketidakrataan 27
Gambar 2.13 HAZ pada Pemotongan Dengan Laku Panas 28
Gambar 3.1 Flowchart Diagram 31
Gambar 3.2 Dimensi Benda Sebelum Dipotong 34
Gambar 3.3 Benda Kerja Sebelum Dilakukan Pemotongan 35
Gambar 3.4 Elektroda Carbon Gouging 36
Gambar 3.5 Tang Ampere 36
Gambar 3.6 Torch Carbon Gouging 36
Gambar 3.7 Mesin Cutting 37
Gambar 3.8 Tekanan Udara Pada Kompresor 38
Gambar 3.9 Proses Pemotongan 38
Gambar 3.10 Sketsa Proses Pemotongan 38
Gambar 3.11 Alat Uji Kekasaran 40
Gambar 3.12 Komponen Alat Uji Kekasaran 40
Gambar 3.13 Titik Pengujian Kekasaran 42

Gambar 3.14 Kertas Gosok 43
Gambar 3.15 Spesimen Sebelum di ETSA 43
Gambar 3.16 Larutan ETSA 44
Gambar 3.17 Proses Pengetsaan 44
Gambar 3.18 Alat dan Bahan Untuk Proses ETSA..... 44
Gambar 4.1 Sketsa Pemotongan 48
Gambar 4.2 Titik Pengujian Kekasaran 48
Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekasaran Pada 260 Ampere..... 50
Gambar 4.4 Grafik Nilai Kekasaran Pada 280 Ampere..... 51
Gambar 4.5 Grafik Nilai Kekasaran Pada 300 Ampere..... 51
Gambar 4.6 Pengambilan Spesimen 52
Gambar 4.7 Foto Makro Pemotongan dengan Arus
260 Ampere pada Awal Pemotongan..... 53
Gambar 4.8 7 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus
260 Ampere pada Awal Pemotongan..... 53
Gambar 4.9 7 Foto MakroPemotongan dengan Arus
260 Ampere pada Tengah Pemotongan 54
Gambar 4.10 7 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus
260 Ampere pada Tengah Pemotongan 54
Gambar 4.11 7 Foto Makro Pemotongan dengan Arus
260 Ampere pada Akhir Pemotongan..... 55
Gambar 4. 12 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus
260 Ampere pada Akhir Pemotongan..... 55
Gambar 4.13 Foto Makro Pemotongan dengan Arus
280 Ampere pada Awal Pemotongan..... 56
Gambar 4. 14 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus
280 Ampere pada Awal Pemotongan 56
Gambar 4.15 Foto Makro Pemotongan dengan Arus
280 Ampere pada Tengah Pemotongan 57
Gambar 4.16 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus
280 Ampere pada Tengah Pemotongan 57
Gambar 4.17 Foto Makro Pemotongan dengan Arus
280 Ampere pada Akhir Pemotongan..... 58

Gambar 4.18 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 280 Ampere pada Akhir Pemotongan 58
Gambar 4.19 Foto Makro Pemotongan dengan Arus 300 Ampere pada Awal Pemotongan..... 59
Gambar 4.20 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 300 Ampere pada Awal Pemotongan..... 59
Gambar 4.21 Foto Makro Pemotongan dengan Arus 300 Ampere pada Tengah Pemotongan 60
Gambar 4.22 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 300 Ampere pada Tengah Pemotongan 60
Gambar 4.23 Foto Makro Pemotongan dengan Arus 300 Ampere pada Akhir Pemotongan 61
Gambar 4.24 Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 300 Ampere pada Akhir Pemotongan 61
Gambar 4.25 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Awal Pemotongan 62
Gambar 4.26 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Tengah Pemotongan 62
Gambar 4.27 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Akhir Pemotongan 63
Gambar 4.28 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Awal Pemotongan 63
Gambar 4.29 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Tengah Pemotongan 64
Gambar 4.30 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Akhir Pemotongan 64
Gambar4.31 Hasil Pemotongan pada Arus 260 Ampere 65
Gambar4.31 Hasil Pemotongan pada Arus 280 Ampere 65
Gambar4.31 Hasil Pemotongan pada Arus 3000 Ampere 65

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BIODATA PENULIS

Penulis yang memiliki nama lengkap Abri Denny Noya dilahirkan di Kota Surabaya, 29 Desember 1997, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh Pendidikan formal yaitu Tk PGRI , SD Negeri Balas Klumprik 212 Surabaya, SMP Negeri 16 Surabaya, dan SMA Negeri 6 Surabaya. Pada tahun 2015 Penulis diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin FV-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 10211500000080. Manufaktur merupakan bidang studi yang dipilih penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktiv mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisai. Kegiatan yang pernah diikuti antara lain : Menjadi Staff Departemen Kewirausahaan BEM-FTI Periode 2016-2017. PT Pupuk Sriwidjaja Palembang, Sumatra Selatan merupakan tempat kerja praktek penulis selama satu bulan pada tanggal 15 Juli s/d 15 Agustus 2017 di bidang mekanikal.

Pelatihan yang pernah diikuti : Pelatihan Karya Tulis Ilmiah HMDM (2015), Pelatihan LKMM Pra-Tingkat Dasar (Pra-TD) FTI-ITS (2015), Pelatihan LOT FTI-ITS (2016).

Email : abridenny45@gamil.com

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era modern ini, pemotongan baja sering dipergunakan dalam konstruksi bangunan, konstruksi mesin dan lain lain. Pada proses pemotongan baja haruslah diperhatikan pada saat pemilihan cara pemotongan, proses pemotongan, sifat sfat benda maupun pada pemotongan las berdasarkan fungsi dan tujuan yang akan dilakukan.

Pada teknologi pemotongan las dikenal metode pemanasan logam menggunakan busur listrik yang dihasilkan oleh elektroda karbon dan kemudian cairan logam disembur dengan udara bertekanan. Metode ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dari pada pemotongan dengan gas. Untuk itu dalam proses pemotongan diperlukan kemampuan yang tepat dalam menentukan parameter proses pemotongan agar mendapatkan hasil potong yang terbaik.

Dikarnakan pada penelitian sebelumnya milik Choirul Abadi tahun 2003 yang menggunakan *oxy-acetylene* maka dari itu saya mengambil topik menggunakan elektroda *carbon gouging* pada pemotongan SMAW. Adapun salah satu faktor pada pemotongan menggunakan busur listrik adalah *arus listrik*.

Semakin besar *arus listrik* yang digunakan maka akan semakin mudah dalam pemotongan akan tetapi pasti akan merubah nilai kekasaran yang dihasilkan serta luas HAZ yang diperoleh. Oleh karna itu pengaruh adanya variasi *arus listrik* pada pemotongan terhadap nilai kekasaran dan luasan HAZ perlu di teliti lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penelitian tersebut ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan diantara rumusan masalah tersebut adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap lebar HAZ dari material baja SS 400 yang telah dilakukan pemotongan las dengan carbon gouging ?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan dari material baja SS 400 yang telah dilakukan pemotongan las dengan carbon gouging ?
3. Berapa nilai *arus listrik* yang terbaik pada pemotongan baja ss 400 dengan elektroda carbon gouging 6 mm ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Analisa dibatasi dengan kuat arus 300 *ampere*, 280 *ampere*, dan 260 *ampere*
2. Kecepatan potong yang digunakan 1,339 mm/sec
3. Tegangan yang digunakan adalah DC 15 Volt
4. Bahan yang digunakan adalah baja ss 400 dengan tebal plat 10 mm
5. Elektroda yang digunakan adalah carbon gouging carbon 6 mm.
6. Menggunakan mesin potong merek FOCUS SMAW 400 dengan nomor seri 2014031226
7. Tekanan udara yang digunakan 75 kg/cm^2

1.4 Tujuan

1. Mengetahui lebar HAZ (Heat Affected Zone) pemotongan SMAW dengan elektroda carbon gouging pada baja karbon rendah menggunakan uji foto makro
2. Mengetahui kekasaran permukaan yang diperoleh setelah dilakukan pemotongan SMAW dengan elektroda carbon gouging dengan uji kekasaran permukaan
3. Mendapatkan nilai *arus listrik* yang terbaik untuk digunakan

1.5 Manfaat

Dapat menerapkan pengetahuan dan teori yang didapatkanselama di bangku kuliah untuk diaplikasikan pada permasalahan yang ada.

1.6 Sistematik Penulisan

Penulisan penelitian ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metodologi penulisan, sistematika penulisan, dan relevasi pembuatan laporan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan dasar teori yang menjadi pembahasan Penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian, diagram, langkah-langkah penelitian, spesifikasi dan proses pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian kekasaran dan pengujian metalografi.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi-referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal terdahulu dan penelitian terdahulu.

LAMPIRAN

Berisi tentang data-data tambahan yang menunjang penelitian.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

penelitian ini mengambil contoh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu Pengaruh Sudut Potong Pembuatan Bevel dengan Proses Cutting Oxy-Acetylene Baja Karbon Rendah Dilihat dari Kekasaran Permukaan (Abadi,2003). Dengan hasil penelitian nilai kekasaran permukaan meningkat searah dengan peningkatan besarnya variasi sudut bevel dan besarnya variasi sudut potong. Dan sudut bevel yang paling baik adalah sudut bevel 25° dan sudut potong yang paling baik adalah sudut potong 20°. Analiisa Heat Input Pengelasan Terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36. (Wibowo,2016) Dengan didapatkan rumus masukan panas (Heat Input) yang digunakan.

Sehingga pada penelitian ini pemotongan menggunakan elektroda carbon gouging dikarnakan pada penggunaannya lebih aman dibandingkan dengan oxy-acetylene dengan variasi pada arus listrik.

2.2 Klasifikasi Baja Karbon Secara Umum

Berdasarkan komposisi pembentuknya, maka baja karbon dapat di klasifikasikan dalam 3 kelompok sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah

   low carbon atau mild steel dengan kadar karbon 0,008% - 0,3% sangat luas penggunaannya, untuk baja konstruksi, untuk rangka bangunan, rangka kendaraan, mur-baut, plat, pipa dan tangki.

   Baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak tapi keuletan tinggi, mudah di machining, dan mudah dibentuk termasuk pula sifat mampu las dan cuttingnya yang tinggi

2. Baja Karbon Medium

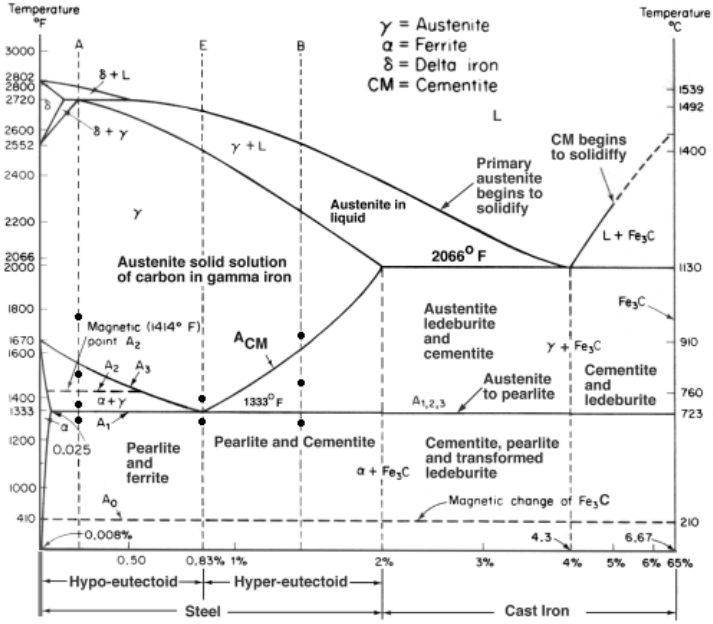
   Medium carbon dengan kadar karbon 0,3% - 0,45%. Sifat baja ini kuat dan keras serta dapat dikeraskan. Penggunaannya hamper sama dengan baja karbon rendah, digunakan untuk bahan yang memerlukan kekuatan dan

ketangguhan tinggi, juga banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin, poros, roda gigi dan lainnya.

3. Baja Karbon Tinggi

   High carbon dengan kadar karbon 0,45% - 1,7 %. Sifat baja ini lebih kuat dan keras tapi keuletan dan ketangguhannya rendah. Baja ini terutama digunakan untuk perkakas yang biasanya memerlukan sifat tahan aus. Misal untuk mata bor, tap, perkakas dan lain-lain. Baja ini mengandung banyak karbon dan unsur lain yang dapat memperkeras baja. Karna baja ini sangat mudah menjadi keras dan getas bila dibandingkan dengan baja karbon rendah maupun sedang. Sehingga sifat mampu lasnya dan cuttingnya tinggi.

Sifat baja karbon sangat bergantung pada kadar karbon. Bila kadar karbon naik maka kekerasan dan kekuatan bertambah tinggi tetapi perpanjangan menurun atau semakin getas.



