



**TUGAS AKHIR - VM 180629**

**PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA TERHADAP  
NILAI KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ  
PADA PROSES PEMOTONGAN STAINLESS STEEL SUS  
304 DENGAN MENGGUNAKAN *PLASMA CUTTING***

**MEINDRA PUJA WAHYU NUGRAHA  
NRP.1021150000015**

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

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**



**FINAL PROJECT - VM 180629**

**THE INFLUENCE OF AIR PRESSURE VARIATION ON  
SURFACE ROUGHNESS AND THE WIDTH OF THE HAZ  
IN STAINLESS STEEL SUS 304 USING PLASMA  
CUTTING**

**MEINDRA PUJA WAHYU NUGRAHA  
NRP.10211500000015**

**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 2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

# PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN DAN LEBAR HAZ PADA PROSES PEMOTONGAN STAINLESS STEEL SUS 304 DENGAN MENGUNAKAN *PLASMA CUTTING*

## TUGAS AKHIR

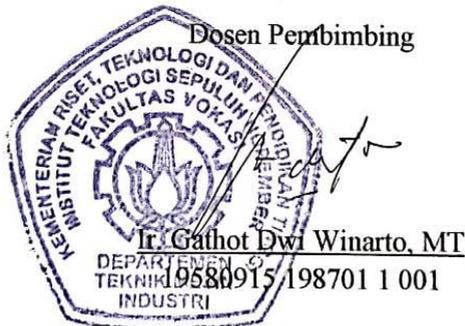
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya pada Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MEINDRA PUJA WAHYU NUGRAHA**  
**NRP 1021150000015**

Mengetahui dan menyetujui,

Dosen Pembimbing



SURABAYA, DESEMBER 2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA  
TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN  
DAN LEBAR HAZ PADA PROSES PEMOTONGAN  
STAINLESS STEEL SUS 304 DENGAN  
MENGUNAKAN *PLASMA CUTTING***

**Nama** : Meindra Puja Wahyu Nugraha  
**NRP** : 10211500000015  
**Departemen** : Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Dosen** : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT

**ABSTRAK**

Pemotongan *plasma cutting* sering digunakan dalam dunia industri, dikarenakan proses ini lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya maka dari itu pada proses pemotongan ini haruslah diperhatikan sifat-sifat benda dan cara-cara pemotongan berdasarkan fungsi dan tujuan.

Pada penelitian ini pemotongan menggunakan metode *plasma cutting* dengan variasi besarnya tekanan yang dipakai terhadap baja SUS 304. Variasi besarnya tekanan yang digunakan adalah 4 Bar, 5 Bar, dan 6 Bar. Kemudian diuji dengan pengujian kekasaran permukaan dan makro ETSA.

Pada pengamatan ini didapatkan tekanan terbaik sebesar 4 Bar dikarenakan mempunyai nilai kekasaran permukaan yang paling halus yaitu 9,96  $\mu\text{m}$  dan lebar HAZ yang paling kecil nilainya yaitu 0,89 mm. Untuk nilai kekasaran dan Lebar HAZ terbesar terdapat pada hasil pemotongan dengan tekanan 6 Bar yaitu 15,38  $\mu\text{m}$  dan 2,24 mm

**Kata kunci:** Tekanan, Plasma Cutting, Foto Makro, Kekasaran

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# THE INFLUENCE OF AIR PRESSURE VARIATION ON SURFACE ROUGHNESS AND THE WIDTH OF THE HAZ IN STAINLESS STEEL SUS 304 USING PLASMA CUTTING

**Name** : Meindra Puja Wahyu Nugraha  
**Studen ID** : 10211500000015  
**Department** : Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Supervisor** : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT

## ABSTRACT

*Plasma cutting is often used in the industrial world, because this process is more effective and efficient in its use so the cutting process must be considered in terms of properties and cutting methods base on function and purpose.*

*This observation is Plasma Cutting with pressure variation for steel SUS 304. The pressure variation are 4 Bar, 5 Bar and 6 Bar, and then uses toughness testings and metallography by using a way called macro ETSA.*

*In this observation, the best pressure is 4 Bar because it has the smoothest surface roughness value of 9,96  $\mu\text{m}$  and the smallest HAZ width is 0,89 mm. For the largest roughness value and the largest HAZ width found in the cutting result with a pressure of 6 Bar, which is 15,38  $\mu\text{m}$  and 2,24 mm.*

*Key Words: Pressure, Plasma Cutting, Metallography, Toughness*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Tekanan Udara Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan dan Lebar HAZ pada Proses Pemotongan *Stainless Steel* SUS 304 dengan Menggunakan *Plasma Cutting*”. Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, masukan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Syamsu Kahar dan Ibu Ismy Indrayati yang telah memberikan doa dan dukungan bagi penulis.
2. Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan serta kesabaran dalam membimbing dan memberikan pemahaman sehingga Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
5. Bapak Ir. Joko Sarsetiyanto, MT. selaku dosen wali selama kuliah di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan yang telah banyak membimbing penulis dalam menggali ilmu di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
7. Teman-teman yang telah membantu selama pengerjaan Tugas Akhir, Femilla Nur R, Willy Yoga, dan Fikri.
8. Seluruh teman-teman angkatan 2015 atas bantuan, dukungan, motivasi, kebersamaan dan pengalaman selama penulis menyelesaikan studi di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.

Penulis menyadari adanya kekurangan pada penelitian Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis memohon maaf atas kekurangan tersebut. Kritik dan saran diharapkan untuk perbaikan penelitian selanjutnya. Penulis juga mengharapkan Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Surabaya, Desember 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1 Pengertian pemotongan plasma.....	7
2.2 Klasifikasi <i>Stainless Steel Secara Umum</i> .....	7
2.3 <i>Austenitic Stainless Steel</i> .....	9
2.4 <i>Plasma Arc Cutting</i> .....	10
2.5 CNC Hyspeed HT2000.....	11
2.6 Kekasaran Permukaan .....	12
2.6.1 Penyimpangan Rata-Rata Aritmatik dari Garis Rata-Rata Profil.....	13
2.6.2 Ketidakrataan ketinggian sepuluh titik $R_z$ .....	14
2.6.3 Ketidakrataan ketinggian maksimum $R_{max}$ .....	14
2.7 HAZ ( <i>Heat Affected Zone</i> ).....	15
2.8 Metalografi.....	16
2.9 Makro ( <i>Macroscopic Examination</i> ).....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ).....	19
3.2 Urutan Pelaksanaan .....	21
3.2.1 Tahap Identifikasi Awal.....	21
3.2.2 Tahap Persiapan Bahan dan Peralatan .....	21

3.2.3	Tahap Pengumpulan Data .....	25
3.2.4	Pengukuran Lebar HAZ.....	37
3.2.5	Tahap Hasil dan Analisis Data .....	38
3.2.6	Tahap Penarikan Kesimpulan.....	38
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1	Parameter Pemotongan .....	39
4.2	Hasil Uji Kekasaran.....	39
4.2.1	Rekap Data Nilai Hasil Uji Kekasaran Permukaan ....	41
4.2.2	Analisis Pembahasan .....	45
4.3	Hasil Uji Makro Etsa .....	45
4.3.1	Rekap Hasil Pengujian Makro Etsa .....	46
4.3.2	Pembahasan Nilai Hasil Uji Makro ETSA.....	59
4.3.3	Analisis Pembahasan Hasil Uji Makro ETSA.....	66
4.4	Hasil Jarak Celah Setelah Dipotong .....	66
4.4.1	Rekap Hasil Jarak Celah Setelah Dipotong.....	67
4.4.2	Analisis Pembahasan Hasil Jarak Celah Pemotongan	67
4.5	Analisis Hasil Uji .....	68
4.5.1	Rangkuman Hasil Pengujian Makro Etsa dan Kekasaran Permukan.....	69
4.5.2	Analisis Hasil Pengujian .....	70
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran.....	71
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>75</b>
	<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>89</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Dasar Proses Pemotongan dengan Plasma...	11
Gambar 2.2 Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i> HySpeed HT2000 .....	12
Gambar 2.3 Penyimpangan rata-rata aritmetik $R_a$ dari garis rata-rata profil.....	13
Gambar 2.4 Ketinggian Sepuluh titik $R_a$ dari Ketidakrataan.....	14
Gambar 2.5 Ketinggian maksimum $R_{max}$ dari Ketidakrataan .....	15
Gambar 2.6 HAZ Pada Pemotongan Dengan laku Panas.....	16
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian .....	19
Gambar 3.2 Dimensi Stainless Steel SUS 304 .....	22
Gambar 3.3 Material <i>Stainless Steel</i> SUS 304.....	22
Gambar 3.4 Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i> Hyspeed HT2000 .....	24
Gambar 3.5 Alat Pengatur Tekanan .....	26
Gambar 3.6 Tekanan 4 Bar.....	26
Gambar 3.7 Tekanan 5 Bar.....	26
Gambar 3.8 Tekanan 6 Bar.....	26
Gambar 3.9 Posisi <i>Torch</i> pada Proses pemotongan <i>Stainless Steel</i> SUS 304 .....	27
Gambar 3.10 Proses Pemotongan <i>Stainless Steel</i> SUS .....	29
Gambar 3.11 Hasil Proses Pemotongan <i>Stainless Steel</i> SUS 304.....	29
Gambar 3.12 Alat TR100/TR101 <i>Surface Roughness Tester</i> .....	30
Gambar 3.13 Proses Pengambilan Data Uji Kekasaran Permukaan .....	32
Gambar 3.14 Material sebelum di etsa.....	33
Gambar 3.15 Larutan Etsa.....	34
Gambar 3.16 Alat dan Bahan Untuk Proses Etsa.....	34
Gambar 3.17 Proses pengetsaan .....	35
Gambar 3.18 Kertas gosok .....	35
Gambar 3.19 Autosol .....	36
Gambar 3.20 Material Setelah Diuji Etsa.....	37

Gambar 3.21 Metode Pengukuran HAZ .....	38
Gambar 4.1 Sketsa Hasil Pemotongan Material .....	40
Gambar 4.2 Sketsa Potongan Titik Uji untuk Kekasaran.....	40
Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekasaran pada Awal (A) Pemotongan .....	43
Gambar 4.4 Grafik Nilai Kekasaran pada Tengah (B) Pemotongan .....	44
Gambar 4.5 Grafik Nilai Kekasaran pada Akhir (C) Pemotongan .....	44
Gambar 4.6 Pengambilan Spesimen Uji Makro .....	46
Gambar 4.7 Foto Makro pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	47
Gambar 4.8 Foto Luas HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	47
Gambar 4.9 Foto Makro pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	48
Gambar 4.10 Foto Luas HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	49
Gambar 4.11 Foto Makro pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	50
Gambar 4.12 Foto Luas HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	50
Gambar 4.13 Foto Makro pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	51
Gambar 4.14 Foto Luas HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	52
Gambar 4.15 Foto Makro pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	53
Gambar 4.16 Foto Luas HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	53
Gambar 4.17 Foto Makro pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	54
Gambar 4.18 Foto Luas HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	54

Gambar 4.19 Foto Makro pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar.....	55
Gambar 4.20 Foto Luas HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar .....	56
Gambar 4.21 Foto Makro pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar .....	57
Gambar 4.22 Foto Luas HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar .....	57
Gambar 4.23 Foto Makro pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar.....	58
Gambar 4.24 Foto Luas HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar .....	58
Gambar 4.25 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama (kanan) pada Awal Pemotongan.....	60
Gambar 4.26 Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua (kiri) pada awal Pemotongan.....	61
Gambar 4.27 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama (kanan) pada Tengah Pemotongan .....	62
Gambar 4.28 Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua (kiri) pada Tengah Pemotongan .....	63
Gambar 4.29 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama (kanan) pada Akhir Pemotongan .....	64
Gambar 4.30 Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua (kiri) pada Akhir Pemotongan.....	65
Gambar 4.31 Hasil Potongan pada Tekanan 4 Bar .....	65
Gambar 4.32 Hasil Potongan pada Tekanan 5 Bar .....	66
Gambar 4.33 Hasil Potongan pada Tekanan 6 Bar .....	66
Gambar 4.34 Jarak Celah Pemotongan <i>Stainless Steel</i> SUS 304.....	67

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Stainless Steel .....	8
Tabel 2.2 Klasifikasi Stainless Steel (lanjutan) .....	9
Tabel 2.3 Spesifikasi Mesin CNC Plasma Cutting HySpeed HT2000 .....	12
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Stainless Steel</i> SUS 304 .....	23
Tabel 3.2 Sifat Mekanik Material 304 .....	23
Tabel 3.3 Sifat Mekanik Material 304 .....	24
Tabel 3.4 Variasi Tekanan Udara yang Digunakan .....	25
Tabel 4.1 Logam Stainless Steel SUS 304 .....	39
Tabel 4.2 Nilai Kekasaran Permukaan Variasi Tekanan .....	41
Tabel 4.3 Rata-rata Nilai Kekasaran Permukaan Variasi Tekanan .....	42
Tabel 4.4 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	48
Tabel 4.5 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	49
Tabel 4.6 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar .....	51
Tabel 4.7 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	52
Tabel 4.8 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	53
Tabel 4.9 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar .....	55
Tabel 4.10 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar .....	56
Tabel 4.11 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar .....	57
Tabel 4.12 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar .....	59
Tabel 4.13 Jarak Celah Hasil Pemotongan .....	67
Tabel 4.14 Rangkuman Hasil Pengujian .....	69

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini.