Gambar 2.1 : Diagram Fe_3C
sumber : buku Ilmu dan Teknologi bahan,1985

2.3 Baja Karbon Rendah

Pada dasarnya baja adalah paduan besi dan karbon dengan sedikit unsur lain, misalnya Mn, P, S, dan Cu. Sedangkan bila baja tersebut mengandung juga unsur-unsur tersebut dalam jumlah yang cukup besar sehingga akan merubah sifatnya dan dinamakan baja paduan (*Alloy Steel*). Dalam pengelompokannya, baja didasarkanatas kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3% C, baja karbon sedang mengandung 0,30% sampai 0,45% C dan baja karbon tinggi berisi karbon antara 0,45% sampai 1,70%.

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon.

Jenis dan Kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm²)	Kekuatan tarik (kg/mm²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0,08	18–28	32–36	40–30	95–100	pelat tipis
	Baja sangat lunak	0,08–0,12	20–29	36–42	40–30	80–120	batang, kawat
	Baja lunak	0,12–0,20	22–30	38–48	36–24	100–130	Konstruksi umum.
	Baja sete-ngah lunak	0,20–0,30	24–36	44–55	32–22	112–145	
Baja karbon sedang	Baja sete-ngah keras	0,30–0,40	30–40	50–60	30–17	140–170	Alat-alat mesin.
Baja Karbon tinggi	Baja keras	0,04–0,50	34–46	58–70	26–14	160–200	Perkakas
	Baja sangat keras	0,50–0,80	36–47	65–100	20–11	180–235	Rel, pegas, dan kawat piano

Sumber : Buku Teknologi Pengelasan Logam 2000

Dari tabel diberikan pembagian beserta penggunaannya, bahwa baja karbon rendah masih dibagi lagi menjadi baja lunak khusus , baja sangat lunak dan baja setengah lunak. Untuk baja karbon tinggi juga dibagi lagi menjadi baja keras dan baja sangat keras.

Kekerasan baja makin tinggi dengan makin besarnya karbon sedangkan kekuatan Tarik hanya sampai kadar karbon 0,8 % sesudah itu mulai menurun. Keuletan yang dinyatakan dengan elongation justru menurun dengan naiknya kadar karbon**.**

Pada baja *hypoeuktektoid* (0,008% < C < 0,83%) strukturnya terdiri dari ferrit yang sangat lunak dan ulet, dan perlit yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Pada kadar karbon rendah maka jumlah ferritnya banyak dan jumlah perlitnya lebih sedikit, maka kekuatannya akan rendah. Dengan naiknya kadar karbon maka jumlah perlit bertambah dan tentu juga kekuatan dan kekerasan akan bertambah dan akan mencapai maksimum bila strukturnya seluruhnya perlit 0,8% C.

Pada baja hypereuktektoid (0,83 < C < 0,2) strukturnya terdiri dari perlit dan sementid yang berupa network. Kekerasan memang akan lebih tinggi tapi kekuatannya akan lebih sedikit menurun dibandingkan baja *eutectoid*.

2.3.1 Pengaruh Unsur-Unsur Dari Baja Karbon

Adapun pengaruh unsur yang terdapat pada baja karbon adalah sebagai berikut :

1. Karbon (C)

   Adalah unsur utama pada baja karbon. Sifatnya berbanding lurus dengan kekerasan. Jadi semakin tinggi kadar karbon, maka kekerasan dan tegangan tarik semakin tinggi pula, tetapi keuletan turun atau semakin getas.
2. Mangan (Mn)

   Mangan akan menaikkan kekerasan dan kekuatan Tarik dengan kandungan mangan yang kurang dari 0,3% dapat menaikkan ketahanan terhadap korosi dan mencegah keretakan pada baja.
3. Sulfur (S)

   Sulfur menaikkan machineability pada baja tetapi menurunkan keuletan baja, ketahanan beban impact dan sifat umum las atau cutting. Sulfur dalam jumlah banyak akan menaikkan kecenderungan retak. Kandungan sulfur yang ideal adalah 0,035%
4. Phosphor (P)

   Phosphor dalam jumlah besar akan menaikkan kekuatan dan kekerasan, tetapi mengurangi keultean dan ketahanan beban impact pada baja karbon tinggi. Pada baja karbon rendah phosphor memperbaiki machineability dan ketahanan terhadap korosi kandungan phosphor lebih dari 0,4 % menyebabkan rapuh dan cenderung retak.
5. Silikon (Si)

   Silikon merupakan unsur deoksidasi, silicon menaikkan kekuatan dan kekerasan tetapi pada karbon rendah, silicon akan merugikan kualitas permukaan baja, jika kandungan karbon tinggi, silicon menyebabkan mudah retak. Kandungan yang ideal yang diinginkan adalah 0,1%.

6. Tembaga (Cu)

   Tembaga menaikkan ketahanan terhadap korosi, bila presentase tidak lebih 0,15% tapi bila kandungan lebih dari 0,15% dapat mempengaruhi sifat mekanik baja, jika baja dikenai panas.

2.3.2 Struktur Mikro Baja Karbon Rendah

Pada baja karbon rendah struktur mikro terdiri dari sementit, ferit, perlit, dan austenite :

1. Sementit

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

2. Ferite

   Ferite (Feα) yaitu larutan padat dengan persentase karbon 0,008 % C pada suhu kamar dan kelarutan karbon maksimal 0,025% C pada suhu 723° C. Ferit bersifat lunak dan keuletannya tinggi.

3. Pearlit

   Pearlit adalah *eutectoid* mixture dari sementit dan ferrite pada karbon 0,8% dan struktur mikronya tersusun berlapis-lapis antara ferrite dan sementit. Oleh karna itu sifat perlit adalah gabungan antara sifat ferit dan sementit yaitu agak keras dengan keuletan yang tinggi.

4. Austenit

   Austenit adalah larutan padat karbon dalam besi γ. Kekuatan Tarik 1050 kg/cm^2, kekerasan 40 Rc, ketangguhannya tinggi. Biasanya tidak stabil pada temperature kamar.

2.3.3 Baja SS 400

Tabel 2.2 : Spesifikasi Baja 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.

Sumber : *http://www.marcsteelindia.com/mild-steel-ss400-plates-manufacturer-supplier/*

Tabel 2.3 : *Mild Steel SS400 Plates Equivalent Grades*.

STANDARD	**WERKSTOFF NR.**	**UNS**
MS SS400	St37-2	SS400

Sumber : *http://www.marcsteelindia.com/mild-steel-ss400-plates-manufacturer-supplier/*

Tabel 2.4 : Komposisi Baja SS400.

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

Sumber : *http://www.marcsteelindia.com/mild-steel-ss400-plates-manufacturer-supplier/*

Tabel 2.5 : *Yield Strength.*

Grade	***Yield Strength min. (Mpa)***		***Tensile Strength (Mpa)***
	Thickness <16 mm	*Thickness ≥16mm*	
SS400	245	235	400-510

Sumber : *http://www.marcsteelindia.com/mild-steel-ss400-plates-manufacturer-supplier/*

Tabel 2.6 : Tipe Baja SS400.

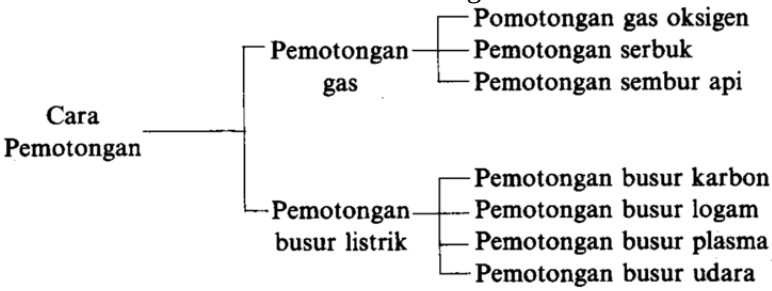
Mild Steel SS400 Plates	***MS SS400 plates***
Mild Steel SS400 Plates	*MS ASTM Plates Exporter*
Mild Steel SS400 Chequered Plate	*ASTM MS Plates Supplier*
DIN St37-2 MS Diamond Chequered Plate	*SS400 MS Plates Manufacturers*
UNS SS400 MS Plate Stockholder	*Cold Rolled Mild Steel SS400 Plates*
SS400 Mild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

Sumber : *http://www.marcsteelindia.com/mild-steel-ss400-plates-manufacturer-supplier/*

2.4 Pemotongan Logam

Pemotongan yang dibahas disini adalah pemotongan dengan cara mencairkan logam yang dipotong. Cara yang banyak digunakan dalam pengelasan adalah pemotongan dengan oxy-acetilin dan pemotongan dengan busur listrik.

Tabel 2.7 : Klasifikasi Cara Pemotongan.



Sumber : Buku Teknologi Pengelasan Logam,2000

2.4.1 Pemotongan Dengan *Oxy-Acetylene*

Diantara cara-cara pemotongan salah satunya adalah pemotongan dengan *oxy-acetylene*. Pemotongan ini terjadi karena adanya reaksi antara oksigen dan baja. Pada permulaan pemotongan baja dipanaskan lebih dahulu dengan api *oxy-acetylene* sampai mencapai suhu 800 sampai 900° C. kemudian gas oksigen tekanan tinggi atau gas pemotong lainnya disemburkan ke bagian yang dipanaskan tersebut dan terjadilah proses pembakaran yang membentuk oksida besi. Karena titik cair oksida besi lebih rendah dari baja maka oksida tersebut mencair dan terhembus oleh gas pemotong. Dengan ini terjadilah pemotongan.

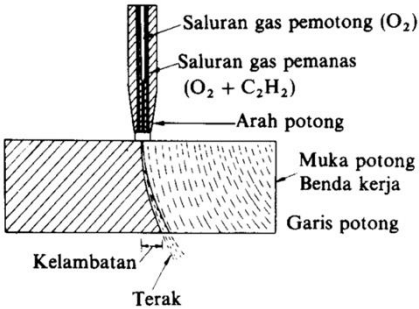
Proses pembakaran yang terjadi selama pemotongan diperkirakan mengikuti reaksi sebagai berikut:

$$Fe + {}^{1}/_{2}\, O_2 \rightarrow FeO + 64 \text{ Kcal}$$
$$2Fe + 1{}^{1}/_{2}\, O_2 \rightarrow Fe_2O_2 + 190{,}7 \text{ Kcal}$$
$$3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + 266{,}9 \text{ Kcal}$$

Reaksi di atas menunjukkan bahwa selama pemotongan dihasilkan panas, sehingga proses pemotongan ini dapat berlangsung dengan hanya menyemburkan oksigen saja. Tetapi dalam praktek ternyata bahwa pemanasan masih tetap digunakan. Skema pemotongan dengan gas ditunjukkan dalam gambar 2.2 dimana dapat dilihat

oksigen bertekanan tinggi atau gas pemotong disemburkan melalui lubang tengah sedangkan gas *oxy-acetylene* untuk pemanas dialirkan melalui lubang-lubang kecil yang mengelilinginya.

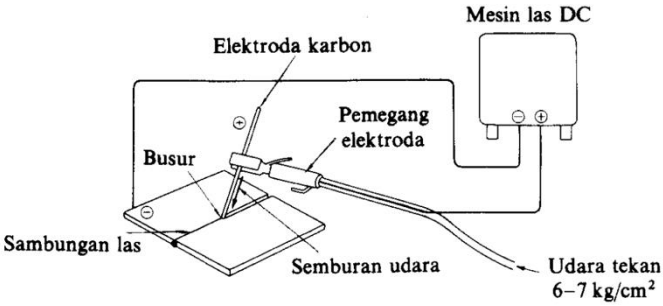
Alat potong ini biasanya dikelompokkan dalam jenis-jenis tekanan rendah dan tekanan sedang. Sedangkan pelaksanaan dibagi dalam pelaksanaan dengan tangan dan pelaksanaan otomatis dimana alat potong diletakan pada kereta yang digerakkan dengan motor.



Gambar 2.2 : Pemotongan dengan *Oxy-Acetylene*.
Sumber : Buku Teknologi Pengelasan Logam, 2000

2.4.2 Pemotongan Busur Udara

Pemotongan busur udara adalah cara pemotongan dimana logam yang dipotong dicairkan dengan menggunakan busur listrik yang dihasikan oleh elektroda karbon dan kemudian cairan logam disembur dengan udara tekan. Proses pemotongan ini ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 : Pemotongan dengan Busur Udara.
Sumber : Buku Teknologi Pengelasan Logam, 2000

Cara pemotongan ini ternyata mempunyai efisiensi dua atau tiga kali lebih tinggi dari pada efisiensi pada pemotongan dengan gas. Di samping itu dalam pemotongan, pemotongan dengan busur udara akan menghasilkan daerah pengaruh panas yang lebih sempit dan mempunyai pengaruh yang lebih sedikit terhadap logam induk bila dibandingan dengan pemotongan gas. Karna hal-hal tersebut, maka dalam pengelasan, pemotongan busur udara lebih banyak digunakan dari pada pemotongan dengan gas.

2.5 Parameter Pemotongan Busur udara

2.5.1 Elektroda

Berikut adalah elektroda yang digunakan dalam proses pemotongan busur karbon udara **:**

1. *Copper-Coated Carbon Electrodes* (DC)

   Jenis elektroda ini paling banyak digunakan karena umurnya yang relatif panjang, karakteristik busur stabil dan keseragaman dalam profil alur. Elektroda ini dibuat dari campuran khusus karbon dan grafit yang dibatasi dengan pengikat yang sesuai. Campuran ini dipanaskan pada suhu yang tepat menghasilkan elektroda grafit padat yang homogen dari tahanan listrik rendah yang kemudian dilapisi dengan tembaga kemurnian tinggi dengan ketebalan terkontrol.

2. *Plain Carbon Electrodes* (DC)

   Jenis elektroda ini dalam penggunaan terbatas karena umurnya lebih pendek dibandingkan dengan elektroda yang dilapisi tembaga.

3. *Cooper-Coated Carbon Electrodes* (AC)

   Elektroda ini terbuat dari campuran khusus karbon dan grafit yang dibatasi dengan pengikat yang sesuai. Logam tertentu digabungkan untuk menyediakan stabilisasi busur untuk operasi dengan arus bolak-balik.

4. *Flux'Coated Steel Electrodes*

   Elektroda ini biasanya berdiameter 6,3 mm dan panjang 450 mm. Penggunaan elektroda ini terbatas untuk memotong tembaga kemurnian tinggi dan besi cor di mana kepadatan arus tertinggi diperlukan. Permukaan akhir dari alur yang dibuat dengan elektroda ini tidak semulus yang dibuat dengan elektroda karbon.

2.5.2 Tekanan Udara

Tekanan udara biasa digunakan untuk mencungkil karbon-busur udara. Tekanan antara 0,55 dan 0,69 MPa biasanya yang digunakan. Tekanan yang lebih tinggi dapat digunakan tetapi memiliki penurunan efisiensi dalam menyemburkan logam.

Tabel 2.8 : Tekanan Udara dan Tingkat Konsumsi udara untuk Berbagai Ukuran Elektroda.

TABLE 1 COMPRESSED AIR PRESSURE AND CONSUMPTION RATE FOR VARIOUS ELECTRODE SIZES

(*Clause* 5.1)

Electrode Dia	Air Pressure	Air Consumption	Compressor Rating	
			Intermittent Use	Continuous
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
mm	MPa	l/min	kW	kW
Under 6·3*	0·280†	85	0·19	0·37
Under 6·3*	0·550	255	1·12	2·24
Under 10·0‡	0·550	453	3·73	5·59
Under 20·0§	0·550	821	3·73	5·59
Under 16·0‖	0·550	708	5·59	5·59
Under 16·0¶	0·550	1 444	5·59	7·46
Under 16·0**	0·550	1 416	—	7·46

*Intermitted duty manual torch.
†*See* 5.1.
‡General purpose manual torch.
§Heavy duty manual torch.
‖Semiautomatic mechanized torch.
¶Mechanical feed mechanical torch with auxiliary air for deep grooves.
**Controlled arc mechanized torch.

Sumber : Buku Manual Air Carbon Gouging

2.5.3 Polaritas

Semua sumber daya pemotongan standar dapat digunakan untuk proses pemotongan karbon dengan busur udara. Namun, tegangan rangkaian terbuka harus cukup lebih tinggi dari pada tegangan busur yang diperlukan untuk memungkinkan penurunan tegangan di sirkuit.

Polaritas terbagi 2 macam yaitu Polaritas lurus dan Polaritas Balik. Polaritas lurus adalah DCSP (*Direct Current Straight Polarity*) atau biasa disebut dengan DCEN (*Direct Current Electrode Negatif* yang dimana elektroda dihubungkan pada posisi negatif (-) dan benda kerja dihubungkan pada posisi positif (+) dari mesin las. Arus bergerak dari elektroda ke benda kerja sehingga 2/3 panas yang dihasilkan dilepaskan ke benda kerja dan 1/3 panas dilepaskan di elektroda. Konsentrasi panas dari logam dasar menghasilkan lasan penetrasi dalam.

Polaritas Balik adalah DCRP (*Direct Current Received Polarity*) atau biasa disebut dengan DCEP (*Direct Current Electrode Positif*) yang dimana elektroda dihubungkan pada posisi positif (+) dan benda kerja dihubungkan pada posisi negatif (-) dari mesin las. Arus bergerak dari benda kerja ke elektroda sehingga 2/3 panas yang dihasilkan dilepaskan pada elektroda dan 1/3 panas dilepaskan pada benda kerja. Konsentrasi panas dari logam dasar menghasilkan lasan penetrasi dangkal.

1. DC

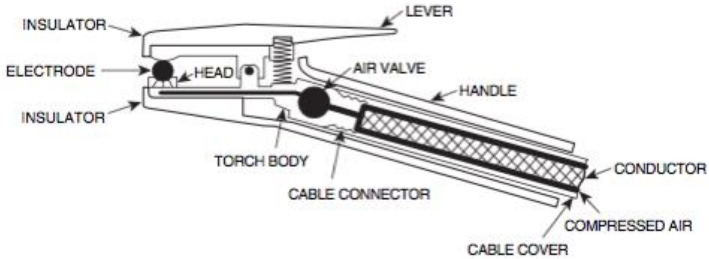
   Arus konstan, Direkomendasikan untuk elektroda diameter 6,3 mm dan lebih besar saja. Dapat menyebabkan deposit karbon apabila menggunakan elektroda kecil Tidak cocok untuk *torches* otomatis dengan kontrol voltase

2. 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.

2.5.4 *Cutting Torches*

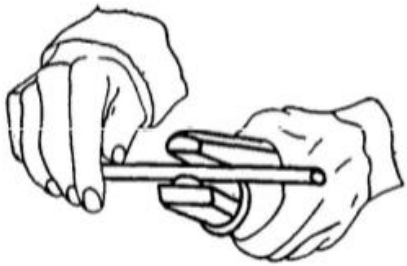
Dalam *torch* manual elektroda diletakkan di head *torch* yang bias berputar yang berisi satu atau lebih lubang udara sehingga terlepas dari sudut di mana elektroda diatur sehubungan dengan pemegang elektroda, aliran udara selalu dalam keselarasan sempurna. Pemegang elektroda dengan dua kepala dengan sudut elektroda tetap juga tersedia untuk aplikasi khusus.



Gambar 2.4 : *Torch* Pemotong Busur Udara
Sumber : Buku Manual *ARC AIR Cutting and Gouging System*

2.5.5 Teknik Mengoperasikan

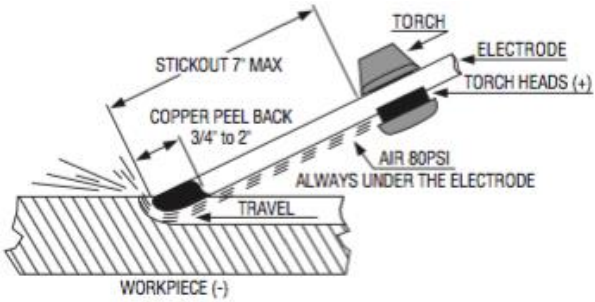
Elektroda harus dicengkeram sedemikian hingga jarak dari dudukan elektroda ke ujung elektroda maksimum 150 mm. Untuk paduan aluminium, ekstensi ini harus dikurangi menjadi 100 mm. Arus yang disarankan untuk berbagai jenis dan ukuran elektroda diberikan dalam Tabel 2.



Gambar 2.5 : Posisi Elektroda dan Holder
Sumber : Buku Manual *Air Carbon Gouging*

Secara umum teknik pemotongan sama dengan mencungkil kecuali bahwa elektroda dipegang pada sudut lag yang lebih curam dan diarahkan pada suatu titik yang akan memungkinkan ujung elektroda untuk menembus logam yang terputus.

Untuk memotong logam non-ferrous tebal, elektroda harus dipegang dalam posisi vertikal dengan sudut 45° dan dengan semburan udara di atasnya. Dengan elektroda dalam posisi ini logam dapat dipotong dengan menggerakkan busur naik dan turun melalui logam dengan gerakan menggergaji.



Gambar2.6 : Mekanisme Penggunaan
Sumber : Buku Manual *ARC AIR Cutting and Gouging System*

2.5.6 Besar kuat arus pemotongan

Besar kuat arus pemotongan diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari pemotongan, geometri, posisi pemotongan, macam elektroda, diameter elektroda itu sendiri dan lain-lain.

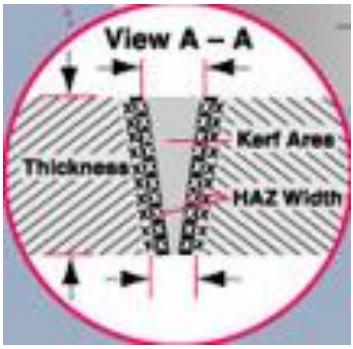
Tabel 2.9 : Rekomendasi Kuat Arus untuk Jenis dan Ukuran Elektroda yang Umum Digunakan.

Electrode Diameter	DC Electrode (Electrode + ve)		DC Electrode (Electrode − ve)		AC Electrcde With AC	
	Min	*Max*	*Min*	*Max*	*Min*	*Max*
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
mm	A	A	A	A	A	A
4	90	150	—	—	—	—
5	150	200	150	200	150	180
6·3	200	400	200	300	200	250
8·0	250	450	—	—	—	—
10·0	350	600	300	500	300	400
12·5	600	1 000	400	600	400	500
16·0	800	1 200	—	—	—	—
20·0	1 200	1 600	—	—	—	—
25·0	1 800	2 200	—	—	—	—

Sumber : Buku Manual *Air Carbon Gouging*

2.6 Siklus Termal

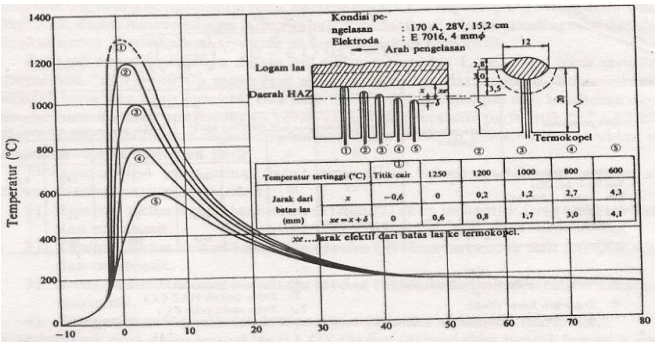
Siklus termal dalam pemotongan adalah proses pemanasan dan pendinginan pada daerah logam pemotongan dan daerah yang dipengaruhi panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*). Karena dengan mengetahui , memungkinkan meramalkan sifat-sifat dari logam yang dipotong. Aspek-aspek yang timbul selama dan sesudah pemotongan harus benar-benar diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang kurang tepat dapat mengakibatkan kualitas hasil pemotongan yang kurang baik. Pada proses pemotongan terdapat dua daerah seperti ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Daerah HAZ pada Pemotongan.
Sumber : *https://www.thefabricator.com/ article/plasmacutting/plasma-cutting-stainless-steel-and-aluminum*

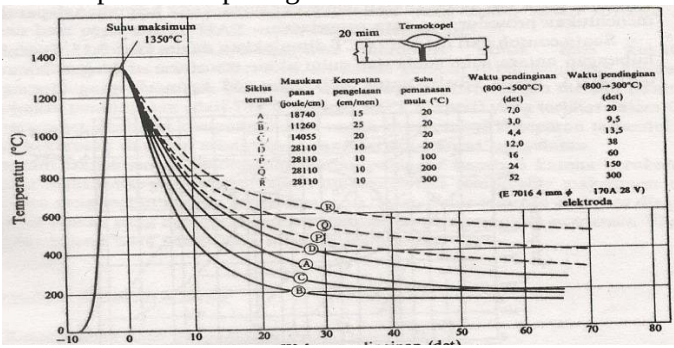
(a) Logam induk (*base metal*), merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhu pemotongan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.
(b) Daerah pengaruh panas atau *heat effected zone* (HAZ), merupakan logam dasar yang bersebelahan logam induk yang selama proses pemotongan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat .

Siklus termal pemotongan sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2.8 dan gambar 2.9, menunjukan siklus termal daerah pemotongan pada gambar 2.8 dapat dilihat siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ (Heat Affected Zone) dengan kondisi pengelasan tetap, sedangkan pada gambar 2.9 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 2.8.