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia terus berupaya untuk meningkatkan perkembangan di sektor industri manufaktur, diantaranya adalah industri baja (Kemenperin, 2018). Dimana sektor ini dianggap menjadi *mother of industry* karena produknya merupakan bahan baku utama bagi kegiatan sektor industri lainnya seperti dalam pelaksanaan kontruksi bangunan baja, kontruksi mesin, dan lain sebagainya. Salah satu proses yang dibutuhkan dalam sektor industri ini adalah pemotongan baja. Dalam melakukan proses pemotongan baja, terdapat faktor penting yang harus diperhatikan sehingga mendapatkan hasil yang maksimal seperti tekanan potong, material, kecepatan potong, serta cara pemotongan berdasarkan standar material yang akan dipotong. Sehingga sifat pemotongan dan sifat material yang akan dipotong harus disesuaikan dengan baik.

*Stainless steel* atau Baja tahan karat merupakan baja paduan yang mempunyai sifat atau karakteristik khusus. Ciri umum dari baja tahan karat adalah kandungan kromium (Cr) yang tinggi untuk mencegah proses korosi (pengaratan logam). Dalam prosesnya baja tahan karat harus di potong sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Penelitian ini mengambil contoh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu Pengaruh Hasil Potong Variasi Tips dan Kecepatan Potong dengan proses *Oxy-Acetylene* Baja Karbon Rendah Dilihat dari Kekasaran Permukaan dan Kekerasan Permukaan Baja A-36 (Bayu Pujaningkrat, 2018). Penelitian yang saya ambil memiliki beberapa kesamaan dengan dengan penelitian yang sebelumnya. Dengan hasil penelitian nilai kekasaran permukaan yang paling kasar didapatkan pada kecepatan

pemotongan yang paling rendah. Sehingga pada penelitian ini pemotongan *Oxy-acetylene* diganti dengan *plasma cutting* dikarenakan pada penggunaannya lebih efisien dan aman dibandingkan dengan *Oxy-acetylene* dengan variasi tekanan. Metode *plasma cutting* ini menggunakan panas yang dihasilkan oleh sebuah sinar laser berkonsentrasi tinggi yang diatur kedalaman potongnya sesuai dengan ketebalan plat. Kelebihan dari *plasma cutting* adalah dapat memotong logam yang cukup tebal dengan kecepatan makan yang tinggi dan diimbangi dengan ketepatan dan keakuratan yang tinggi. Proses pemotongan menggunakan *plasma cutting* dapat diaplikasikan pada bahan seperti *stainless steel*, emas, alumunium, titanium, platinum dan lain-lain. Untuk jenis material yang berbeda, maka terdapat standar dan parameter pemotongan yang berbeda pula. Terdapat berbagai jenis standar untuk kecepatan potong dan tekanan potong untuk jenis material dengan ketebalan tertentu. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil potong yang baik, diperlukan pengetahuan yang tepat dalam menentukan parameter proses pemotongan yang digunakan.

Pada proses pemotongan dengan *plasma cutting*, variasi tekanan yang dilakukan dapat memberikan pengaruh pada lebar *Heat Affected Zone* (HAZ) dari material yang dipotong. Selain itu, variasi tekanan juga akan berpengaruh pada kekasaran hasil pemotongan material. Oleh karena itu, akan dilakukan pengujian hasil potong dengan *plasma cutting* dengan variasi tekanan untuk mengetahui pengaruh nilai kekasaran dan lebar HAZ dari material. Dimana material plat yang digunakan adalah *stainless steel* SUS 304. Material ini dipilih karena merupakan jenis *stainless steel* yang paling fleksibel dan serbaguna serta sering digunakan karena memiliki komposisi, sifat mekanik, dan sifat material yang baik. Dari pengujian yang akan dilakukan, maka dapat mengetahui tekanan terbaik untuk *stainless steel* SUS 304 berdasarkan variasi tekanan yang akan dilakukan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, pokok permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi tekanan udara terhadap lebar HAZ dari material *stainless steel* SUS 304 yang telah dilakukan pemotongan menggunakan *plasma cutting*?
2. Bagaimana pengaruh variasi tekanan udara terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan dari material *stainless steel* SUS 304 yang telah dilakukan pemotongan menggunakan *plasma cutting*?
3. Bagaimana pengaruh variasi tekanan udara terhadap nilai lebar celah yang dihasilkan dari material *stainless steel* SUS 304 yang telah dilakukan pemotongan menggunakan *plasma cutting*?
4. Berapa nilai tekanan terbaik yang digunakan untuk pemotongan *stainless steel* SUS 304 pada *plasma cutting*?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam penulisan Tugas Akhir ini, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut.

1. Pengujian dilakukan dengan uji kekasaran, uji metalografi.
2. Analisis dibatasi dengan tekanan 4 bar, 5 bar, dan 6 bar.
3. Kecepatan potong yang digunakan 1.200 mm/min.
4. Tegangan yang digunakan adalah DC 280 Volt.
5. Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* SUS 304 dengan tebal plat 5 mm.
6. Menggunakan mesin potong merek CNC *plasma cutting* Hyspeed HT2000.
7. Kuat arus yang digunakan 100 ampere.
8. Jenis *nozzle* yang digunakan adalah P80 Tip size 1,3mm.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui lebar HAZ (*Heat Affected Zone*) pemotongan *plasma cutting* pada *stainless steel* SUS 304 menggunakan uji foto makro.
2. Mengetahui hasil kekasaran permukaan setelah dipotong dengan variasi tekanan menggunakan *plasma cutting*.
3. Mengetahui nilai lebar celah yang dihasilkan pada pemotongan *stainless steel* SUS 304 dengan variasi tekanan udara 4 bar, 5 bar, 6 bar.
4. Mengetahui nilai tekanan yang baik untuk digunakan pada pemotongan *stainless steel* SUS 304 menggunakan *plasma cutting*.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang akan didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan teknik terutama dalam bidang pengujian logam, pemotongan, dan bahan teknik.
2. Memberikan kontribusi pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh tekanan pada proses pemotongan *plasma cutting*.
3. Memberikan rekomendasi tekanan yang tepat untuk pemotongan SUS 304 menggunakan *plasma cutting*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan disusun dalam lima bab yaitu pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, analisa data dan pembahasan, serta kesimpulan. Berikut ini adalah sistematika penulisan Tugas Akhir ini.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

## **BAB II DASAR TEORI**

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

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

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

## **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian makro etsa dan pengujian kekasaran.

## **BAB V PENUTUP**

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi-referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

## **LAMPIRAN**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

Pada bab ini akan dibahas mengenai literatur yang digunakan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.

#### **2.1 Pengertian pemotongan plasma**

Pemotongan plasma adalah semburan gas dalam plasma yang meleburkan dan mengeluarkan material kerf. Dalam proses ini *arc* listrik berpijar antara elektroda dan benda kerja. Ujung elektroda diletakkan didalam nozel gas yang didinginkan air atau udara di dalam kepala las. Gas plasma dialirkan melalui *nozzel*. *Arc* dan gas plasma dipaksa melewati lubang yang sangat sempit di ujung *nozzle*. Gas memanas dan terionisasi, semburan plasma pekat yang terbentuk mencapai suhu hingga 30.000°C dengan kecepatan tinggi. Saat semburan plasma mengenai benda kerja, panas berpindah karena terjadi rekombonasi (gas kembali pada keadaan normal).

#### **2.2 Klasifikasi *Stainless Steel* Secara Umum**

Berdasarkan komposisi pembentuknya, maka *stainless steel* dapat di klasifikasi dalam 5 kelompok sebagai berikut.

##### **1. *Austenitic Stainless Steel***

*Austenitic Stainless Steel* mengandung sedikitnya 18% krom dan 8% *nickel* dan itu merupakan standar untuk SUS 304.

##### **2. *Ferritic Stainless Steel***

Kadar krom bervariasi antara 10,5% - 18% seperti *grade* SUS 430 dan SUS 409. Ketahanan korosi tidak begitu istimewa dan relatif lebih sulit di fabrikasi / *machining*. Tetapi kekurangan ini telah diperbaiki pada *grade* 434 dan 444.

### 3. *Martensitic Stainless Steel*

*Stainless steel* jenis ini memiliki unsur utama krom yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan *Ferritic SS* dan kadar karbon relatif tinggi misal *grade 410* dan *416*. *Grade 431* memiliki krom sampai 16% tetapi mikrostrukturnya masih *martensitic* disebabkan hanya memiliki *Nickel 2%*. *Grade SS* lain misalnya *17-4 PH/ 630* memiliki *tensile strength* tertinggi dibandingkan *SS* lainnya. Kelebihan dari *grade* ini. Jika dibutuhkan kekuatan yang lebih tinggi maka dapat di *hardening*.

### 4. *Duplex Stainless Steel*

*Duplex Stainless steel* memiliki bentuk mikrostruktur campuran *austenitic* dan *ferritic*. *Duplex Ferritic-austenitic* memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap *stress corrosion cracking*.

### 5. *Precipitation Hardening Steel*

*Precipitation hardening stainless steel* adalah *SS* keras dan kuat akibat dari dibentuknya suatu endapan dalam struktur mikro logam. Sehingga gerakan deformasi menjadi terhambat dan memperkuat material *SS*. Pembentukan ini disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan aluminium. Proses penguatan biasanya terjadi pada saat dilakukan pengerjaan dingin (*cold work*).

Tabel 2.1 Klasifikasi *Stainless Steel*

Jenis <i>stainless steel</i>	Respon Magnet	Ketahanan Korosi	Metode <i>Hardening</i>	<i>Ductility</i>
<i>Austenitic</i>	Tidak	Sangat Tinggi	<i>Cold work</i>	Sangat Tinggi
<i>Duplex</i>	Ya	Sedang	Tidak ada	Sedang
<i>Ferritic</i>	Ya	Sedang	Tidak ada	Sedang
<i>Martensitic</i>	Ya	Sedang	Q & T	Rendah

Tabel 2.2 Klasifikasi Stainless Steel (lanjutan)

Jenis <i>stainless steel</i>	Ketahanan Temperatur Tinggi	Ketahanan Temperatur Rendah	Kemampuan <i>Welding</i>
<i>Austenitic</i>	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi
<i>Duplex</i>	Rendah	Rendah	Tidak
<i>Ferritic</i>	Tinggi	Rendah	Rendah
<i>Martensitic</i>	Rendah	Rendah	Rendah

Berdasarkan Tabel 2.1 dan 2.2, dapat dilihat mengenai respon magnet, ketahanan korosi, metode *hardening*, *ductility*, ketahanan temperatur tinggi, ketahanan temperature rendah, dan kemampuan *welding* dari masing-masing jenis *stainless steel*. *Stainless Steel* yang digunakan sebagai material dalam penelitian ini adalah SUS 304 yang merupakan jenis *stainless steel austenitic*.

### 2.3 *Austenitic Stainless Steel*

Kelompok material ini mengandung paling sedikit 18% *chromium* dan 8% *nickel*. Pada dasarnya penambahan elemen paduan lainnya bisa dilakukan terhadap *stainless steel* ini seperti *molybdenum*, *titanium*, atau *copper* untuk memodifikasi atau meningkatkan sifat-sifatnya membuat *stainless steel* ini sangat cocok untuk pengaplikasian kondisi-kondisi kritis yang melibatkan temperatur tinggi dengan performa ketahanan korosi tidak berkurang.

Kelompok ini juga sangat cocok untuk aplikasi material *cryogenic* (material yang beroperasi pada temperature rendah). *Stainless steel austenitic* sebenarnya sifat-sifat struktur kristal FCC di dominasi oleh pengaruh unsur *nickel*. Sehingga unsur *nickel* mencegah kerapuhan pada temperatur rendah membuat *stainless steel austenitic* memiliki karakteristik untuk menjadi material *cryogenic*. Berikut ini merupakan klasifikasi dari *austenitic stainless steel*.

#### 1. Tipe 304

Tipe ini dibuat dengan bahan dan pertimbangan ekonomis, sangat baik untuk lingkungan tercemar dan di air tawar namun

tidak di anjurkan pemakaiannya yang berhubungan dengan air laut.

**2. Tipe 321**

Merupakan variasi dari tipe 304 namun dengan penambahan titanium dan carbon secara proporsional. Cukup baik untuk pengerjaan suhu tinggi.

**3. Tipe 347**

Hampir sama dengan tipe 321 tetapi dengan penambahan niobium.

**4. Tipe 316**

Pada tipe ini ada penambahan unsur molybdenum 2% - 3% sehingga memberikan perlindungan terhadap korosi, baik digunakan pada peralatan yang behungan dengan air laut. Penambahan nilai sebesar 12% tetap mempertahankan struktur *austenitic*.

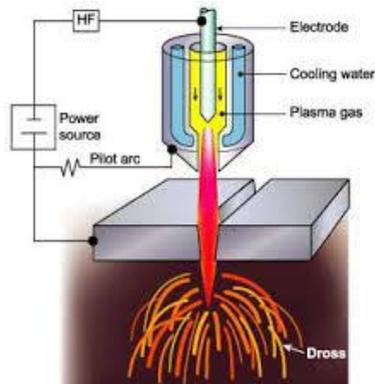
#### **2.4 Plasma Arc Cutting**

Proses *Plasma Arc Cutting* diawali dengan terbentuknya busur *wolfram (arc)* di antara elektroda dan benda kerja dari hasil reaksi ionisasi listrik terhadap gas potong yang sangat konduktif. Gas dipanaskan oleh busur *wolfram* hingga suhunya meningkat sangat tinggi lalu gas akan terionisasi dan menjadi penghantar listrik. Gas dalam kondisi ini disebut plasma. Plasma ini dialirkan melalui *nozzle* untuk melakukan pemotongan benda kerja. Akibat konsentrasi energi dari plasma maka bagian benda kerja tersebut akan mencair dengan cepat. Ketika aliran gas meninggalkan *nozzle*, gas berkembang cepat membawa serta logam cair, sehingga proses pemotongan berjalan terus.