Gambar 2.8 : Siklus Termal dari Beberapa Tempat Dalam Daerah HAZ (Heat Affected Zone).
Sumber : Buku Teknologi Pengelasan Logam

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 2.9 Silkus Termal Disekitar Lasan Dengan Kondisi Pengelasan yang Berbeda
Sumber : Buku Teknologi Pengelasan Logam

2.7 Heat Input

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

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

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

Dimana:

HI = *Masukan panas atau energi (J/mm)*
I = *Arus (Ampere)*
V = *Voltase (Volt)*
S = *Kecepatan (mm/s)*
η = *Efisiensi*

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 dapat diukur langsung pada mesin. Tegangan umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

2.8 Kekasaran Permukaan

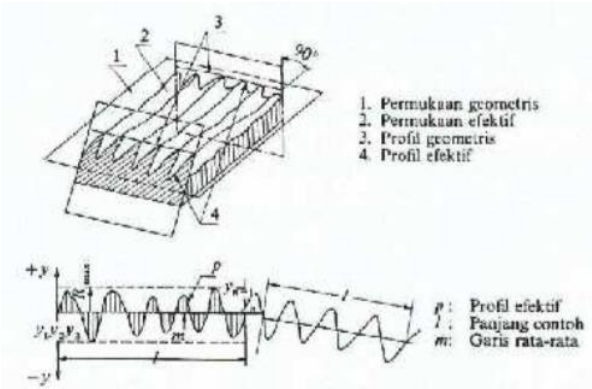
Ada beberapa cara untuk menyatakan kekasaran permukaan. Terutama sekali "penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil" dipergunakan sesuai perkembangan alat ukur, dan persyaratan rencana. Di beberapa negara dipakai "sepuluh ketinggian R_z dari ketidakrataan" atau "ketinggian maksimum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

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

2.8.1 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 (kontur) 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 :

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



Gambar 2.10 : Penyimpangan rata-rata aritmetik R_a dari garis rata-rata profil

Sumber : Buku Menggambar Mesin Menurut Standar ISO

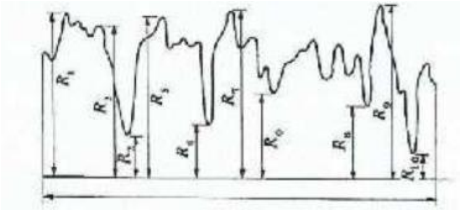
$$R_a = \frac{\sum_1^n |y|}{n}$$

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

2.8.2 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 tersebut

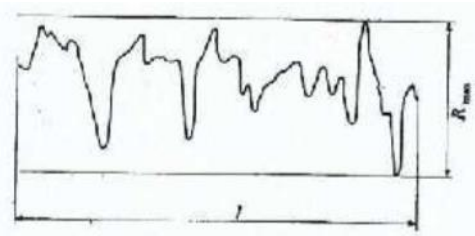
$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$



Gambar 2.11 : Ketinggian Sepuluh titik R_a dari ketidak rataan.
Sumber : Buku Menggambar Mesin Menurut Standar ISO

2.8.3 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.

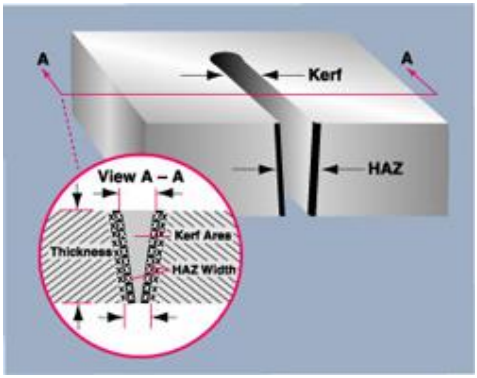


Gambar 2.12 : Ketinggian Maksimum R_{max} dari Ketidakrataan.
Sumber : Buku Menggambar Mesin Menurut Standar ISO

2.9 *HAZ (Heat Affected Zone)*

Pemotongan logam akan menghasilkan konfigurasi logam dengan dua daerah pemotongan yaitu, pertama, *base metal* merupakan daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur, kedua adalah daerah terpengaruh panas atau disebut *heat affected zone (HAZ)* merupakan daerah terjadinya pencairan logam induk yang mengalami perubahan struktur mikro karena pengaruh panas

saat pemotongan dan pendinginan setelah pemotongan. HAZ merupakan daerah yang paling kritis dari pemotongan las, karena selain terjadi perubahan mikrostruktur juga terjadi perubahan sifat. Secara umum daerah HAZ dipengaruhi oleh lamanya pendinginan.



Gambar 2.13 : HAZ Pada Pemotongan Dengan Laku Panas
Sumber : *https://www.thefabricator.com/ article/plasmacutting/plasma-cutting-stainless-steel-and-aluminum*

2.10 Metalografi

Metallography Test adalah suatu teknik atau metode pengujian material untuk mengukur secara kuantitatif maupun kualitatif dari informasi-informasi material yang dapat diamati secara visual, seperti fasa, butir kristal, komposisi kimia, orientasi butir, jarak atom, dislokasi, topografi dan sebagainya. Adapun secara garis besar langkah-langkah yang dilakukan pada *Metallography Test* adalah:

1. *Sectioning.*
2. *Mounting.*
3. *Grinding, Abrasion and Polishing.*
4. *Etching.*
5. Observasi pada mikroskop optic.

Metallography Test, secara umum ada dua hal yang diamati yaitu *Macrostructure* (stuktur makro) dan *Microstructure* (struktur

mikro). Struktur makro adalah struktur dari logam yang terlihat secara makro pada permukaan yang dietsa dari spesimen yang telah dilakukan *Polishing*, begitupula untuk melihat struktur mikro suatu paduan (material) perbedaanya hanya terletak pada besar perbesaran mikroskrop, untuk melihat struktur mikro dibutuhkan mikroskop dengan perbesaran yang tinggi, hingga *1000 X* perbesaran.

Etching adalah proses pengkorosian sebagian butir Kristal struktur mikro pada permukaan benda kerja, dengan mencelupkannya pada campuran yang memiliki pH dibawah 7. *Etching* merupakan proses yang paling penting dalam *Metallography Test*, kesalahan dalam proses ini dapat mengakibatkan tidak terlihatnya struktur mikro pada benda kerja, kesalahan yang sering terjadi, yaitu:

1. Kualitas benda kerja belum layak *Etching*
2. Penakaran campuran larutan yang tidak teliti
3. Waktu pengetsaan terlalu lama
4. Proses pengeringan yang tidak rata

Pengunaan campuran larutan etsa berbeda material satu dengan yang lainnya, adapun yang umum digunakan pengetsaan untuk melihat struktur mikro:

Tabel 2.10 : *Etching Reagent Untuk Melihat Microstructure*

Nama	Komposisi	Durasi	Material
Nital	HNO_3 2 ml Alkohol 95% 98 ml	1-3 menit	*Carbon Steel*
Picral	$C_6H_3N_3O_7$: 4 gr Alkohol 95% 100 ml	1-3 menit	*Carbon Steel*
Aqua Regia	HNO_3 20 ml HCL 60 ml	1-3 menit	*Stainless Steel*

Sumber : Buku SOP Lab Metallografi

Untuk melihat *crack*, *porosity*, atau daerah las (Struktur makro)

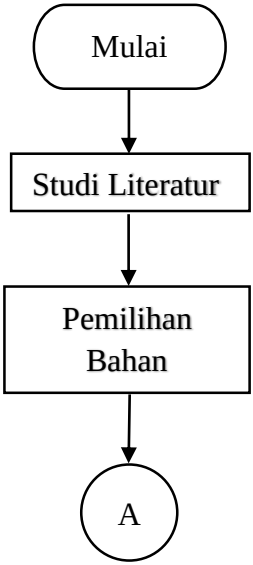
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

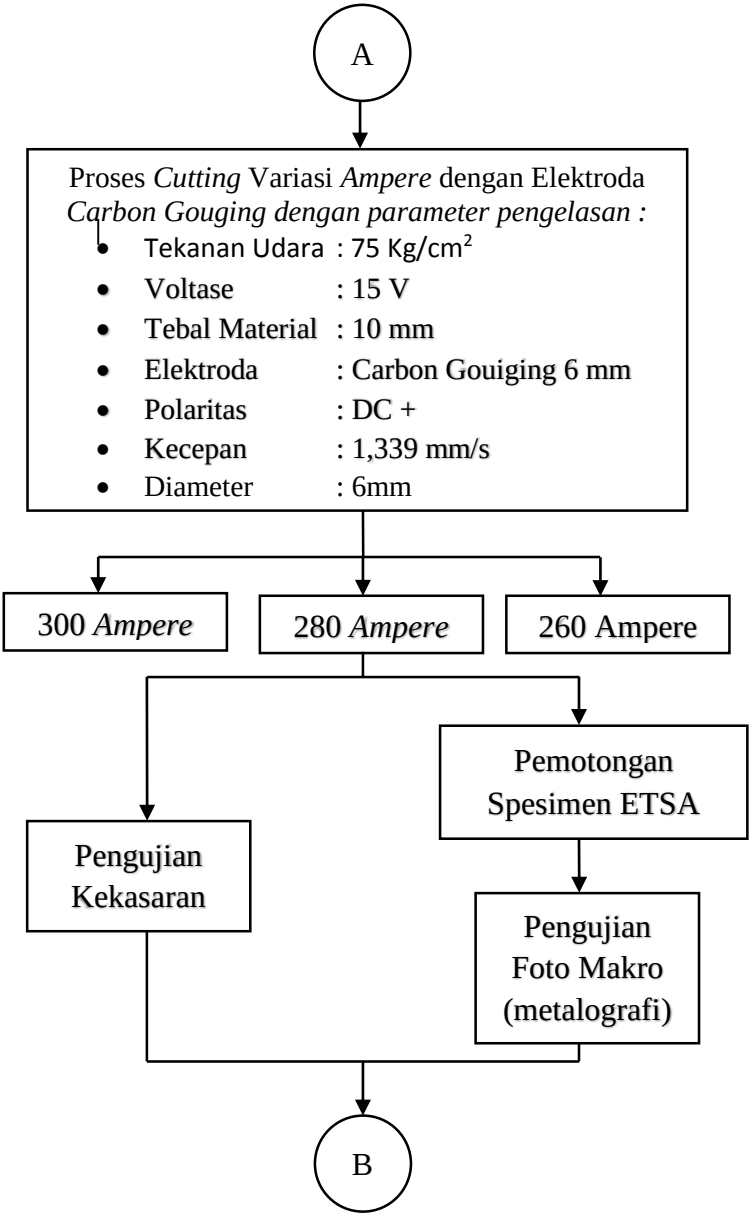
BAB III
METODOLOGI PENELITIAAN

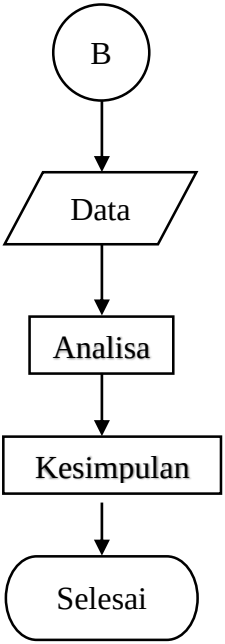
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yag akan dilakukan pada penelitian penelitian ini. Metodologi penelitian ini digunakan sebagai acuan sehingga penelitian dapat berjalan secara sistematis sesuai dengan *flowchat* penelitian.

3.1. *Flowchart* Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan penelitian ini sesuai dengan *flowchart* yang bias dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini :




A
Proses *Cutting* Variasi *Ampere* dengan Elektroda *Carbon Gouging dengan parameter pengelasan :*
• Tekanan Udara : 75 Kg/cm²
• Voltase : 15 V
• Tebal Material : 10 mm
• Elektroda : Carbon Gouiging 6 mm
• Polaritas : DC +
• Kecepan : 1,339 mm/s
• Diameter : 6mm
300 *Ampere*
280 *Ampere*
260 Ampere
Pemotongan Spesimen ETSA
Pengujian Kekasaran
Pengujian Foto Makro (metalografi)
B



Gambar 3.1 : *Flowchart* Penelitian

3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 yaitu pada Bulan Februari sampai dengan Juli 2018.

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Metalurgi Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS dan Spektra Megah Semesta. Untuk Pemotongan dilakukan di bengkel las Prima Lumintu.

3.4 Langkah Kerja

Dalam menyelesaikan penelitian ini langkah pertama dilakukan adalah studi literature tentang proses pemotongan

menggunakan pemotongan SMAW dengan elektroda *carbon gouging*, langkah-langkah kerja, pembacaan foto makro dan pengujian kekasaran. Untuk memperjelas berikut tahapan tahapan yang akan dilakukan :

3.3.1 Studi Literatur

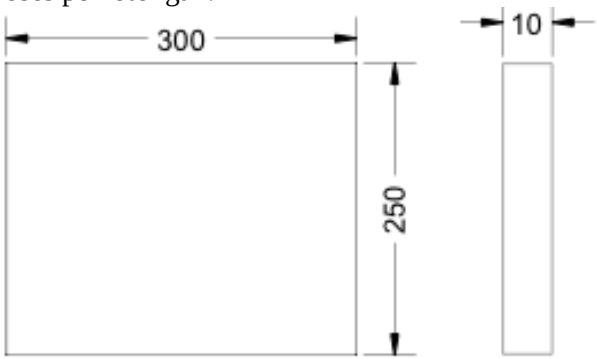
Tahapan studi literatur adalah tahapan untuk mempelajari teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

3.3.2 Pemilihan Alat dan Bahan

Material yang digunakan adalah baja *mild steel* dengan tebal material 10mm. Dimensi spesimen uji masing-masing adalah sebagai berikut :

Panjang = 300 mm.
Lebar = 250 mm.
Tinggi = 10 mm.

Panjang spesimen merupakan panjang pemotongan, dan tinggi spesimen merupakan tebal pemotongan. Berikut adalah gambar dimensi awal spesimen sebelum dilakukan proses pemotongan.



Gambar 3.2 : Dimensi Benda Sebelum Dipotong.

Gambar 3.3 : Benda Kerja Sebelum Dilakukan Pemotongan.

Tabel 3.1 Logam Induk dan Elektroda.

NAMA	KETERANGAN
Material Spesifikasi	*Mild Steel*
Tebal	10 mm
Elektroda Pemotong	Carbon Gouging
Diameter Elektroda	6mm
Posisi pemotongan	1G

Tabel 3.2 Parameter Pemotongan.

Parameter	KETERANGAN		
	Plat 1	Plat 2	Plat 3
Proses	*Mild Steel*	*Mild Steel*	*Mild Steel*
Ampere	260	280	300
Polaritas AC/DC	DC	DC	DC
Voltage	15 V	15 V	15 V
Sudut Pemotongan	70°	70°	70°
Banyak Potongan	3	3	3
Tekanan Udara	75 Kg/Cm^2	75 Kg/Cm^2	75 Kg/Cm^2

Gambar 3.4 : Elektroda *Carbon Gouging*.

Gambar 3.5 : Tang Aphere.

Gambar 3.6 : *Torch Carbon Gouging*.

Gambar 3.7. : Mesin *Cutting*

3.4.3 Persiapan Proses Pemotongan

Proses Pemotongan yang dilakukan sebagai berikut :

1. Pada plat yang pertama dilakukan pemotongan sebanyak 3 kali dengan *ampere* 300.
2. Pada plat yang kedua dilakukan pemotongan sebanyak 3 kali dengan *ampere* 280.
3. Pada plat yang ketiga dilakukan pemotongan sebanyak 3 kali dengan *ampere* 260.

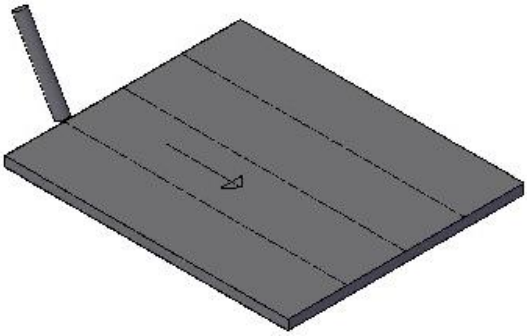
3.4.4 Proses Pemotongan

Pemotongan dilakukan menggunakan SMAW (DC+) posisi 1G. Dalam penelitian ini terdapat perbedaan variasi yaitu :

1. Variasi pemotongan dengan *filler carbon gouging* dengan arus 300 *ampere*.
2. Variasi pemotongan dengan *filler* carbon gouging dengan arus 280 *ampere*.
3. Variasi pemotongan dengan *filler carbon gouging* dengan arus 260 *ampere*.

Gambar 3.8 : Tekanan Udara Pada Kompresor.

Gambar 3.9 : Proses Pemotongan.



Gambar 3.10 : Sketsa Proses Pemotongan.

3.4.5 Persiapan Benda Uji

Spesimen yang diambil harus dari lokasi sampel, sehingga mereka mewakili bahan yang diuji. Dalam melakukan tes perlu diperhatikan ketebalannya, itu sehubungan dengan arah langkah kerja dari pengujian yang akan dilakukan, sehingga sesuai dengan aplikasinya. Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah Uji Kekasaran dan Uji Makro Etsa.

3.5 Pengujian Kekasaran

Setelah hasil pemotongan didapat, maka hasil pemotongan tersebut dilakukan pengujian kekasaran permukaan.

3.5.1 Alat yang digunakan untuk pengujian kekasaran permukaan.

Sebelum melakukan pengujian kekaaran permukaan perlu mempersiapkan alat ujinya. Alat uji yang digunakan adalah :

Time Surface Roughness Tester TR100

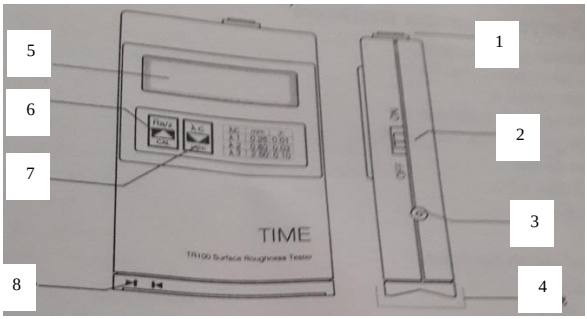
Tabel 3.3 : Spesifikasi Teknis

Roughness parameter	Ra, Rz
Tracing length	6mm
Tracing speed	1.0mm/sec
Cut-off lengths	0.25mm/0.8mm/2.5mm
Evaluation length	1.25mm/4.0mm/5.0mm
Measuring range	Ra: 0.05-10.0 Rz: 0.1-50 μm
Tolerance	≤±15%
Repeatability	<12%
Filter	RC *analogue*
Pick-up	Piezoelectric
Radius and angle of the stylus point	*Diamond, Radius* : 10 ± 2.5 μm *Angle:* 90° (+5° or -10°)

Operating temperature	0-40 °C
Humidity	< 80 %
Storing temperature	-25° C ~ 60 ° C
Vertilation	*Grade* 3
Power supply	3.6V/2 ×NiMh-b*atteries*
Charger	DC 9V, 8 - 12 *hours (recharging time)*
Dimensions (L x W x H)	125 x 73 x 26mm
Weight	200g

Sumber : Buku Manual Alat Uji Kekasaran TR110

Gambar 3.11 : Alat Uji Kekasaran.



Gambar 3.12 : Komponen Alat Uji Kekasaran.

Keterangan :

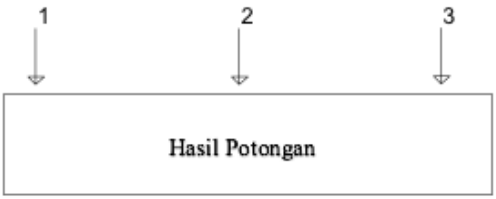
1. Tombol Start.
2. Tombol *On/Off*.
3. Tombol *Reset*.
4. *Protection Nose*.
5. LCD.
6. Tombol Ra/Rz dan Calibrasi.
7. Tombol untuk mengganti λ dan mengganti ukuran *inch*.
8. Panjang L (Jarak Pengujian).

3.5.2 Proses Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian material adalah :

1. Siapkan alat ukur.
2. Hubungkan kabel power ke stop kontak.
3. Material dibersihkan dari kotoran yang menempel.
4. Lektakkan material.
5. Kalibrasi alat ukur dengan kalibrator.
6. Set alat ukur sebagai berikut :
   - λC : λ3 (2.50)
     Adalah Panjang lintasan pengukuran.
   - Ra/Rz : Ra
     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. Letakkan detector pada permukaan uji.
8. Setting letak detonator dengan benar.
9. Pengukuran telah berlangsung.

Dari tiap spesimen pengujian dilakukan pengujian kekerasan sebanyak 3 titik yaitu a, b , dan c.



Gambar 3.13 : Titik Pengujian Kekasaran.

3.6 Pengujian Metalografi

Untuk proses pengujian metalografi dibagi menjadi 2 yaitu pengamatan makro test dan mikro test. Untuk pengujian melihat HAZ maka yang dilakukan adalah makro test. Bertujuan melihat secara visual hasil dari proses pemotongan setelah dilakukan pengetsaan, proses pengetsaan yaitu cairan HNO_3 5 ml 5%+Alkohol 95% 95 ml, maka bagian *HAZ*, dan *Base Metal* akan terlihat.

Prosedur pengujian *metalography* adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan Spesimen Uji

   Benda kerja di belah menjadi dua. Dalam penelitian penelitian ini, pengujian *metalography* dilakukan pada 2 bidang pada satu spesimen.

2. Penggosokan Spesimen Uji

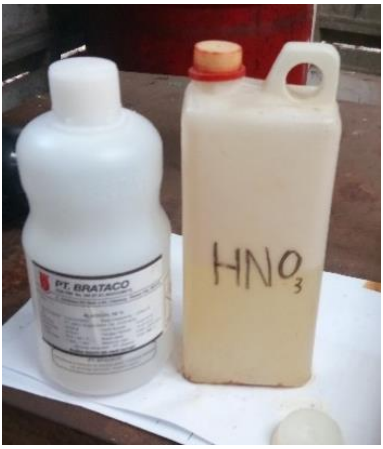
   Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap, penggosokan dilakukan menggunakan mesin *grinding* dengan tingkat kekasaran kertas gosok mulai dari 100, 400, 800, 1000 dengan disertai aliran air pendingin. Fungsinya adalah untuk melarutkan geram. Setelah menggunakan kertas gosok, spesimen dipoles dengan menggunakan autosol dan kain jeans.

Gambar 3.14 : Kertas Gosok.

3. Pengetsaan Spesimen

   Spesimen yang sudah mengkilap disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol. Kemudian direndam dalam cairan etsa selama ± 5 menit sampai *weld metal, HAZ,* dan *base metal* terlihat. Kemudian spesimen dikeringkan dengan *hair dryer* dengan cepat. Berikut alat dan bahan yang digunakan untuk pengetsaan benda uji *(Test piece)* :

Gambar 3.15 : Spesimen Sebelum di ETSA.



Gambar 3.16 : Larutan ETSA

Gambar 3.17 : Proses Pengetsaan

Gambar 3.18 : Alat dan Bahan Untuk Proses Etsa

4. Pengambilan Gambar Foto Makro
   Pengambilan foto makro yang dilakukan adalah menggunakan kamera biasa dengan memberikan penggaris di bawah spesimen agar skala perbesaran tidak berubah ubah.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh perbedaan variabel variasi arus yaitu 300 A, 280 A, 260 A pada hasil pemotongan baja karbon rendah dengan metode pemotongan elektroda *carbon gouging* 6mm SMAW (*Shield Metal Arc Welding)* melalui 2 pengujian, yaitu Kekasaran permukaan , dan makro etsa.

Tabel 4.1 : Logam Induk dan Parameter Pemotongan.

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	SS400 (Milld Steal)
Tebal	10 mm
Elektroda Classification	*Carbon Gouging*
Elektroda diameter (mm)	6mm
Posisi pemotongan	1G

4.1 Parameter Pemotongan

Tabel 4.2 : Heat Input.

Type Electroda	Arus (I)	Voltage (V)	Travel speed (s)	Heat Input (HI)
Carbon Gouging Diameter 6 mm	300 A	15 V	1,43 mm/s	2.031,986 J/mm
	280 A		1,357 mm/s	2.476,050 J/mm
	260 A		1,22 mm/s	2.557,377 J/mm

Tabel 4.3 Data primer Pemotongan.

Panjang pemotongan plat 300 mm				
Arus yang digunakan	potongan	Waktu	Kecepatan potong (mm/s)	Rata-rata
300 A	1	3’30’’	1,428 mm/s	1,43 mm/s
	2	3’32’’	1,415 mm/s	
	3	3’23’’	1,477 mm/s	
280 A	1	3’39’’	1,369 mm/s	1,357 mm/s
	2	3’43’’	1,345 mm/s	
	3	3’41’’	1,357 mm/s	
260 A	1	4’02’’	1,239 mm/s	1,22 mm/s
	2	4’08’’	1,209 mm/s	
	3	4’07’’	1,214 mm/s	

4.2 Data Penelitian Pengujian Kekasaran

Parameter dan range mesin *surface* test :

λC : λ3 (2,50mm).

Ra/Rz : Ra.

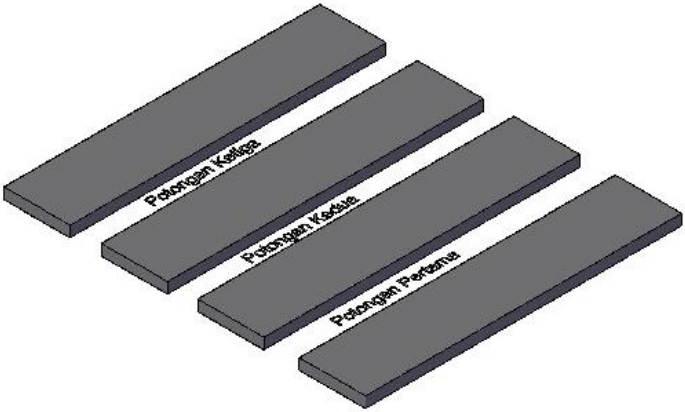
Tabel 4.4 Tabel Nilai Kekasaran Variasi Arus (*Ampere)*.