Suhu plasma ini bisa mencapai 33.000°C, kira-kira 10 kali suhu yang dihasilkan oleh reaksi oksigen dan asetelin. Gas yang digunakan pada plasma adalah argon, hidrogen dan nitrogen. Kombinasi argon dan nitrogen memberikan hasil yang terbaik. Untuk operasi pemotongan digunakan campuran 80% argon dan

20% hidrogen dengan arus sekitar 400 ampere, untuk arus yang lebih tinggi digunakan campuran 65:35. Nitrogen hanya digunakan untuk memotong baja tahan karat, karena uapnya beracun diperlukan system pembuangan yang baik. Busur plasma bisa digunakan dengan operasi tangan maupun mesin, busur ini dimanfaatkan untuk pemotongan aluminium, baja tahan karat, tembaga, magnesium.

Sumber daya yang diperlukan untuk proses plasma arc harus memiliki tegan tinggi. Walaupun tegangan operasi untuk mempertahankan plasma biasanya 50 sampai 60 V tetapi tegangan awal yang dibutuhkan bisa mencapai 400 V DC.



Gambar 2.1 Prinsip Dasar Proses Pemotongan dengan Plasma

Berdasarkan gambar 2.1, dapat dilihat mengenai prinsip dasar komponen-komponen dalam proses pemotongan dengan menggunakan plasma.

## 2.5 CNC Hyspeed HT2000

Proses pemotongan dilakukan menggunakan mesin merek CNC *plasma cutting* Hyspeed HT2000. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC *plasma cutting* Hyspeed HT2000.



Gambar 2.2 Mesin CNC *Plasma Cutting* HySpeed HT2000

Gambar diatas merupakan gambar dari mesin CNC Plasma cutting yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Dimana, mesin CNC *plasma cutting HySpeed* HT2000 ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi Mesin CNC *Plasma Cutting* HySpeed HT2000

Parameter	Keterangan
Dimensi	1040x710x900 mm
Berat	352 kg
Akurasi	0,2 mm
Arus keluaran	40-200 A
Maximum tegangan	280 V

Berdasarkan Tabel 2.3 dapat dilihat spesifikasi mesin CNC *plasma cutting HySpeed* HT2000 berupa dimensi, berat, akurasi, arus keluaran, dan maksimum tegangan pada mesin CNC tersebut.

## 2.6 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.

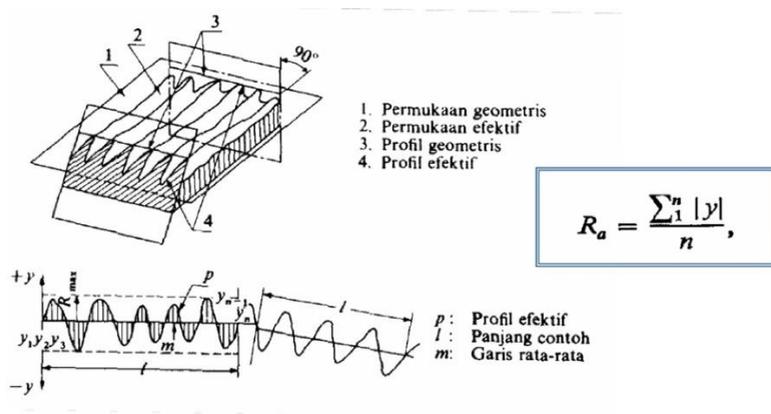
Ketentuan- ketentuan dari tiga macam kekasaran permukaan dan nilai-nilai numeriknya digariskan dalam ISO/R 468-1966.

### 2.6.1 Penyimpangan 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 dari potongan. Permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan secara konvensional, terhadap permukaan geometris ideal. Kordinat-kordinat  $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$  dijumlahkan tanpa memperhitungkan tandanya.

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

Kira kira:



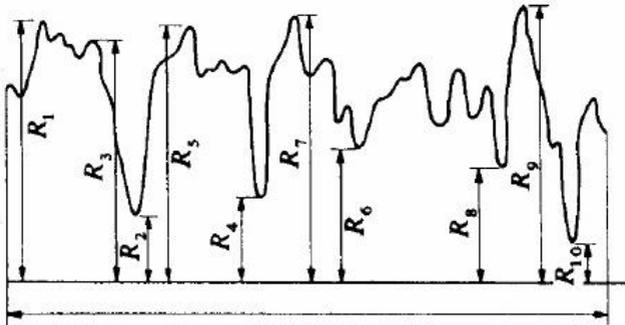
Gambar 2.3 Penyimpangan rata-rata aritmetik  $R_a$  dari garis rata-rata profil

Gambar 2.3 diatas merupakan penyimpangan rata-rata aritmetik  $R_a$  dari garis rata-rata profil. Dimana  $l$  adalah pancang contoh yang telah ditentukan, yaitu panjang dari profil efektif yang diperlukan untuk menentukan kekasaran permukaan dari permukaan yang diteliti.

### 2.6.2 Ketidakrataan 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.

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

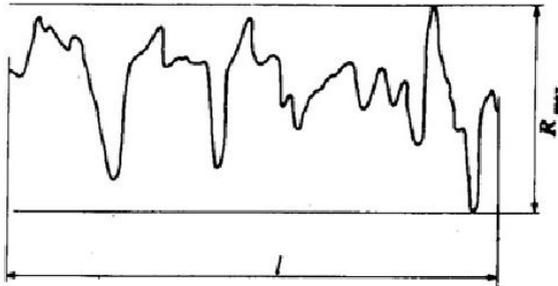


Gambar 2.4 Ketinggian Sepuluh titik  $R_a$  dari Ketidakrataan.

Gambar 2.4 menjelaskan tentang ketinggian dari sepuluh titik  $R_a$  dari Ketidakrataan dan juga perhitungan untuk mendapatkan  $R_z$ .

### 2.6.3 Ketidakrataan ketinggian maksimum $R_{max}$

Ketidakrataan ketinggian maksimum  $R_{\max}$  adalah jarak antara dua garis sejajar dengan garis rata-rata dan menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah.

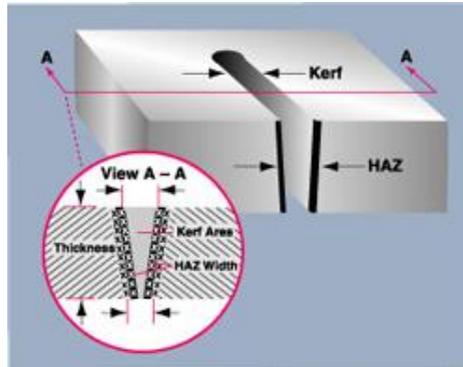


Gambar 2.5 Ketinggian maksimum  $R_{\max}$  dari Ketidakrataan

Gambar 2.5 menjelaskan tentang ketinggian dari sepuluh titik  $R_{\max}$  dari Ketidakrataan.

## 2.7 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 yang terpengaruh panas atau disebut *heat affected zone* (HAZ) merupakan daerah terjadinya pencairan logam induk yang mengalami perubahan struktur mikro karena terpengaruh panas saat pemotongan dan pendinginan setelah pemotongan. HAZ merupakan daerah terjadi 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 2.6 HAZ Pada Pemotongan Dengan laku Panas  
Sumber:

<https://www.thefabricator.com/article/plasmacutting/plasma-cutting-stainless-steel-and-aluminum>

Berdasarkan gambar 2.6 diatas, dapat dilihat HAZ pada proses pemotongan yang telah dilakukan.

## 2.8 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 menentukan 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  $0,01 \text{ \AA}\mu\text{m}$ .
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.

## 2.9 Makro (*Macroscopic Examination*)

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 nonmetal.

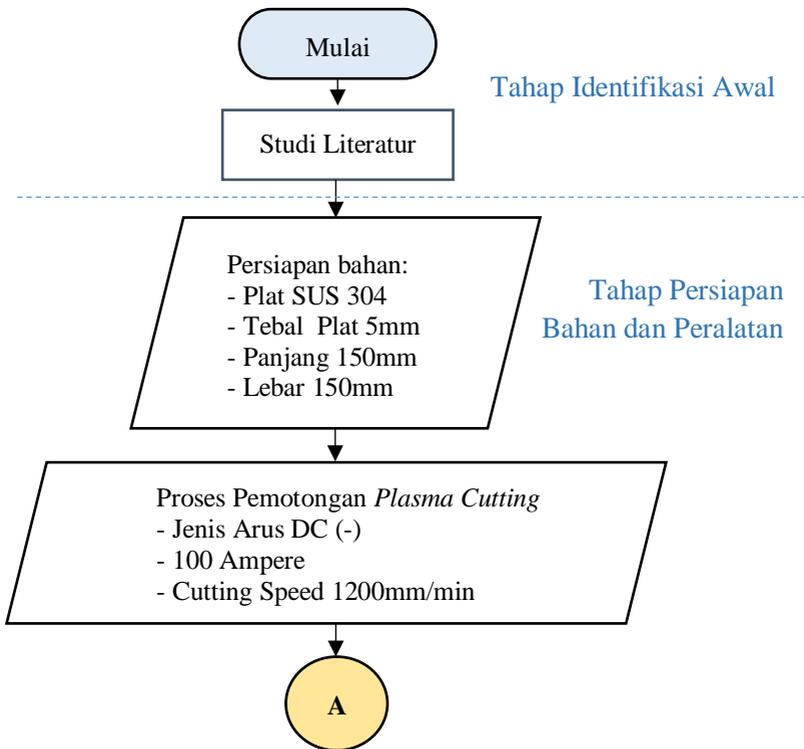
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

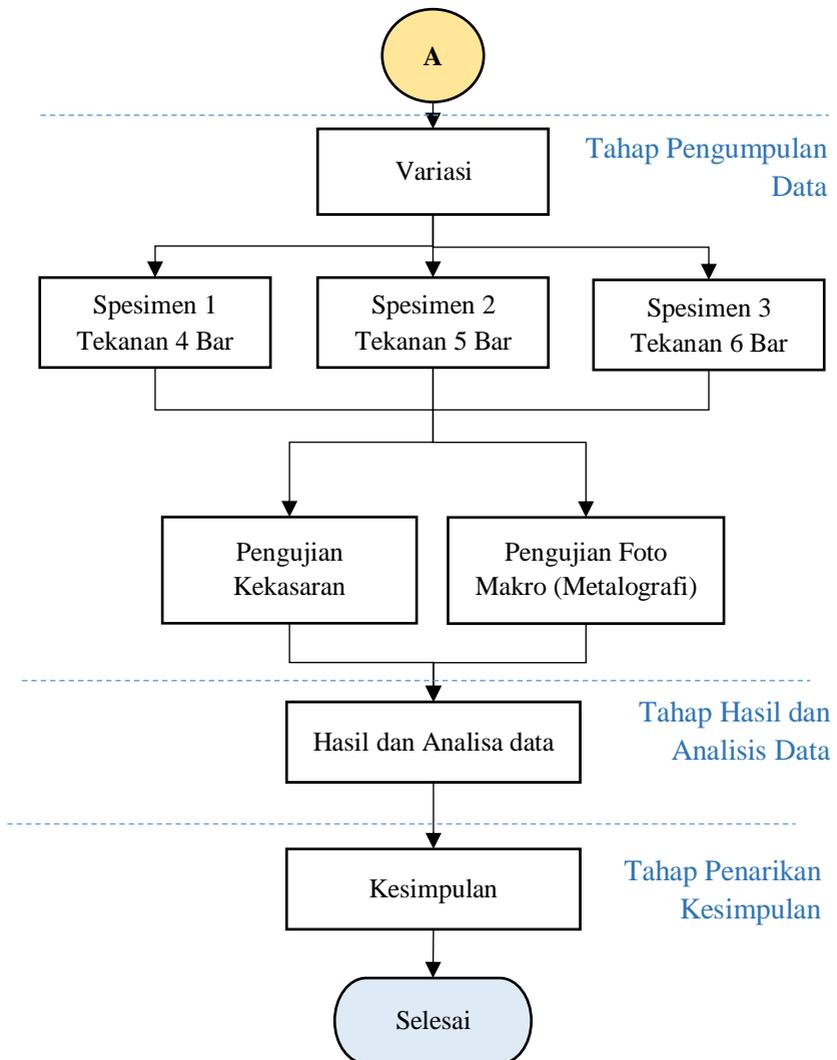
Pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir ini.

### 3.1 Diagram Alir (*Flowchart*)

Dalam penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa tahapan proses yang dilakukan. Metodologi penelitian digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian (Lanjutan)

Dari gambar 3.1 dan 3.2, dapat dilihat alur penelitian yang terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap identifikasi awal, tahap persiapan bahan dan peralatan, tahap pengumpulan data, tahap hasil dan analisis data, tahap penarikan kesimpulan.

### **3.2 Urutan Pelaksanaan**

Berikut ini akan dijelaskan mengenai urutan pelaksanaan penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini.

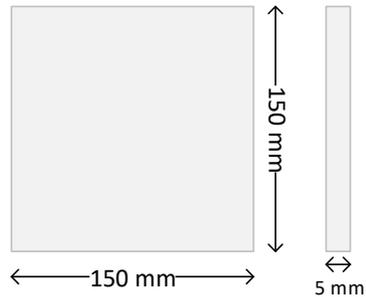
#### **3.2.1 Tahap Identifikasi Awal**

Pada tahap identifikasi awal, dilakukan studi literatur dengan mempelajari teori terkait dengan penelitian Tugas Akhir. Diantaranya adalah mengenai proses pemotongan dengan *plasma cutting*, besar tekanan dalam pemotongan, dan langkah-langkah kerja uji kekasaran permukaan dan uji metalografi.

#### **3.2.2 Tahap Persiapan Bahan dan Peralatan**

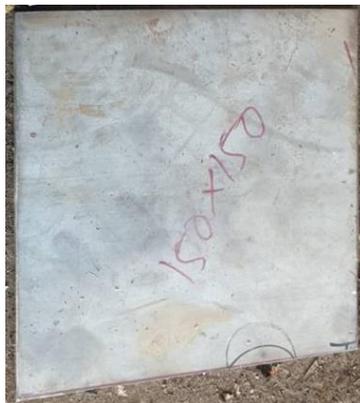
Pada tahap ini, akan dilakukan persiapan bahan dan peralatan yang digunakan dan menunjang penelitian Tugas Akhir. Alat dan bahan yang digunakan dan perlu disiapkan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Material plat *stainless steel* SUS 304 dengan tebal 5mm yang digunakan sebagai spesimen pemotongan sebanyak 3 plat. Dimensi ukuran *stainless steel* adalah sebagai berikut.
  - Panjang: 150 mm
  - Lebar 150 mm
  - Tebal 5 mm



Gambar 3.2 Dimensi *Stainless Steel* SUS 304

Dari gambar 3.2, dapat dilihat dimensi yang digunakan dalam pengujian ini adalah panjang 150 mm, lebar 150 mm dengan tebal 5mm.



Gambar 3.3 Material *Stainless Steel* SUS 304

Berdasarkan gambar 3.3, dapat dilihat material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Stainless Steel* SUS 304. Berikut ini merupakan spesifikasi dari material *stainless steel* SUS 304.

Tabel 3.1 Spesifikasi *Stainless Steel* SUS 304

<b><i>Stainless Steel</i> SUS 304</b>	<b>Keterangan</b>
Spesifikasi	ASTM A240 Grade 304
Standar	AISI, JIS, ASTM, DIN
Ketebalan	0.40MM to 6MM,
Metode pemotongan	<i>Plasma Cut, Laser Cut, Waterjet Cut, Saw Cut</i>
Panjang	1000mm sampai 6000mm
Bentuk	<i>Coils, Foils, Rolls, Plain Sheet, Shim Sheet, Perforated Sheet, Chequered Plate, Strip, Flats, Blank (Circle), Ring (Flange)</i>
<i>Finish</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Cold Rolles (2D, 2B, 2R)</i></li> <li>- <i>Heat Treated (2D,2B)</i></li> <li>- <i>Satin Polish (1K/2K)</i></li> </ul>
<i>Hardness</i>	<i>Soft, Hard, Half Hard, Quarter Hard, Spring Hard etc.</i>
<i>Grade</i>	ASTM A240 Grade 304

Berdasarkan tabel 3.1, dapat dilihat tabel diatas merupakan spesifikasi material *Stainless Steel* SUS 304 serta keterangan dari spesifikasi tersebut.

Tabel 3.2 Sifat Mekanik Material 304

<b><i>Grade</i></b>	<b><i>Tensile Strength (Mpa) min</i></b>	<b><i>Yield Strength 0,2% Proof (Mpa) min</i></b>	<b><i>Elongation (% in 50mm) min</i></b>	<b><i>Hardness</i></b>	
				<b><i>Rockwell B (HR B) max</i></b>	<b><i>Brinell (HB) max</i></b>
304	515	205	40	92	201

Dari tabel 3.2, dapat dilihat tabel diatas merupakan sifat mekanik material 304 yang memiliki *tensile strength* minimal 515 Mpa, *yield strength 0,2% proof* minimal 205 Mpa, *elongation*

persen dalam 50mm minimal 40, kekerasan *rockwell* B (HR B) maksimal 92, serta kekerasan *Brinell* (HB) maksimal 201.

Tabel 3.3 Sifat Mekanik Material 304

Grade	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
304	Min	-	-	-	-	0,030	-	8.0	
	Max	0.08		2.0	0.75	0.045	18.0	-	10.5

Dari tabel 3.3, dapat dilihat tabel diatas merupakan sifat mekanik material 304 yang memiliki nilai karbon (C) maksimal 0,08, silikon (Si) maksimal 2,0, fosfor (P) 0,75, sulfur (S) maksimal 0,045, krom (Cr) minimal 0,030 dan maksimal 18,0, nikel (Ni) minimal 8 dan maksimal 10,5, nitrogen (N) 0,10.

- Mesin *Plasma Cutting* digunakan sebagai alat pemotong spesimen berupa *stainless steel* yaitu menggunakan mesin potong merek CNC *plasma cutting* Hyspeed HT2000.



Gambar 3.4 Mesin CNC *Plasma Cutting* Hyspeed HT2000

Dari gambar 3.4, dapat dilihat gambar diatas merupakan mesin yang digunakan untuk memotong benda kerja *stainless steel* pada penelitian ini.

### 3.2.3 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data pemotongan yang dilakukan pada material *stainless steel* SUS 340.

#### 3.2.3.1 Penentuan Parameter Potong

Terdapat beberapa ketentuan parameter pemotongan sebagai berikut.

1. Parameter yang konstan

Parameter yang konstan adalah pemotongan pada tebal *stainless steel* SUS 304 yaitu 5mm.

2. Parameter yang divariasikan

Parameter yang divariasikan adalah tekanan yang digunakan sebagaimana dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 3.4 Variasi Tekanan Udara yang Digunakan

Spesimen	Tekanan
Spesimen 1	4 Bar
Spesimen 2	5 Bar
Spesimen 3	6 Bar

Berdasarkan tabel 3.4 diatas, dapat dijelaskan bahwa terdapat 3 variasi tekanan yang digunakan pada spesimen yang sama (*stainless steel* SUS 304) yaitu dengan tekanan 4 bar, 5 bar, dan 6 bar.



Gambar 3.5 Alat Pengatur Tekanan

Dari Gambar 3.5 diatas merupakan Redbo100 yang berfungsi untuk mengatur tekanan yang masuk dari kompresor untuk selanjutnya di alirkan menuju mesin CNC.



Gambar 3.6  
Tekanan 4 Bar



Gambar 3.7  
Tekanan 5 Bar



Gambar 3.8  
Tekanan 6 Bar

Dari gambar 3.6, 3.7 dan 3.8 merupakan variasi tekanan udara yang digunakan dalam penelitian proses pemotongan *plasma cutting* ini.

### 3.2.3.2 Pelaksanaan Pemotongan

Proses pemotongan dilakukan pada material *stainless steel* SUS 304 dengan menempatkan material pada *workplace* yang telah ditentukan. Setelah itu, maka *torch* akan disesuaikan dengan material tersebut sebelum dimulai pemotongan. Berikut ini adalah contoh posisi *torch* pada pemotongan material *stainless steel* SUS 304 yang dilakukan.



Gambar 3.9 Posisi *Torch* pada Proses pemotongan *Stainless Steel* SUS 304

Dari gambar 3.9, dapat dilihat gambar diatas bahwa posisi *torch* akan mengikuti ukuran benda kerja yang akan dipotong. Pada proses pemotongan tersebut, kecepatan potong (V) yang digunakan adalah sebesar 1200 mm/menit. Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam pemotongan *stainless steel* SUS 304.

1. Persiapan mesin penggerak *torch tip*

Hal-hal yang dilakukan selama melakukan persiapan mesin penggerak *torch-tip* diantaranya adalah memeriksa angin pada kompresor, dan menghubungkan kabel *power* ke stop kontak. Langkah selanjutnya adalah menyalurkan udara dari kompresor menuju mesin pengatur tekanan. Kemudian dari selang

pengatur tekanan akan dilanjutkan menuju *torch*. Setelah itu memastikan mesin penggerak bekerja dengan baik.

## 2. Persiapan proses pemotongan

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persiapan proses pemotongan adalah sebagai berikut.

- Memasang benda kerja sesuai dengan posisi yang sudah diatur diatas garis pemotongan.
- Mengatur sudut potong sebesar  $90^{\circ}$ .
- Mengatur jarak potong pada posisi 1 mm.
- Mengatur tekanan udara pada Redbo sesuai variasi tekanan yang diinginkan 4 bar, 5 bar, 6 bar.
- Diperoleh nyala api netral.

## 3. Proses Pemotongan

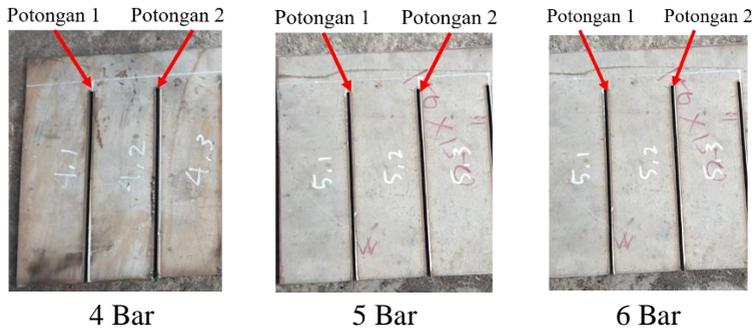
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses pemotongan adalah sebagai berikut.

- Melakukan pemanasan awal (*preheating*) pada titik awal pemotongan.
- Membuka katup udara yang ada pada kompresor sebesar satu putaran penuh untuk mendapatkan aliran udara sepenuhnya.
- Mengatur tekanan sesuai dengan variasi yang diinginkan 4 bar, 5 bar, 6 bar.
- Meghidupkan mesin penggerak.
- Mendapatkan hasil pemotongan.
- Membiarkan hasil pemotongan pada udara bebas.

Berikut ini merupakan gambar proses pemotongan dan hasil pemotongan plat *stainless steel* SUS 304.



Gambar 3.10 Proses Pemotongan *Stainless Steel* SUS



Gambar 3.11 Hasil Proses Pemotongan *Stainless Steel* SUS 304

Dari gambar 3.11, dapat dilihat gambar diatas merupakan hasil proses pemotongan *stainless steel* SUS 304 dengan menggunakan metode *plasma cutting*.

### 3.2.3.3 Persiapan Pengujian

Pada proses pengujian, spesimen yang diuji adalah pada bagian yang terkena perlakuan pemotongan. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kekasaran dan pengujian foto makro. Pengujian tersebut dilakukan pada *stainless steel* SUS 304 dengan

tebal 5 mm yang telah dipotong dengan *plasma cutting* dengan kecepatan 1200 mm/menit dengan variasi sebagai berikut.

- Pemotongan dengan tekanan 4 bar
- Pemotongan dengan tekanan 5 bar
- Pemotongan dengan tekanan 6 bar

### 3.2.3.4 Pengujian Spesimen

Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kekasaran dan pengujian foto makro atau metalografi untuk selanjutnya akan diolah dan mendapatkan nilai HAZ. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing pengujian yang dilakukan.

#### 3.2.3.4.1 Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan alat TR100/TR101 *Surface Roughness Tester*. Berikut ini adalah tampilan dari alat tersebut.



Gambar 3.12 Alat TR100/TR101 *Surface Roughness Tester*

Berdasarkan gambar 3.12, dapat dilihat gambar diatas merupakan alat TR101 yang digunakan untuk mengetahui nilai kekasaran suatu logam yang diteliti.

Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat ukur kekasaran permukaan yaitu TR100/TR101 *Surface Roughness Tester*.
2. Menghubungkan alat dengan pengisi daya DC 9V (*charging*) kemudian menyalakan alat tersebut.
3. Membersihkan material dari kotoran yang menempel.
4. Meletakkan material hasil pemotongan *stainless steel* SUS 304 pada permukaan yang datar dengan posisi hasil pemotongan material diletakkan pada bagian atas.
5. Meletakkan alat pengukur kekasaran permukaan diatas benda kerja yang telah dipotong, sehingga permukaan hasil pemotongan akan bersinggungan dengan alat pengukur kekasaran.
6. Memastikan kembali bahwa posisi material telah berada pada bidang datar.
7. Menekan tombol start dan melakukan proses pengujian.
8. Menunggu beberapa saat hingga muncul angka hasil kekasaran material pada monitor.
9. Mencatat hasil pengujian kekasaran permukaan.
10. Mengulangi dengan langkah yang sama pada semua material hasil pemotongan.



Gambar 3.13 Proses Pengambilan Data Uji Kekasaran Permukaan

Berdasarkan gambar 3.13, dapat dilihat gambar diatas merupakan proses pengambilan data kekasaran pada penelitian ini menggunakan alat TR100 dengan material yang diuji *stainless steel SUS 304*.

#### 3.2.3.4.2 Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi adalah suatu teknik untuk melihat struktur mikro dan makro dari material. Pengujian ini dapat dilakukan dengan tes makro maupun tes mikro. Namun, untuk melihat hasil HAZ, maka yang perlu dilakukan adalah dengan tes makro. Tes makro ini bertujuan untuk melihat secara visual hasil dari proses pemotongan setelah dilakukan pengetsaan. Proses pengetsaan sendiri dilakukan dengan menggunakan cairan  $\text{HNO}_3$  20 ml 5% + HCL 60 ml. Dengan proses ini, bagian HAZ, *weld metal*, dan *base metal* akan terlihat. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam proses pengujian metalografi.