Arus	Potongan	Titik Uji	Nilai Kekasaran Ra (μm)
300 A	1	A	8,49
		B	7,94
		C	8,47
	2	A	8,42
		B	9,57
		C	8,74
	3	A	8,74
		B	6,06
		C	8,74
280 A	1	A	4,49
		B	6,14

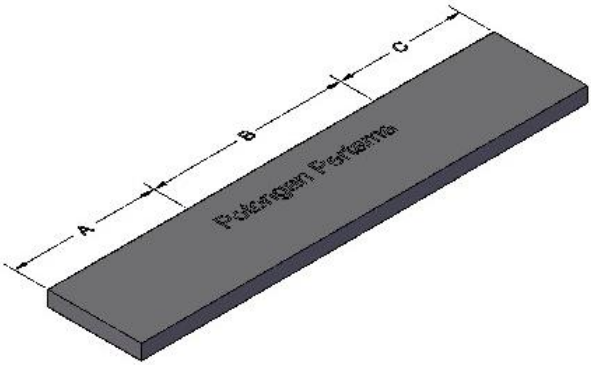
		C	7,46
	2	A	8,01
		B	7,55
		C	8,29
	3	A	6,06
		B	4,43
		C	5,53
260 A	1	A	8,79
		B	9,47
		C	8,78
	2	A	9,36
		B	7,90
		C	8,29
	3	A	7,29
		B	6,02
		C	7,27

4.3 Pembahasan Nilai Hasil Uji Kekasaran.

Dari hasil pengujian kekasaran permukaan pada proses pemotongan suatu plat baja karbon rendah MS 400 dengan variasi arus 300 A, 280 A, 260 A. Didapatkan nilai kekasaran permukaan hasil potong.



Gambar 4.1 : Sketsa Pemotongan.



Gambar 4.2 : Titik Pengujian Kekasaran.

1. Data-data hasil pengujian kekasaran permukaan pada variasi arus 300 A :
    - Plat 1 (Potongan pertama arus 300 A) :
      Nilai kekasaran permukaan A : 8,49.
      Nilai kekasaran permukaan B : 7,94.
      Nilai kekasaran permukaan C : 8,47.
    - Plat 2 (Potongan kedua arus 300 A) :

Nilai kekasaran permukaan A : 8,42.
Nilai kekasaran permukaan B : 9,57.
Nilai kekasaran permukaan C : 8,74.

- Plat 3 (Potongan ketiga arus 300 A) :
  Nilai kekasaran permukaan A : 8,74.
  Nilai kekasaran permukaan B : 6,06.
  Nilai kekasaran permukaan C : 8,74.

Data-data hasil pengujian kekasaran permukaan pada variasi arus 280 A :

- Plat 1 (Potongan pertama arus 280 A) :
  Nilai kekasaran permukaan A : 4,49.
  Nilai kekasaran permukaan B : 6,14.
  Nilai kekasaran permukaan C : 7,46.
- Plat 1 (Potongan pertama arus 280 A) :
  Nilai kekasaran permukaan A : 8,01.
  Nilai kekasaran permukaan B : 7,55.
  Nilai kekasaran permukaan C : 8,29.
- Plat 1 (Potongan pertama arus 280 A) :
  Nilai kekasaran permukaan A : 6,06.
  Nilai kekasaran permukaan B : 4,43.
  Nilai kekasaran permukaan C : 5,53.

Data-data hasil pengujian kekasaran permukaan pada variasi arus 260 A :

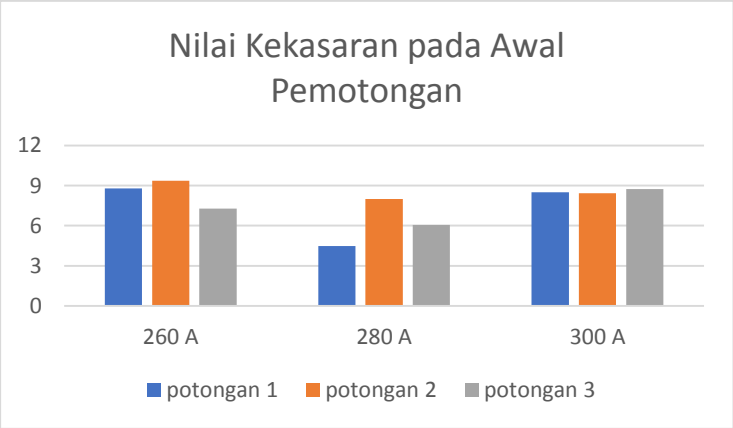
- Plat 1 (Potongan pertama arus 300 A) :
  Nilai kekasaran permukaan A : 8,79.
  Nilai kekasaran permukaan B : 9,47.
  Nilai kekasaran permukaan C : 8,78.
- Plat 2 (Potongan kedua arus 300 A) :
  Nilai kekasaran permukaan A : 9,36.
  Nilai kekasaran permukaan B : 7,90.
  Nilai kekasaran permukaan C : 8,29.
- Plat 3 (Potongan ketiga arus 300 A) :
  Nilai kekasaran permukaan A : 7,29.
  Nilai kekasaran permukaan B : 6,02.
  Nilai kekasaran permukaan C : 7,27.

Pada analisa kecepatan terhadap nilai kekasaran pada tiap-tiap arus, nilai kekasaran yang paling halus didapatkan pada arus 280.

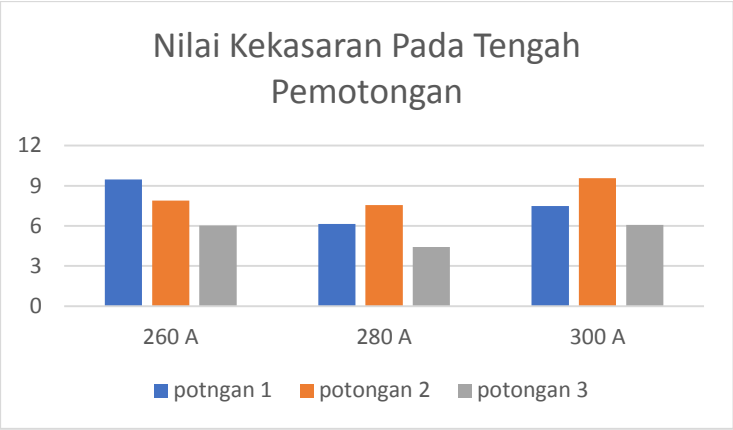
Pada analisa arus pada tiap-tiap potongan dapat diketahui bahwa nilai kekasaran yang paling halus diperoleh pada pemakaian arus 280 dibandingan dengan penggunaan arus yang lain.

Dilihat dari pengujian kekasaran permukaan diketahui bahwa dengan arus yang berbeda. Juga dapat diketahui bahwa arus 280 menghasilkan tingkat kehalusan yang paling tinggi dibandingkan dengan dua arus yang lain. Hal tersebut karena adanya kesesuaian besar distribusi panas benda kerja dan tekanan busur listrik yang dipakai pada proses pemotongan.

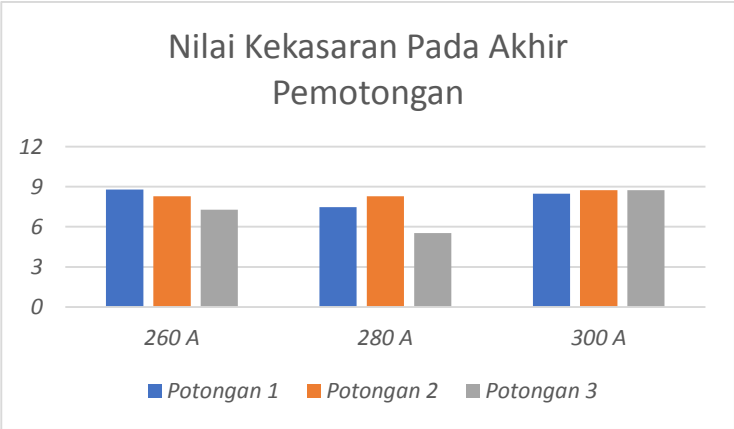
Untuk mempermudah membandingkan data kekasaran maka data ditampilkan dalam bentuk table dan grafik lebar sebagai berikut :



Gambar 4.3: Grafik Nilai Kekasaran Pada Awal Pemotongan.



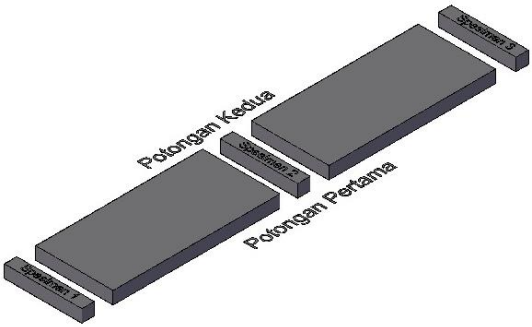
Gambar 4.4: Grafik Nilai Kekasaran Pada Tengah Pemotongan.



Gambar 4.5: Grafik Nilai Kekasaran Pada Akhir Pemotongan.

4.4 *Macro Etsa Test* (uji Makro Etsa)

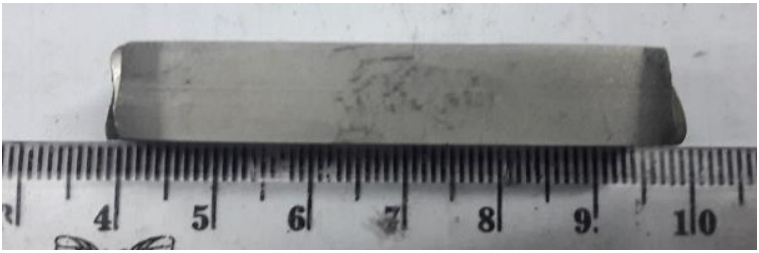
Pada pengujian makro etsa ini yang akan dilihat daerah *HAZ* dan *Base metal*. Hasil pengujian makro dapat dilihat pada gambar dibawah :



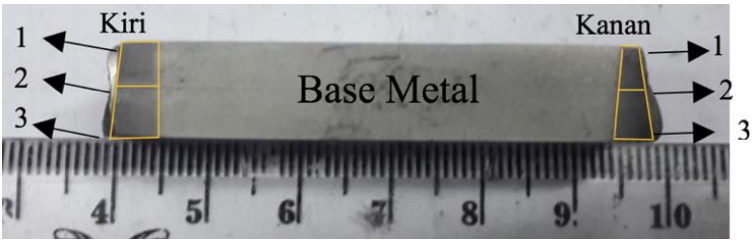
Gambar 4.6 : Pengambilan Spesimen

Pengambilan Spesimen pada antara potongan pertama dan potongan kedua pada awal pemotongan tengah tengah pemotongan dan akhir pemotongan dikarnakan dianggap sudah mewakili potongan ke 3.

1. Hasil pengujian makro etsa pada Awal Pemotongan dengan 260 *arus* :



Gambar 4.19 : Foto Makro Pemotongan dengan Arus 260 *Ampere* pada Awal Pemotongan.

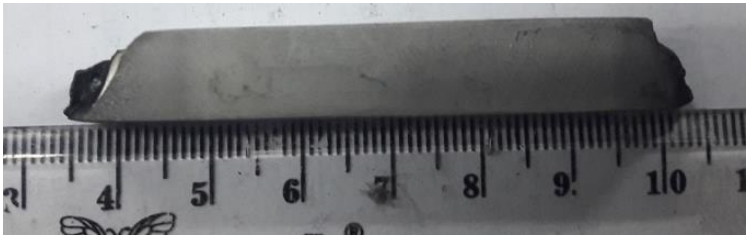


Gambar 4.20 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 260 *Ampere* pada Awal Pemotongan.

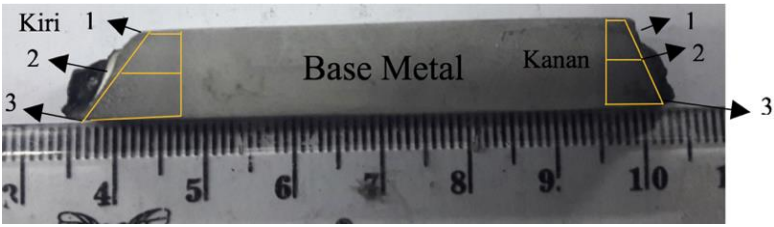
Tabel 4.11 : Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Arus 260 *Ampere*.

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Awal pemotongan dengan arus 260 *ampere*	1	4,3 mm	2 mm
	2	5,2 mm	3,5 mm
	3	6 mm	4,2 mm

2. Hasil pengujian makro etsa pada tengah pemotongan dengan arus 260 *ampere* :



Gambar 4.21 : Foto Makro Pemotongan dengan Arus 260 *Ampere* pada Tengah Pemotongan.