##### 1. Pemotongan Spesimen Uji

Pada tahapan ini, material spesimen yang akan diuji akan dipotong melalui proses *grinding*. Kemudian akan diambil tiga sampel hasil pemotongan dari setiap variasi tekanan yang dilakukan.

## 2. Penghalusan Permukaan Spesimen Uji

Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap. Dimana penggosokan ini 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.

## 3. Proses Pengetsaan Spesimen

Spesimen yang sudah mengkilap disterilkan terlebih dahulu dengan alcohol sehingga akan membersihkan pori-pori permukaan. Kemudian direndam dalam cairan etsa selama  $\pm 5$  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.



Gambar 3.14 Material sebelum di etsa

Gambar 3.14 merupakan spesimen yang sudah di haluskan permukaannya agar bisa dilakukan pengujian makro etsa.



Gambar 3.15 Larutan Etsa

Gambar 3.15 merupakan larutan etsa yang merupakan cairan yang digunakan pada proses pengetsaan nanti yaitu HCL, HNO<sub>3</sub>, dan Alkohol.



Gambar 3.16 Alat dan Bahan Untuk Proses Etsa

Dari gambar 3.16, dapat dilihat gambar diatas merupakan alat dan bahan yang digunakan untuk proses pengetsaan dimana *hairdryer* digunakan untuk membantu proses pengetsaan setelah diberi cairan, serta jangka sorong digunakan untuk mengukur lebar HAZ yang dihasilkan.



Gambar 3.17 Proses pengetsaan

Dari gambar 3.17 dapat dilihat proses pengetsaan spesimen, dimana spesimen dimasukkan pada campuran cairan yang sudah ditentukan lalu didiamkan selama beberapa menit. Selanjutnya dikeringkan menggunakan *hairdryer* dan melihat lebar HAZ yang di hasilkan dari proses pemotongan.



Gambar 3.18 Kertas gosok

Dari gambar 3.18, dapat dilihat gambar diatas adalah kertas gosok yang digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen sebelum dilakukan pengetsaan.



Gambar 3.19 Autosol

Dari gambar 3.19, merupakan autosol yang berfungsi untuk mem-*polish* bagian spesimen agar menjadi mengkilat.

4. Mengukur lebar HAZ dan pengambilan foto makro
5. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam mengukur lebar HAZ.
6. Menyiapkan material hasil pengujian makro etsa.
7. Menyiapkan alat berupa penggaris atau jangka sorong.
8. Menyiapkan kamera untuk pengambilan foto makro.
9. Mengukur pada enam titik, yaitu tiga titik pada sisi kiri dan tiga titik pada sisi kanan dengan ketentuan mengukur setiap lebar pada bagian atas, tengah, dan bawah titik tersebut.
10. Mencatat hasil lebar HAZ.
11. Memfoto hasil pengukuran lebar HAZ pada material setelah dilakukan pengujian makro etsa.



Gambar 3.20 Material Setelah Diuji Etsa

Dari gambar 3.20, merupakan contoh material yang sudah diuji etsa dan selanjutnya dilakukan pengukuran lebar HAZ yang dihasilkan menggunakan jangka sorong.

### 3.2.4 Pengukuran Lebar HAZ

Pada proses pengukuran lebar HAZ, hasil pengujian makro etsa dapat dilihat dan dihitung, Pada (Gambar 3.21) berikut adalah metode untuk mengukur lebar HAZ:

Langkah-langkah menghitung HAZ dengan software *Solidwork* sebagai berikut

1. Buka software solidwork, lalu klik *new*
2. Lalu pilih part, selanjutnya klik insert spesimen menuju software solidwork
3. Kemudian sket luasa HAZ yang akan diukur, setelah selesai kemudian di *extrude* luasan tersebut
4. Kemudian *measure* sket luasan yang sudah di *extrude* sehingga mendapatkan luasan HAZ yang diinginkan.

Setelah luasan telah diketahui, kemudian dihitung dengan rumus seperti berikut:



Gambar 3.21 Metode Pengukuran HAZ

Dimana: P = Panjang

L = Lebar

A = Luas

Sehingga didapatkan:  $L = \frac{A}{P}$

### 3.2.5 Tahap Hasil dan Analisis Data

Pada tahap ini akan dilakukan pembahasan dari hasil pengumpulan data dari hasil uji kekasaran permukaan dan juga uji metalografi yang telah dilakukan. Kemudian hasil tersebut akan dilakukan analisis untuk mengetahui dari variasi pengujian yang telah dilakukan, maka variasi mana yang paling tepat diaplikasikan pada proses pemotongan *stainless steel* SUS 304 dengan menggunakan mesin *plasma cutting*.

### 3.2.6 Tahap Penarikan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dalam penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan. Penarikan kesimpulan disesuaikan dengan hasil penelitian dan menjawab dari tujuan yang telah dijelaskan pada Bab 1.

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh perbedaan variabel variasi Tekanan yaitu 4 bar, 5 bar, 6 bar pada hasil pemotongan *Stainless Steel* SUS 304 menggunakan *plasma cutting* dengan kecepatan potong 1200 mm/min melalui 2 pengujian, yaitu pengujian Kekasaran permukaan, dan pengujian makro etsa.

### 4.1 Parameter Pemotongan

Berikut ini adalah parameter pemotongan dari material yang digunakan sebagai spesimen dalam pemotongan menggunakan *plasma cutting*.

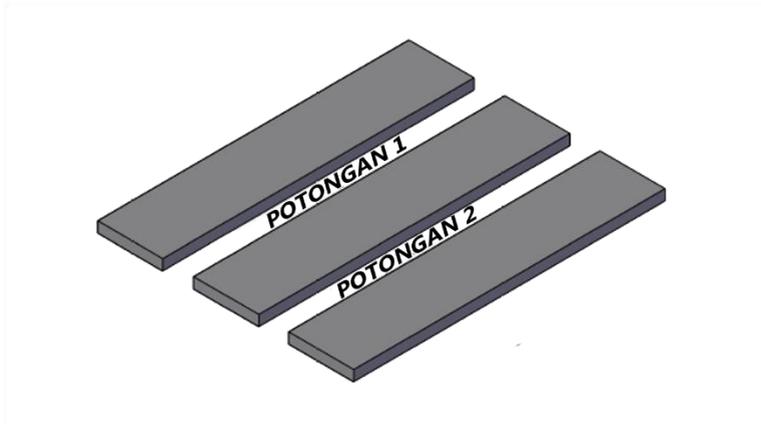
Tabel 4.1 Logam *Stainless Steel* SUS 304

Nama	Keterangan
<i>Material Spesification</i>	Stainless Steel SUS 304
Dimensi Material	150 mm x 150 mm x 5 mm
<i>Nozzle Tip</i>	P80 (1,3 mm)
Tekanan	4 bar, 5 bar, 6 bar
Posisi pengelasan	1G
Kecepatan Potong	1200 mm/min
Tegangan	280 Volt
Polaritas	DC
Kuat arus	100 Ampere

Dari tabel 4.1 dapat dilihat parameter dari pemotongan seperti spesifikasi material, tekanan, posisi pengelasan serta parameter lainnya.

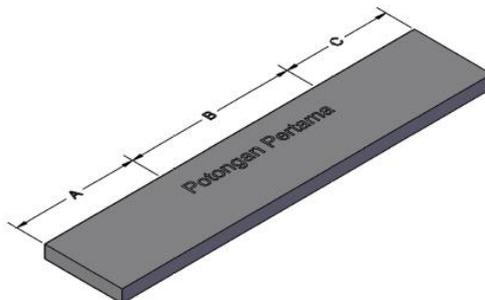
### 4.2 Hasil Uji Kekasaran

Pada gambar berikut ini akan ditampilkan sketsa pemotongan titik uji kekasaran pada material *stainless steel* SUS 304. Dimana pada masing-masing spesimen uji, akan terdapat 2 kali pemotongan menggunakan *plasma cutting*. Berikut adalah sketsa gambar dari pemotongan tersebut.



Gambar 4.1 Sketsa Hasil Pemotongan Material

Dari gambar 4.1, dapat sketsa hasil setelah dilakukan proses pemotongan menggunakan *plasma cutting*.



Gambar 4.2 Sketsa Potongan Titik Uji untuk Kekasaran

Dari gambar 4.2, dapat dilihat potongan titik uji dari spesimen yang akan dilakukan pengujian kekasaran menggunakan alat *roughness test* TR100. Untuk pengujian kekasaran menggunakan tiga spesimen dari dua hasil pemotongan menggunakan *plasma*

*cutting* maka didapatkan total masing–masing sembilan spesimen dari setiap tekanan dengan titik uji A, B, dan C dengan total 18 pengujian.

#### 4.2.1 Rekap Data Nilai Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh sebanyak 18 data nilai kekasaran yaitu pada tekanan 4 bar tekanan 5 bar, serta pada tekanan 6 bar. Tabel berikut ini adalah rekap hasil nilai kekasaran pada pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4.2 Nilai Kekasaran Permukaan Variasi Tekanan

Tekanan yang digunakan	Potongan	Titik Uji	Nilai Kekasaran Ra ( $\mu\text{m}$ )	
			Sisi kiri	Sisi kanan
4 Bar	1	A	10.48	11.46
		B	10.14	11.95
		C	11.62	12.52
	2	A	9.44	10.47
		B	11.35	11.04
		C	9.02	11.15
5 Bar	1	A	13.48	15.35
		B	12.89	14.78
		C	13.11	14.33
	2	A	13.31	13.79
		B	12.42	14.08
		C	14.03	14.47
6 Bar	1	A	14.64	15.75
		B	13.86	14.96
		C	14.59	15.62
	2	A	15.38	15.37
		B	13.87	13.25
		C	14.36	15.53

Tabel 4.2 merupakan rekapan nilai yang didapat setelah dilakukan pengujian kekasaran pada proses pemotongan *plasma cutting* dengan variasi tekanan 4 bar, 5 bar dan 6 bar serta pada potongan pertama dan potongan kedua.

Tabel 4.3 Rata-rata Nilai Kekasaran Permukaan Variasi Tekanan

Tekanan yang digunakan	Potongan	Titik Uji	Nilai Kekasaran Ra ( $\mu\text{m}$ )
4 Bar	1	A	10,97
		B	11.05
		C	12.07
	2	A	9.96
		B	11.20
		C	10.09
5 Bar	1	A	14.42
		B	13.84
		C	13.72
	2	A	13.55
		B	13.25
		C	14.25
6 Bar	1	A	15.20
		B	14.41
		C	15.11
	2	A	15.38
		B	13.56
		C	14.95

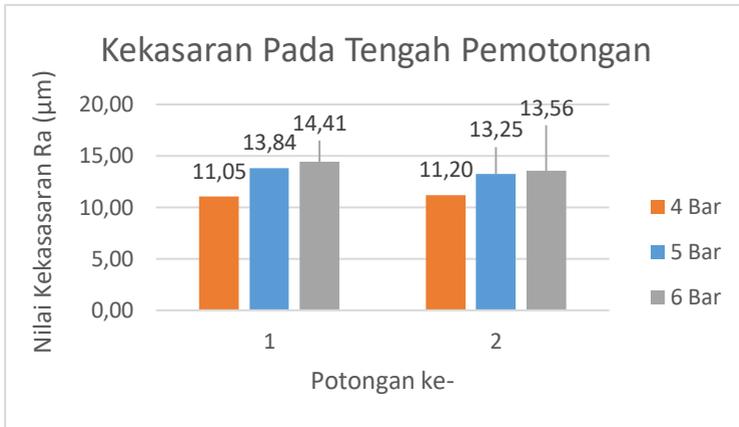
Dari gambar 4.3, dapat dilihat rekapan nilai rata-rata dari hasil pengujian kekasaran pada proses pemotongan *plasma cutting* dengan variasi tekanan udara yang diperoleh dari tabel 4.2. Selanjutnya, untuk melihat nilai kekasaran dari setiap variabel

maka data tersebut dibuat dalam bentuk grafik nilai kekasaran sebagai berikut.



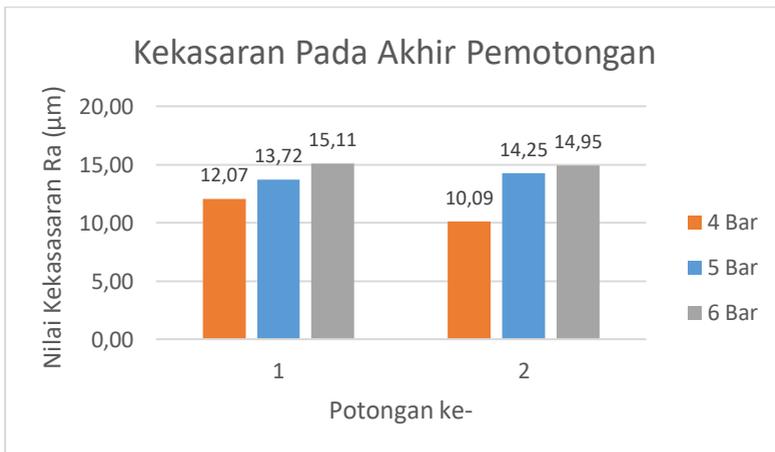
Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekasaran pada Awal (A) Pemotongan

Dari gambar 4.3, dapat dilihat grafik kekasaran pada titik uji A (Awal) dengan hasil paling kecil didapatkan pada tekanan udara 4 bar pada potongan kedua dengan nilai 9,96 µm dan hasil paling besar diperoleh pada tekanan udara 6 bar potongan kedua dengan nilai 15,38 µm.