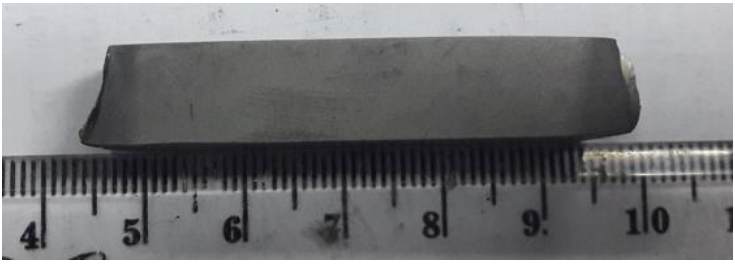


Gambar 4.22 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 260 *Ampere* pada Tengah Pemotongan.

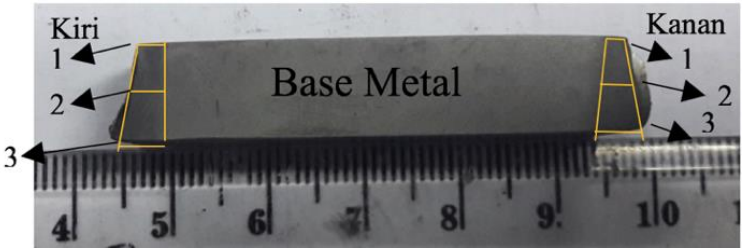
Tabel 4.12 : Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Arus 260 *Ampere* .

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Tengah pemotongan dengan arus 260 *ampere*	1	3,8 mm	2 mm
	2	6,8 mm	3,8 mm
	3	10 mm	6,8 mm

3. Hasil pengujian makro etsa pada Akhir Pemotongan dengan arus 260 *ampere* :



Gambar 4.23 : Foto Makro Pemotongan dengan *Arus* 260 pada Akhir Pemotongan.

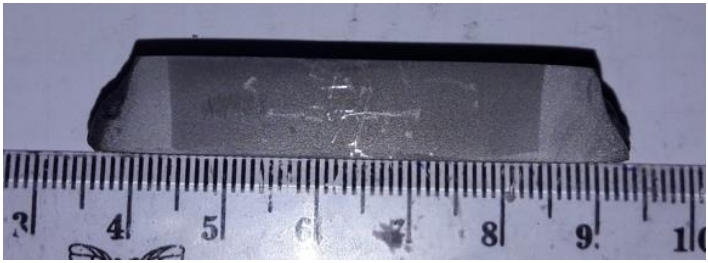


Gambar 4.24 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan *Arus* 260 pada Akhir Pemotongan.

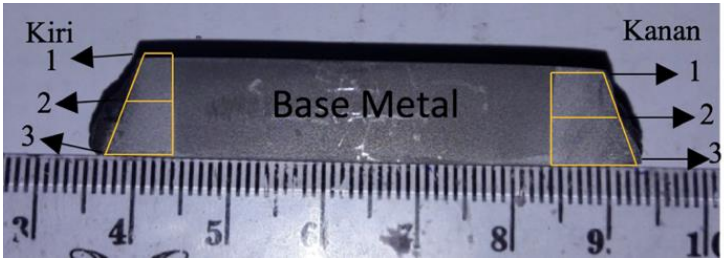
Tabel 4.13 : Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Arus 260 *Ampere* .

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Akhir pemotongan dengan arus 260 *ampere*	1	2,8 mm	2,5 mm
	2	3,8 mm	3,8 mm
	3	4,5 mm	5 mm

4. Hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan dengan arus 280 *ampere* :



Gambar 4.13 : Foto Makro Pemotongan dengan Ampere 280 *Ampere* pada Awal Pemotongan.

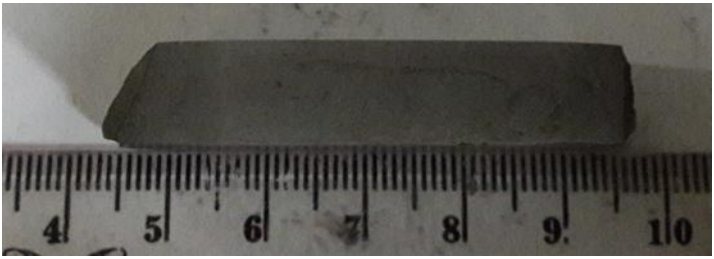


Gambar 4.14 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 280 *Ampere* pada Awal Pemotongan.

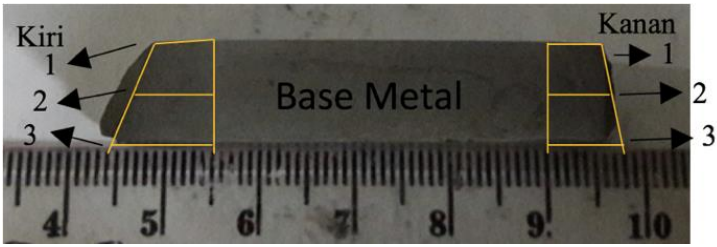
Tabel 4.8 : Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Arus 280 *Ampere*.

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Awal pemotongan dengan arus 280 *ampere*	1	3,8 mm	5,5 mm
	2	5,5 mm	6,8 mm
	3	8,5 mm	9,2 mm

5. Hasil pengujian makro etsa pada tengah pemotongan dengan arus 280 *ampere* :



Gambar 4.15 : Foto Makro Pemotongan dengan *Arus* 280 pada Tengah Pemotongan.

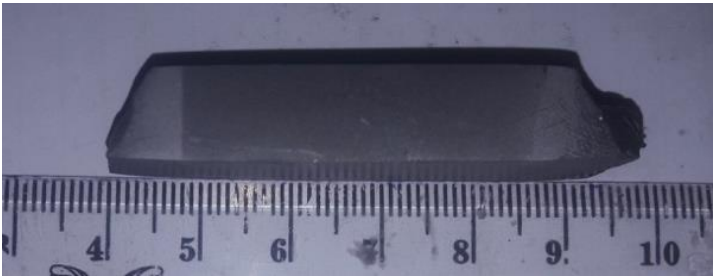


Gambar 4.16 : Foto lebar HAZ Pemotongan dengan *Arus* 280 pada Tengah Pemotongan.

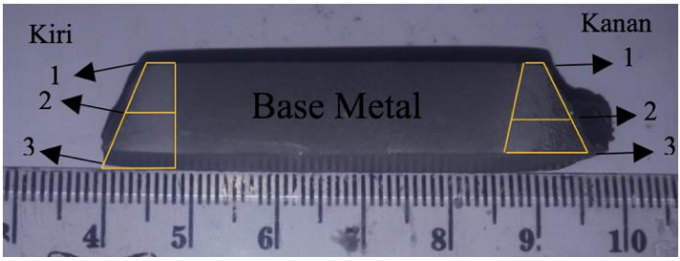
Tabel 4.9 : Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Arus 280 *Ampere*.

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Tengah pemotongan dengan arus 280 *ampere*	1	6,5 mm	5,8 mm
	2	8,3 mm	6,5 mm
	3	10,8 mm	7,8 mm

6. Hasil pengujian makro etsa pada akhir pemotongan dengan arus 280 *ampere* :



Gambar 4.17 : Foto Makro Pemotongan dengan Arus 280 *Ampere* pada Akhir Pemotongan.

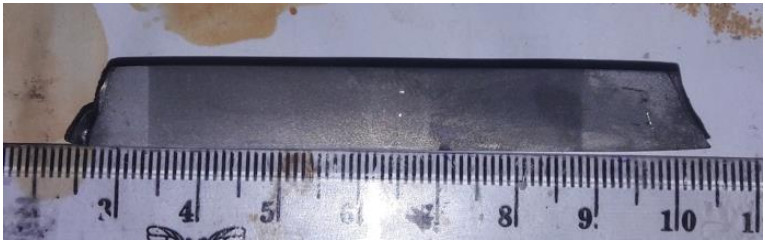


Gambar 4.18 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 280 *Ampere* pada Akhir Pemotongan.

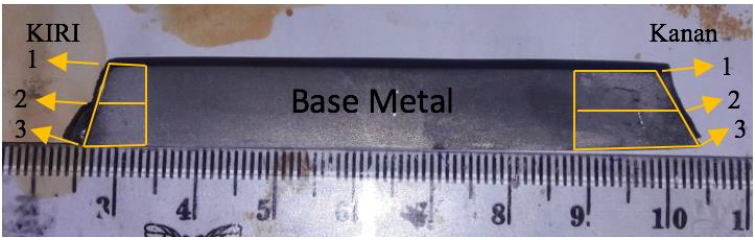
Tabel 4.10 : Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Arus 280 *Ampere* .

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Akhir pemotongan dengan arus 280 *ampere*	1	3,8 mm	2,9 mm
	2	5,8 mm	8,8 mm
	3	8,3 mm	10,2 mm

7. Hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan dengan arus 300 *ampere* :



Gambar 4.7 : Foto Makro Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* pada Awal Pemotongan.

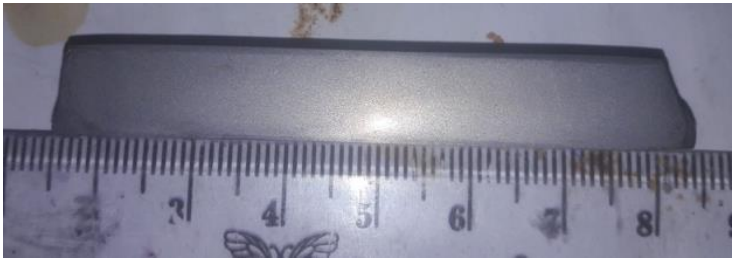


Gambar 4.8 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* pada Awal Pemotongan.

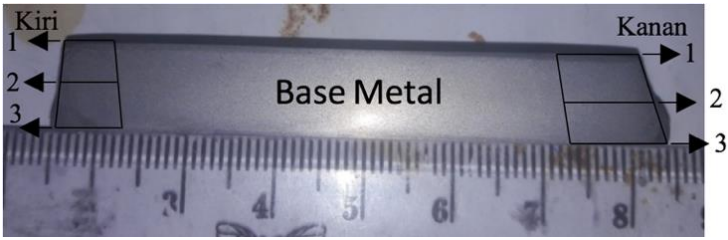
Tabel 4.5 : Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* .

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Awal pemotongan dengan arus 300 *ampere*	1	4,5 mm	10,5 mm
	2	6,3 mm	13,3 mm
	3	8,8 mm	16,7 mm

8. Hasil pengujian makro etsa pada tengah pemotongan dengan arus 300 *ampere* :



Gambar 4.9 : Foto Makro Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* pada Tengah Pemotongan.

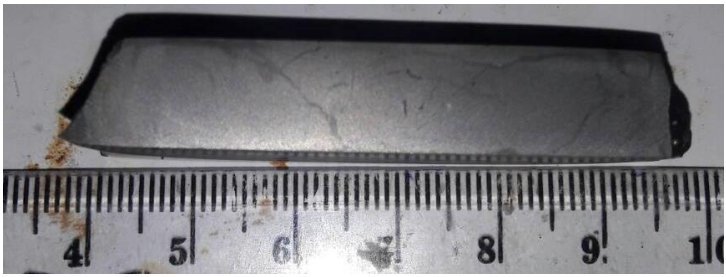


Gambar 4.10 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* pada Tengah Pemotongan.

Tabel 4.6 : Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* .

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Tengah pemotongan dengan arus 300 *ampere*	1	4,8 mm	9,8 mm
	2	6,5 mm	10,2 mm
	3	8,8 mm	11,1 mm

9. Hasil pengujian makro etsa pada akhir pemotongan dengan arus 300 *ampere* :



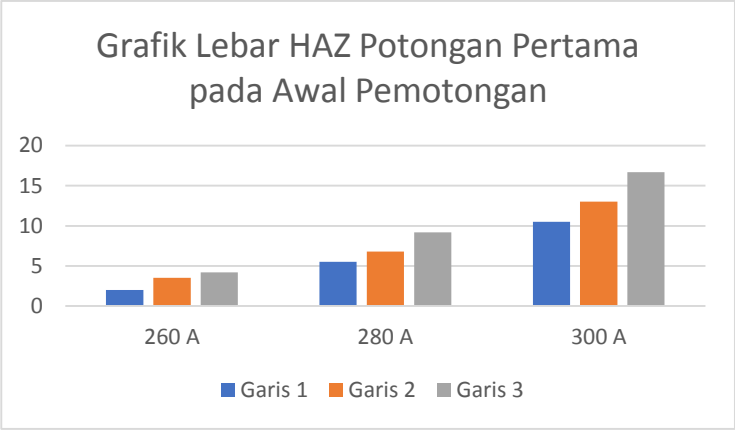
Gambar 4.11 : Foto Makro Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* pada Akhir Pemotongan.

Gambar 4.12 : Foto Lebar HAZ Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* pada Akhir Pemotongan.

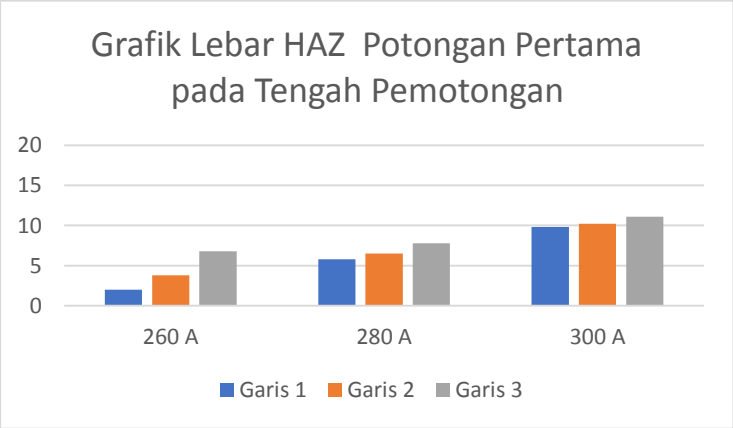
Tabel 4.7 : Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Arus 300 *Ampere* .

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri)	Potongan Pertama (Kanan)
Akhir pemotongan dengan arus 300 *ampere*	1	4,2 mm	3 mm
	2	6,8 mm	3,5 mm
	3	8 mm	4 mm

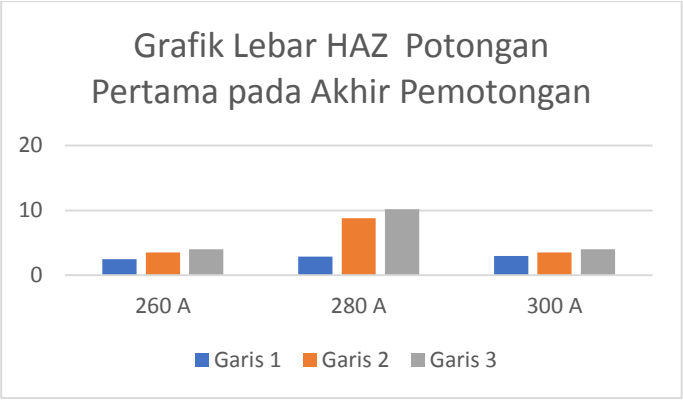
Untuk memudahkan dalam membandingkan lebar HAZ dari setiap variabel maka data tersebut di buat dalam bentuk grafik lebar HAZ sebagai berikut :



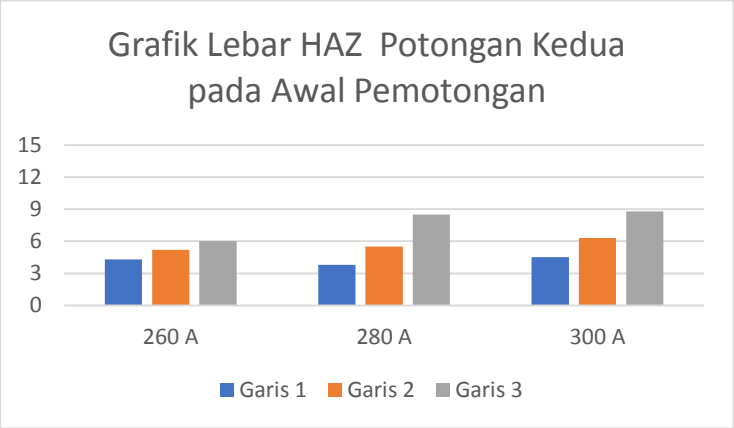
Gambar 4.28 : Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Awal Pemotongan



Gambar 4.29 : Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Tengah Pemotongan



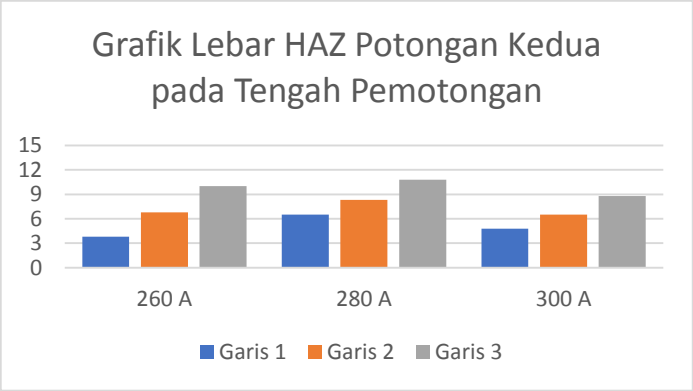
Gambar 4.30 : Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama pada Akhir Pemotongan



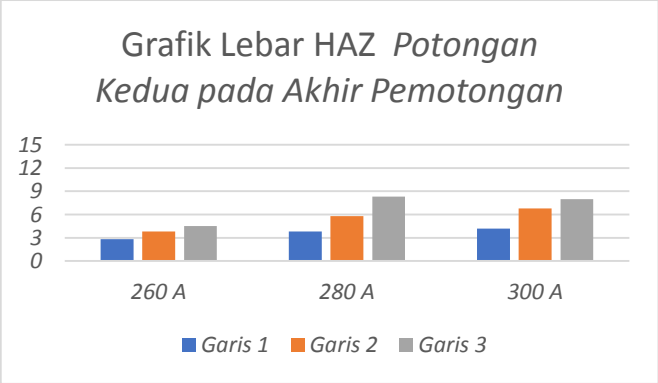
Gambar 4.25 : Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua pada Awal Pemotongan

Keterangan :

1. Garis 1 : Bagian Atas Plat
2. Garis 2 : Bagian Tengah Plat
3. Garis 3 : Bagian Bawah Plat



Gambar 4.26 : Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua pada Tengah Pemotongan



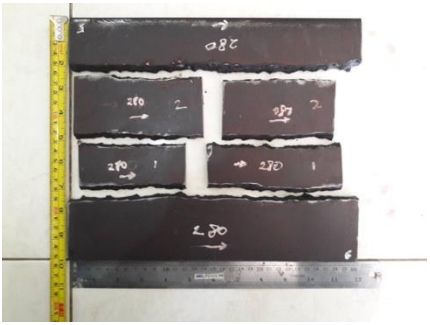
Gambar 4.27 : Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua pada Akhir Pemotongan

Keterangan :

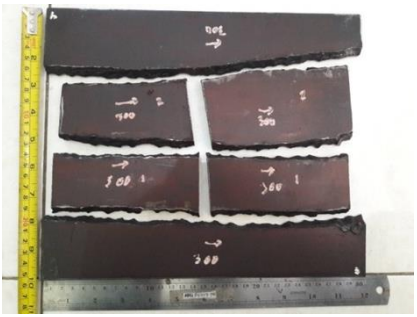
1. Garis 1 : Bagian Atas Plat
2. Garis 2 : Bagian Tengah Plat
3. Garis 3 : Bagian Bawah Plat

4.6 Hasil Pembahasan

Gambar 4.33 : Hasil Potongan pada arus 260 A



Gambar 4.34 : Hasil Potongan pada arus 280 A



Gambar 4.35 : Hasil Potongan pada arus 300 A

Tabel 4.16 Rangkuman Hasil Pengujian

Pengujian	Variasi	Hasil					
		Potongan Pertama			Potongan Kedua		
		Awal	Tengah	Akhir	Awal	Tengah	Akhir
Foto Makro	300	10,5-16,7 mm	9,8-11,1 mm	3 - 4 mm	4,5-8,8 mm	4,8-8,8 mm	4,2- 8 mm
	280	5,5-9,2 mm	5,8-7,8 mm	2,9-10,2 mm	3,8-8,5 mm	6,5-10,8 mm	3,8-8,3 mm
	260	2 - 4,2 mm	2-6,8 mm	2,5-5 mm	4,3-6 mm	3,8-10 mm	2,8-4,5 mm
Kekasaran permukaan	Variasi	Awal Pemotongan		Tengah Pemotongan		Akhir Pemotongan	
	300	Antara 8,55 μm		Antara 7,85 μm		Antara 8,47 μm	
	280	Antara 6,18 μm		Antara 6,04 μm		Antara 7,09 μm	
	260	Antara 8,48 μm		Antara 7,79 μm		Antara 8,11 μm	

4.7 Pembahasan

Sebagian besar kekasaran permukaan akan kasar pada awal dan akir pemotongan dikarnakan pemotongan menggunakan las manual maka pada awal pemotongan dan akir pemotongan terdapat ketidak stabilan pada pemotongan sehingga menyebabkan kekasaran permukaan menjadi lebih kasar.

Pada potongan kedua dengan arus 300 A dan pada potongan pertama dengan arus 260A mengalami kenaikan kekasaran permukaan dikarnakan kecepatan yang dilakukan tidak stabil.sehingga kekasaran permukaan menjadi lebih kasar

Kekasaran permukaan yang paling halus adalah pada 280 ampere dikarnakan pada arus ini welder mengalami kecepatan yang cenderung stabil karna pada arus 300 welder cenderung memotong lebih cepat dikarnakan panas yang dihasilkan lebih besar. dan apabila arus yang digunakan 260 maka lama penembusan plat akan menjadi lebih lama dikarnakan panas yang digunakan lebih kecil sehingga kecepatan pemotongan tidak stabil sehingga kekasaran permukaan lebih kasar

Kecenderungan lebar HAZ pada permukaan atas ke bawah semakin membesar dikarnakan pada proses pemotongan yang mengalami panas paling lama adalah pada bagian bawah plat

Lebar HAZ yang paling lebar adalah pada 300 A akan tetapi pada perhitungan heat input yang dihasilkan lebih besar pada arus 260 A. karena pada perhitungan heat input kecepatan tidak tervalidasi dengan benar karena pemotongan terjadi penungguan sampai tembus setelah itu busur baru berjalan ke depan. Sementara pada teori perhitungan heat input kecepatan dianggap stabil. Karena itu heat input dianggap mengikuti dengan perbesaran arus, semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar heat input yang terjadi. Sementara itu pada lebar HAZ potongan pertama pada akhir pemotongan, potongan kedua pada tengah dan akhir pemotongan lebar HAZ cenderung menurun dikarnakan kestabilan kecepatan tidak bisa tervalidasi dengan baik dikarnakan pengelasan dilakukan secara manual

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh variasi ampere pada pemotongan menggunakan SMAW electrode carbon gouging diameter 6mm pada material baja karbon rendah, dapat disimpulkan bahwa:

1. Didapat hasil lebar HAZ yang paling sempit didapatkan pada arus 260 A. Pada arus 280 A mengalami kenaikan lebar HAZ dan begitu juga pada arus 300 A mengalami kenaikan lagi .
2. Didapatkan nilai kekasaran permukaan yang cenderung halus menggunakan arus 280 A pada arus 300 A mengalami kenaikan nilai kekasaran permukaan begitu juga dengan arus 260 mengalami kenaikan kekasaran permukaan.
3. Arus yang terbaik untuk digunakan adalah 280 A dikarnakan pada arus 280 A 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 amphere menggunakan elektroda carbon gouging dengan diameter 6mm 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.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

Wiryosumarto, Harsono dan Okumura,Toshie. 2000. ***Teknologi Pengelasan Logam.*** *Jakarta. PT Pradnya Paramita.*

Viictor Air Carbon Gouging Guide. ***Buku Manual ARC AIR Cutting and Gouging System.*** *Denton,Texas.*

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

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.*

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

Van Vlack, Lawrench. 1985. Ilmu dan Teknologi Bahan (ilmu logam dan bukan logam). Jakarta : Erlangga

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

Hackett, Charles M. Jul. 2001. ***Plasma Cutting Stainless Stell and Aluminium. <*** *https://www.thefabricator.com/ article/plasmacutting/plasma-cutting-stainless-steel-and-aluminum>*

Metallurgical Laboratory Hand Book. ***Buku SOP Lab Metallografi.*** *Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 2016*

Surface Roughness Tester TR110 Instruction Manual ***Buku Manual Alat Uji Kekasaran TR110***

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*

LAMPIRAN 1 : Baja SS400

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

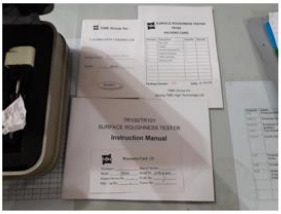
ASTM MS Plates Mechanical Physical properties:

Grade	Yield Strength min. (Mpa)		Tensile Strength (Mpa)	Elongation min. %			ImpactResistancemin. [J]
	Thickness <16 mm	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
Leading Manufacturer Of Mild Steel SS400 Plates	ASTM High Quality MS Plates,
ASTM MS Plates Distributors	SS400 Mild Steel Plates Exporter

Sumber : http://www.marcsteelindia.com/mild-steel-ss400-plates-manufacturer-supplier/

LAMPIRAN 1 : Dokumentasi

Lampiran 3 : Dokumentasi Uji Kekasaran