Gambar 4.4 Grafik Nilai Kekasaran pada Tengah (B) Pemotongan

Berdasarkan gambar 4.4, dapat dilihat grafik kekasaran pada titik uji B (Tengah) dengan hasil paling kecil didapatkan pada tekanan udara 4 bar pada potongan pertama dengan nilai 11,05  $\mu\text{m}$  dan hasil paling besar diperoleh pada tekanan udara 6 bar potongan pertama 14,41  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.5 Grafik Nilai Kekasaran pada Akhir (C) Pemotongan

Dari gambar 4.5, dapat dilihat grafik kekasaran pada titik uji C (Akhir) dengan hasil paling kecil didapatkan pada tekanan udara 4 bar potongan kedua dengan nilai 10,09  $\mu\text{m}$  dan hasil paling besar nilainya pada tekanan udara 6 bar potongan pertama yaitu 15,11  $\mu\text{m}$

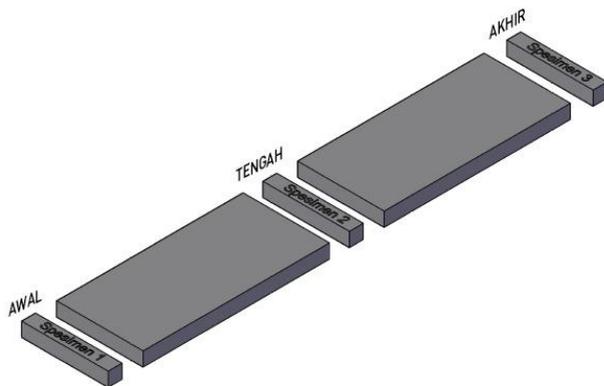
#### **4.2.2 Analisis Pembahasan**

Sebagian besar permukaan material akan terlihat kasar pada bagian awal dan akhir pemotongan. Hal tersebut dikarenakan disaat itu diperlukan panas lebih untuk melubangi bagian baja agar bisa dimulai proses pemotongan sehingga menyebabkan nilai kekasaran permukaan meningkat dan menjadi lebih kasar.

Pada Analisa kekasaran potongan dengan tekanan 6 bar memiliki nilai kekasaran paling tinggi yaitu 15,38  $\mu\text{m}$  dikarenakan tekanan yang diberikan paling besar sehingga panas yang dikeluarkan juga besar oleh karena itu kekasaran permukaan meningkat dan menjadi lebih kasar dan pada tekanan 4 bar memiliki nilai kekasaran yang paling rendah yaitu 9,96  $\mu\text{m}$ . Pada Analisa tekanan pada tiap-tiap potongan dapat diketahui bahwa nilai kekasaran cenderung kasar.

#### **4.3 Hasil Uji Makro Etsa**

Pada Pengujian makro etsa ini, yang akan dilihat adalah daerah HAZ dan *Base metal*. Pengambilan spesimen pada pengujian makro dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.6 Pengambilan Spesimen Uji Makro

Berdasarkan gambar 4.6, dapat dilihat pengambilan spesimen uji makro. Untuk pengujian makro etsa ini, akan diambil satu potongan untuk mewakili dari masing-masing tekanan yang digunakan. Pada potongan yang akan dilakukan uji makro, akan dipotong lagi menggunakan mesin *grinding* dan dipotong menjadi tiga bagian seperti pada gambar diatas. Sehingga setiap tekanan memiliki 3 spesimen hasil potong untuk proses uji makro etsa. Total ada spesimen yang digunakan untuk pengujian makro etsa adalah sebanyak 9 spesimen.

#### 4.3.1 Rekap Hasil Pengujian Makro Etsa

Berdasarkan pengujian makro yang telah dilakukan, diperoleh data hasil pengujian pada tekanan 4 bar, 5 bar, dan 6 bar. Pada subbab ini akan dijelaskan masing-masing hasil pengujian makro untuk masing-masing variasi tekanan.

#### 4.3.1.1 Hasil Pengujian Makro Etsa pada Pemotongan *Plasma Cutting* dengan Tekanan 4 Bar

Berikut ini merupakan hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan, tengah pemotongan, dan akhir pemotongan pada tekanan 4 bar.

1. Hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan dengan tekanan 4 bar.



Gambar 4.7 Foto Makro pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar



Gambar 4.8 Foto Luas HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada awal pemotongan dengan tekanan 4 bar.

Tabel 4.4 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Awal pemotongan dengan tekanan 4 bar	1	1.34	1.28
	2	1.27	0.89
	3	1.42	1.13
	4	1.45	1.83

Berdasarkan tabel 4.4, pada awal pemotongan dengan tekanan 4 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan pertama digaris 2 dengan nilai 0.89 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan pertama digaris 4 dengan nilai 1.83 mm.

2. Hasil pengujian makro etsa pada tengah pemotongan dengan tekanan 4 bar.



Gambar 4.9 Foto Makro pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar



Gambar 4.10 Foto Luas HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada tengah pemotongan dengan tekanan 4 bar.

Tabel 4.5 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Tengah pemotongan dengan tekanan 4 bar	1	1.53	1.71
	2	1.29	1.57
	3	1.37	1.62
	4	2.11	1.93

Berdasarkan tabel 4.5, pada tengah pemotongan dengan tekanan 4 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan kedua digaris 2 dengan nilai 1.29 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan kedua digaris 4 dengan nilai 2.11 mm.

3. Hasil pengujian makro etsa pada akhir pemotongan dengan tekanan 4 bar.



Gambar 4.11 Foto Makro pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar



Gambar 4.12 Foto Luas HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada akhir pemotongan dengan tekanan 4 bar.

Tabel 4.6 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 4 Bar

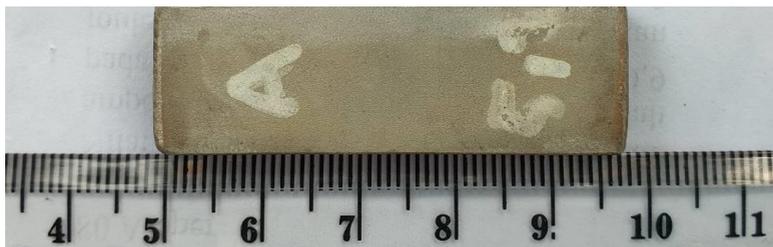
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Akhir pemotongan dengan tekanan 4 bar	1	1.47	1.83
	2	1.31	1.24
	3	1.17	1.26
	4	1.63	1.77

Berdasarkan tabel 4.6, pada akhir pemotongan dengan tekanan 4 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan kedua garis 3 dengan nilai 1.17 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan pertama digaris 1 dengan nilai 1.83 mm.

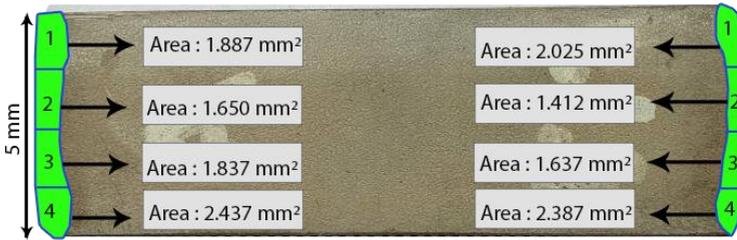
#### 4.3.1.2 Hasil Pengujian Makro Etsa pada Pemotongan *Plasma Cutting* dengan Tekanan 5 Bar

Berikut ini merupakan hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan, tengah pemotongan, dan akhir pemotongan pada tekanan 5 bar.

1. Hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan dengan tekanan 5 bar.



Gambar 4.13 Foto Makro pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar



Gambar 4.14 Foto Luas HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada awal pemotongan dengan tekanan 5 bar.

Tabel 4.7 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Awal pemotongan dengan tekanan 5 bar	1	1.51	1.62
	2	1.32	1.13
	3	1.47	1.31
	4	1.95	1.91

Berdasarkan tabel 4.7, pada awal pemotongan dengan tekanan 5 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan pertama garis 2 dengan nilai 1.13 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan kedua digaris 4 dengan nilai 1.95 mm.

2. Hasil pengujian makro etsa pada tengah pemotongan dengan tekanan 5 bar.



Gambar 4.15 Foto Makro pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar



Gambar 4.16 Foto Luas HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada tengah pemotongan dengan tekanan 5 bar.

Tabel 4.8 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Tengah pemotongan dengan tekanan 5 bar	1	1.95	1.93
	2	1.33	1.59
	3	1.51	1,63
	4	2.16	1.95

Berdasarkan tabel 4.8, pada tengah pemotongan dengan tekanan 5 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan kedua garis 2 dengan nilai 1.33 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan kedua digaris 4 dengan nilai 2.24 mm.

3. Hasil pengujian makro etsa pada akhir pemotongan dengan tekanan 5 bar.



Gambar 4.17 Foto Makro pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar



Gambar 4.18 Foto Luas HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada akhir pemotongan dengan tekanan 5 bar.

Tabel 4.9 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 5 Bar

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Akhir pemotongan dengan tekanan 5 bar	1	1.54	1.92
	2	1.47	1.49
	3	1.51	1.55
	4	1.73	1.81

Berdasarkan tabel 4.9, pada akhir pemotongan dengan tekanan 5 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan kedua garis 2 dengan nilai 1.47 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan pertama digaris 1 dengan nilai 1.92 mm.

#### 4.3.1.3 Hasil Pengujian Makro Etsa pada Pemotongan *Plasma Cutting* dengan Tekanan 6 Bar

Berikut ini merupakan hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan, tengah pemotongan, dan akhir pemotongan pada tekanan 6 bar.

1. Hasil pengujian makro etsa pada awal pemotongan dengan tekanan 6 bar.



Gambar 4.19 Foto Makro pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar



Gambar 4.20 Foto Luas HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada awal pemotongan dengan tekanan 6 bar.

Tabel 4.10 Lebar HAZ pada Awal Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar

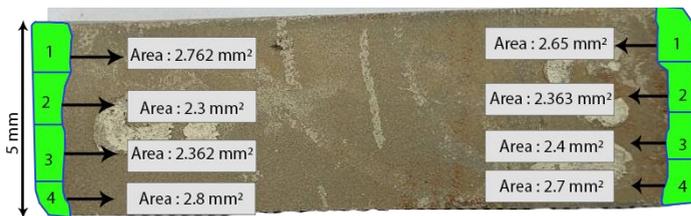
Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Awal pemotongan dengan tekanan 6 bar	1	1.92	1.86
	2	1.53	1.49
	3	1.61	1.65
	4	2.14	1.97

Berdasarkan tabel 4.10, pada awal pemotongan dengan tekanan 6 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan pertama garis 2 dengan nilai 1.49 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan kedua digaris 4 dengan nilai 2.14 mm.

2. Hasil pengujian makro etsa pada tengah pemotongan dengan tekanan 6 bar.



Gambar 4.21 Foto Makro pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar



Gambar 4.22 Foto Luas HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar

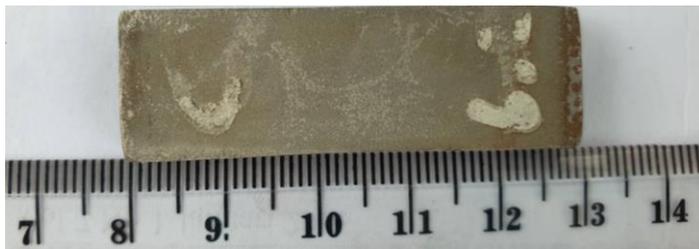
Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada tengah pemotongan dengan tekanan 6 bar.

Tabel 4.11 Lebar HAZ pada Tengah Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Tengah pemotongan dengan tekanan 6 bar	1	2.21	2.12
	2	1.84	1.89
	3	1.89	1.92
	4	2.24	2.16

Berdasarkan tabel 4.11, pada tengah pemotongan dengan tekanan 6 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan kedua garis 2 dengan nilai 1.84 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan pertama digaris 4 dengan nilai 2.24 mm.

3. Hasil pengujian makro etsa pada akhir pemotongan dengan tekanan 6 bar.



Gambar 4.23 Foto Makro pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar



Gambar 4.24 Foto Luas HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran lebar HAZ pada akhir pemotongan dengan tekanan 6 bar.

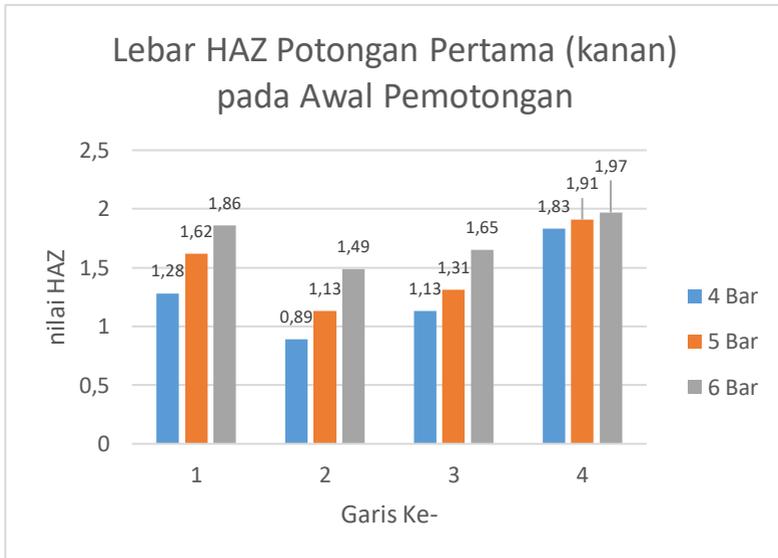
Tabel 4.12 Lebar HAZ pada Akhir Pemotongan dengan Tekanan 6 Bar

Benda Uji	Garis	Lebar HAZ	
		Potongan Kedua (Kiri) dalam mm	Potongan Pertama (Kanan) dalam mm
Akhir pemotongan dengan tekanan 6 bar	1	2.18	1.97
	2	1.79	1.74
	3	1.84	1.87
	4	1.95	2.15

Berdasarkan tabel 4.12, pada akhir pemotongan dengan tekanan 6 bar, diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada potongan pertama garis 2 dengan nilai 1.74 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada potongan kedua digaris 1 dengan nilai 2.18 mm.

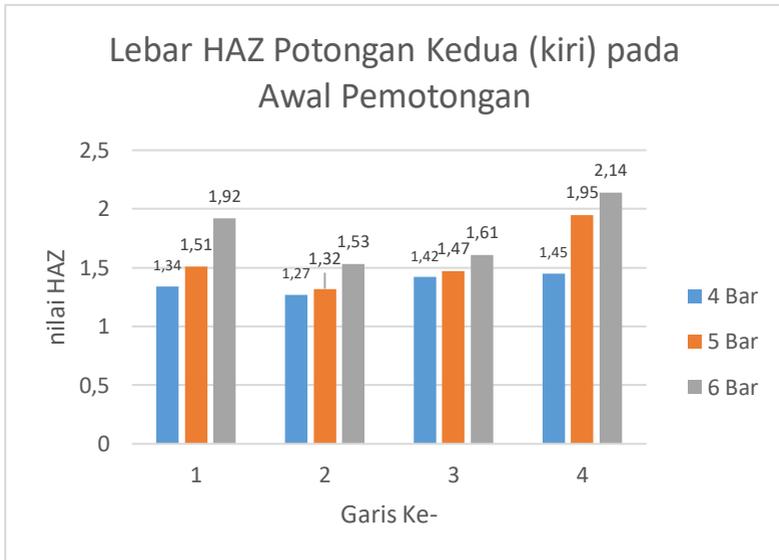
#### 4.3.2 Pembahasan Nilai Hasil Uji Makro ETSA

Berdasarkan nilai HAZ yang telah diperoleh pada pegujian etsa, untuk membandingkan lebar HAZ pada masing-masing variasi tekanan, maka akan dibuat grafik sebagai berikut.



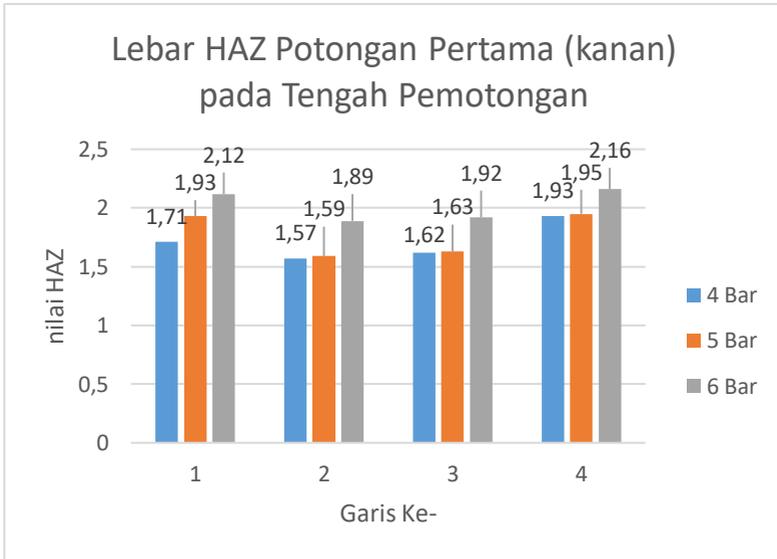
Gambar 4.25 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama (kanan) pada Awal Pemotongan

Berdasarkan gambar 4.25, pada potongan pertama di awal pemotongan diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada tekanan 4 bar digaris 2 dengan nilai 0.89 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada tekanan 6 bar garis 4 dengan nilai 1.97 mm.



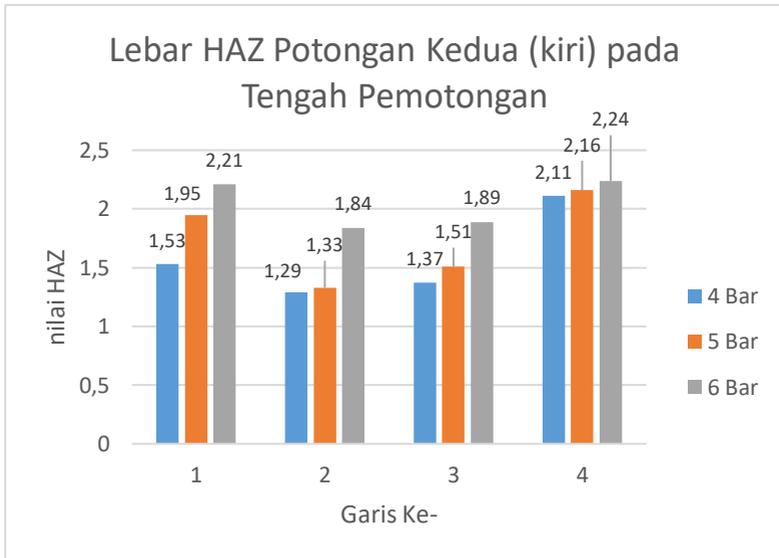
**Gambar 4.26 Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua (kiri) pada awal Pemotongan**

Berdasarkan gambar 4.26, pada potongan kedua di awal pemotongan diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada tekanan 4 bar digaris 2 dengan nilai 1.27 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada tekanan 6 bar garis 4 dengan nilai 2.14 mm.



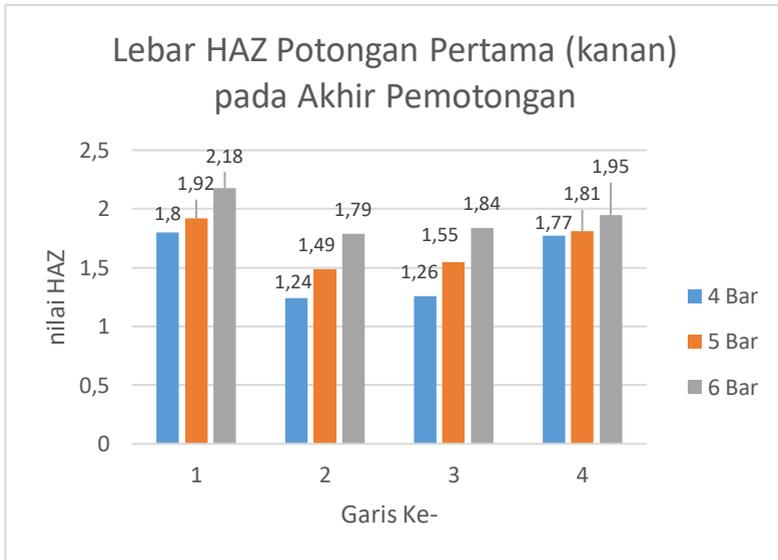
**Gambar 4.27 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama (kanan) pada Tengah Pemotongan**

Berdasarkan gambar 4.27, pada potongan pertama di tengah pemotongan diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada tekanan 4 bar digaris 2 dengan nilai 1.57 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada tekanan 6 bar garis 4 dengan nilai 2.16 mm.



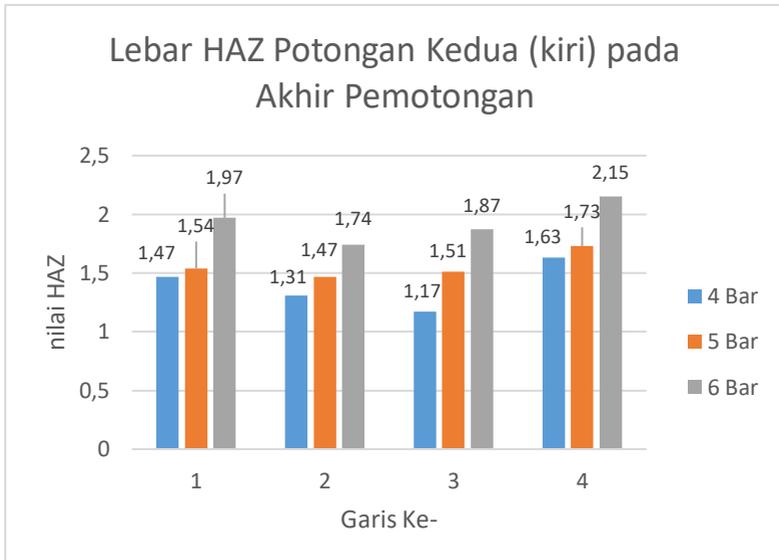
**Gambar 4.28 Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua (kiri) pada  
Tengah Pemotongan**

Berdasarkan gambar 4.28, pada potongan kedua di tengah pemotongan diketahui lebar HAZ terkecil terdapat pada tekanan 4 bar digaris 2 dengan nilai 1.29 mm. Sedangkan lebar HAZ tertinggi terdapat pada tekanan 6 bar garis 4 dengan nilai 2.24 mm.



**Gambar 4.29 Grafik Lebar HAZ Potongan Pertama (kanan) pada Akhir Pemotongan**

Berdasarkan gambar 4.29, pada potongan pertama di akhir pemotongan diketahui lebar HAZ terkecil terdapat pada tekanan 4 bar garis 2 dengan nilai 1,24 mm. Sedangkan lebar HAZ tertinggi terdapat pada tekanan 6 bar garis 1 dengan nilai 2.18 mm.



Gambar 4.30 Grafik Lebar HAZ Potongan Kedua (kiri) pada Akhir Pemotongan

Berdasarkan gambar 4.30, pada potongan kedua di akhir pemotongan diketahui nilai lebar HAZ terkecil terdapat pada tekanan 4 bar digaris 3 dengan nilai 1.17 mm. Sedangkan nilai lebar HAZ tertinggi terdapat pada tekanan 6 bar garis 4 dengan nilai 2.15 mm. Berikut ini adalah gambar hasil potongan pada masing-masing variasi tekanan sebelum dilakukan uji makro etsa.



Gambar 4.31 Hasil Potongan pada Tekanan 4 Bar



Gambar 4.32 Hasil Potongan pada Tekanan 5 Bar



Gambar 4.33 Hasil Potongan pada Tekanan 6 Bar

#### 4.3.3 Analisis Pembahasan Hasil Uji Makro ETSA

Sebagian besar permukaan material terlihat memiliki HAZ yang lebih lebar pada bagian akhir pemotongan. Hal tersebut dikarenakan proses pemotongan yang mengalami panas paling lama adalah pada bagian bawah plat.

Lebar HAZ yang paling lebar adalah pada tekanan 5 Bar. Sementara itu pada lebar HAZ potongan pertama pada akhir pemotongan memiliki lebar HAZ yang cenderung menurun dikarenakan kestabilan tegangan listrik tidak bisa tervalidasi dengan baik sehingga menyebabkan tekanan pada kompresor yang mengalirkan angin menjadi tidak stabil.

#### 4.4 Hasil Jarak Celah Setelah Dipotong

Berikut ini akan ditampilkan gambar hasil celah setelah dilakukan pemotongan dengan variasi tekanan 4 Bar, 5 Bar, 6 Bar.



Gambar 4.34 Jarak Celah Pemotongan *Stainless Steel* SUS 304

#### 4.4.1 Rekap Hasil Jarak Celah Setelah Dipotong

Berikut ini merupakan jarak celah setelah dilakukan pemotongan.

Tabel 4.13 Jarak Celah Hasil Pemotongan

Tekanan	Potongan 1	Potongan 2
4 Bar	1,92	1,88
5 Bar	1,83	1,77
6 Bar	1,65	1,72

Berdasarkan tabel 4.13, jarak celah hasil pemotongan terkecil terdapat pada tekanan 6 bar di potongan 1 dengan nilai 1,65 mm dan jarak celah pemotongan terbesar ada pada tekanan 4 bar di potongan 1 dengan nilai 1.92 mm.

#### 4.4.2 Analisis Pembahasan Hasil Jarak Celah Pemotongan

Pada hasil celah setelah dilakukan pemotongan plasma cutting didapatkan jarak celah terkecil terdapat pada tekanan 6 Bar itu disebabkan karena semakin besar tekanan yang diberikan ionisasi gas pada saat pemanasan juga akan semakin banyak maka pada saat pemotongan menggunakan plasma menjadi stabil tetapi menghasilkan kekasaran yang besar pula. Sebaliknya celah terbesar didapatkan pada tekanan 4 Bar karena plasma yang dihasilkan tidak stabil tetapi memiliki kekasaran yang kecil.

#### **4.5 Analisis Hasil Uji**

Pada subbab ini akan dilakukan pembahasan dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan pada material *stainless steel* SUS 304 dengan *plasma cutting* dengan variasi tekanan 4 bar, 5 bar, dan 6 bar.

#### 4.5.1 Rangkuman Hasil Pengujian Makro Etsa dan Kekasaran Permukaan

Berikut adalah tabel rangkuman hasil makro etsa dan kekasaran permukaan pada pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4.14 Rangkuman Hasil Pengujian

Pengujian	Variasi	Hasil						
		Potongan Pertama			Potongan Kedua			
		Awal	Tengah	Akhir	Awal	Tengah	Akhir	
Foto Makro	4 Bar	0,89-1,83 mm	1,57-1,93 mm	1,24-1,77 mm	1,27-1,45 mm	1,29-2,11 mm	1,17-1,63 mm	
	5 Bar	1,13-1,91 mm	1,59-1,95 mm	1,49-1,92 mm	1,32-1,95 mm	1,33-2,16 mm	1,47-1,73 mm	
	6 Bar	1,49-1,97 mm	1,89-2,16 mm	1,79-2,18 mm	1,53-2,14 mm	1,84-2,24 mm	1,74-2,15 mm	
Uji Kekasarn	Variasi	Potongan Pertama			Potongan Kedua			
		Awal	Tengah	Akhir	Awal	Tengah	Akhir	
		4 Bar	10,97 (μm)	11,05 (μm)	12,07 (μm)	9,96 (μm)	11,20 (μm)	10,09 (μm)
5 Bar	14,42 (μm)	13,84 (μm)	13,72 (μm)	13,55 (μm)	13,25 (μm)	14,25 (μm)		
6 Bar	15,20 (μm)	14,41 (μm)	15,11 (μm)	15,38 (μm)	13,56 (μm)	14,95 (μm)		
Jarak Celah	Variasi	Potongan Pertama			Potongan Kedua			
		4 Bar	1,92 mm			1,88 mm		
		5 Bar	1,83 mm			1,77 mm		
6 Bar	1,65 mm			1,72 m				

#### 4.5.2 Analisis Hasil Pengujian

Sebagian besar permukaan material akan terlihat kasar pada bagian awal dan akhir pemotongan. Hal tersebut dikarenakan disaat itu diperlukan panas lebih untuk melubangi bagian baja agar bisa di mulai proses pemotongan sehingga menyebabkan nilai kekasaran permukaan meningkat dan menjadi lebih kasar.

Pada Analisa kekasaran potongan dengan tekanan 6 bar memiliki nilai kekasaran paling tinggi yaitu 15,38  $\mu\text{m}$  dikarenakan tekanan yang diberikan paling besar sehingga panas yang dikeluarkan juga besar oleh karena itu membuat kekasaran permukaan meningkat dan menjadi lebih kasar dan pada tekanan 4 bar memiliki nilai kekasaran yang paling rendah yaitu 9,96  $\mu\text{m}$ . Pada Analisa tekanan pada tiap-tiap potongan dapat diketahui bahwa nilai kekasaran cenderung kasar

Pada pengujian HAZ sebagian besar permukaan material terlihat memiliki lebar yang paling Panjang pada bagian akhir pemotongan. Hal tersebut dikarenakan proses pemotongan yang mengalami panas paling lama adalah bagian bawah plat

Lebar HAZ yang paling lebar adalah pada tekanan 5 Bar. Sementara itu pada lebar HAZ potongan pertama pada akhir pemotongan lebar HAZ cenderung menurun dikarenakan kestabilan tegangan listrik tidak bisa tervalidasi dengan baik dan itu menyebabkan tekanan pada kompresor yang mengalirkan angin menjadi tidak stabil.

Pada hasil celah setelah dilakukan pemotongan plasma cutting didapatkan jarak celah terkecil terdapat pada tekanan 6 Bar itu disebabkan karena semakin besar tekanan yang diberikan maka ionisasi gas pada saat pemanasan juga akan semakin banyak sehingga pada saat pemotongan menggunakan plasma menjadi stabil tetapi menghasilkan kekasaran yang besar pula. Sebaliknya celah terbesar didapatkan pada tekanan 4 Bar karena plasma yang dihasilkan tidak stabil tetapi memiliki kekasaran yang kecil.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran dari penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa hasil dan data mengenai pengaruh variasi tekanan 4 Bar, 5 Bar, 6 Bar menggunakan *Plasma Cutting* untuk proses pemotongan terhadap material *Stainless Steel SUS 304*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Didapatkan hasil lebar HAZ yang paling kecil berada pada tekanan 4 Bar. Pada tekanan 5 Bar mengalami kenaikan lebar HAZ dan begitu juga pada tekanan 6 Bar mengalami kenaikan lagi.
2. Pada pengujian kekasaran didapatkan nilai yang cenderung halus pada Tekanan 4 Bar. Pada tekanan 5 Bar mengalami kenaikan nilai kekasaran permukaan begitu juga dengan tekanan 6 Bar yang mengalami kenaikan kekasaran permukaan.
3. Pada hasil celah yang dihasilkan setelah dilakukan pemotongan plasma cutting didapatkan jarak celah terkecil terdapat pada tekanan 6 Bar itu disebabkan karena semakin besar tekanan yang diberikan maka ionisasi gas pada saat pemanasan juga akan semakin banyak sehingga pada saat pemotongan menjadi stabil.
4. Tekanan terbaik untuk digunakan adalah 4 Bar dikarenakan pada tekanan 4 Bar kekasaran permukaan memiliki nilai paling halus dan Lebar HAZ yang paling kecil.

#### **5.2 Saran**

Dalam penelitian ini masih banyak hal yang harus dikembangkan untuk mendapatkan hasil lebih baik pada

penelitian selanjutnya. Oleh karena itu diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terkait dengan pengaruh perbedaan variasi tekanan menggunakan Plasma Cutting terhadap proses pemotongan *Stainless Steel*.
2. Pada penelitian kali ini didapatkan banyak kesalahan dalam pemotongan *test piece* benda kerja dikarenakan terbatasnya alat potong yang memadai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Advance Cutting System. 2014. *HT2000*.  
 <<http://www.advancedcutting.com/Ht2000.php>>
- Akhmad, Al Antoni. 2009. *Pemesinan Nonkonvensional Plasma Arc Cutting*. Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 9 No 2
- Caristan, Charles L. 2004. *Laser cutting guide for manufacturing ISBN 9780872636866*.
- Hackett, Charles M. 2001. *Plasma Cutting Stainless Steel and Aluminium*.  
 <<https://www.thefabricator.com/article/plasmacutting/plasma-cutting-stainless-steel-and-aluminum>>
- Kemenperin. 2018. *Sektor-sektor Manufaktur Andalan 2018*.  
 <<http://www.kemenperin.go.id/artikel/18609/Sektor-Sektor-Manufaktur-Andalan-Tahun-2018>>
- Montgomery, Douglas C., 1991, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, Inc
- Purwanti, Endang P. dan Pilarian, Ferihan. 2013. *Optimasi Parameter Proses Peotongan Stainless Steel SUS 304 untuk Kekasaran Permukaan dengan Metode Response Surface*. Matematika FMIPA UNY ISBN: 978-979-16353-9-4
- TIME Group Inc. *Surface Roughness Tester TR110 Instruction Manual*. Beijing TIME High Technology Ltd.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Welding Procedure Specification

WORKSHOP CNC PLASMA CUTTING  
KRIAN, SIDOARJO

#### DATA HASIL UJI PEMOTONGAN BAHAN

1. Tanggal terima : Nov 2018
2. Tanggal pengujian : Nov 2018
3. Suhu Ruang : 32° C

#### Data Benda Kerja

1. Jenis : Stainless Steel SUS 304
2. Tebal : 5mm
3. Panjang : 150mm
4. Lebar : 150mm

#### Data Mesin Las

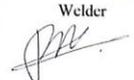
1. Tipe : Plasma Cutting
2. Cutting Speed : 1200 mm/min
3. Cutting Thickness : 5 mm
4. Pressure : 4, 5, 6 Bar
5. Amphere : 100 Amphere
6. Polaritas : DC
7. Voltage : 280 Volt
8. Banyak potongan : 9
9. Elektroda : P80
10. Nozzle Tip : P80 1,3 mm

Mengetahui  
Kctua Bengkel  
**SURABAYA POWER CNC**



Jl. Raya By Pass Krian KM.01  
Ds. Barend Krajan RT 01 / RW 01 Ng. 11  
Phone : (031) 29990278    WA : 082294888-8  
Email : surabayapowercnc@gmail.com  
www.surabayapowercnc.com  
(.....Rizki.....)

Welder



(.....Rizki Dan.....)

## Lampiran 2

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 4 Bar (awal)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.675 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.34 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.5875 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.27 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.775 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.42 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.812 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1,6 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.28 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.062 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 0.89 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.412 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.13 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.287 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.83 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 4 Bar (Tengah)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$1. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{1.912 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.53 \text{ mm}$$

$$2. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{1.612 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.29 \text{ mm}$$

$$3. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{1.712 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.37 \text{ mm}$$

$$4. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{2.637 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.11 \text{ mm}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$1. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{2.137 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.71 \text{ mm}$$

$$2. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{1.962 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.57 \text{ mm}$$

$$3. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{2.025 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.62 \text{ mm}$$

$$4. \quad L = \frac{A}{P} \\ = \frac{2.412 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.93 \text{ mm}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 4 Bar (Akhir)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.793 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.47 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.637 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.31 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.462 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.17 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.037 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.287 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.83 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.551 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.24 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.575 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.26 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.212 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.77 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 5 Bar (awal)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.887 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.51 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.650 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.32 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.837 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.47 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.437 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.025 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.62 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.412 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.13 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.637 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.31 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.387 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.91 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 5 Bar (Tengah)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.437 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.95 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.662 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.33 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.887 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.51 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.812 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.412 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.93 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.987 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.59 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.037 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.63 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.437 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 5 Bar (Akhir)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.925 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.54 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.837 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.47 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.887 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.51 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.162 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.40 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.92 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.862 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.49 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.937 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.55 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.262 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.81 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 6 Bar (Awal)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.41 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.92 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.912 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.53 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.012 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.61 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.675 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.352 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.86 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1.862 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.49 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.062 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.65 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.462 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 6 Bar (Tengah)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.762 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.21 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.3 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.84 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.362 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.89 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.8 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.65 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.12 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.363 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.89 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.4 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.92 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.7 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Variasi pemotongan dengan tekanan udara 6 Bar (Akhir)

Lebar HAZ sebelah kiri

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.725 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.18 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.237 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.79 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.312 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.84 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.437 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar HAZ sebelah kanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.462 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.97 \text{ mm} \\
 2. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.175 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.74 \text{ mm} \\
 3. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.337 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 1.87 \text{ mm} \\
 4. \quad L &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{2.687 \text{ mm}^2}{1.25 \text{ mm}} = 2.15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## Lampiran 3

### Roughness Examination Report



#### ROUGHNESS EXAMINATION REPORT

Project : Tugas Akhir  
 Location : ITS  
 Report No : -  
 Date of Report : 20 Desember 2018  
 Model : TR101  
 Serial No : -  
 Material : STAINLESS STEEL SUS 304

Tekanan	Potongan	Titik Uji	Nilai Kekasaran Ra ( $\mu\text{m}$ )
4 Bar	1	A	10.40
		B	10.14
		C	11.62
	2	A	9.44
		B	11.35
		C	9.02
5 Bar	1	A	13.48
		B	12.89
		C	13.11
	2	A	13.31
		B	12.42
		C	14.36
6 Bar	1	A	14.64
		B	13.86
		C	14.59
	2	A	15.38
		B	13.87
		C	14.03

Authorized Inspector



Date :

## Lampiran 4

### Spesifikasi Mesin CNC Hyspeed HT2000

Input voltages	200 V, 3 PH, 50 Hz; 208 V, 3 PH, 60 Hz; 220/380/415 V, 3 PH, 50 Hz; 240/480 V 3 PH, 60 Hz; 600 V, 3 PH 60 Hz
Input current @ 30 kW output	108 A, 200 V; 104 A, 208 V; 98/57/52 A, 220/380/415 V; 90/45 A, 240/480 V; 36 A, 600 V
Output voltage	150 VDC
Output current	40 – 200 A
Duty cycle	100%
Maximum OCV	280 VDC
Dimensions	41.25" (1040 mm) D; 28.25" (710 mm) W; 35.5" (900 mm) H
Weight with torch	780 lbs (351 kg)
Gas supply	
Plasma gas	O <sub>2</sub> , Air, N <sub>2</sub> , Ar-H <sub>2</sub>
Plasma pressure	120 psi (8.3 bar)
Plasma flow	80 scfh (40 l/min.)
Shield gas	
Shield pressure	90 psi (6.2 bar)
Shield flow	280 scfh (130 l/min.)

## Lampiran 5

### Tabel Standard Tekanan

Material	Thickness		Current (amps)	Approximate cutting speed		Gas (Air) Pressure (psi)	Arc Voltage (Volt)
	(inches)	(mm)		(ipm)	(mm/min)		
Mild steel	0.048 (18 gauge)	1.2	50	160	4060	60	150
O2 plasma	0.074 ( 14 gauge)	1.8	50	120	3060		
O2 shield	1/8	3.1	50	60	1520		
O2 plasma	1/8	3.1	100	240	6100		
Air shield	1/4	6.2	100	120	3050		
	1/2	12.4	100	60	1540		
	3/4	20	100	30	760		
O2 plasma	1/4	6.2	200	230	5800		
Air shield	3/8	10	200	140	3500		
	1/2	12.4	200	120	3000		
	3/4	20	200	75	1900		
	1	25	200	50	1300		
	1 1/4	32	200	30	760		
	1 1/2	38	200	20	500		
	2	50	200	10	250		
Stainless	3/16	5	100	140	1200	65	250
Air plasma	1/4	6.2	100	80	2030		
Air shield	1/2	12.4	100	35	890		
Air plasma	1/4	6.2	200	195	5000		
Air shield	3/8	10	200	145	3700		
	1/2	12.4	200	105	2700		
	3/4	20	200	55	1400		
	1	25	200	30	760		
	1 1/4	32	200	15	380		
	1 1/2	38	200	10	250		

Material	Thickness		Current (amps)	Approximate cutting speed		Gas (Air) Pressure (psi)	Arc Voltage (Volt)
	(inches)	(mm)		(ipm)	(mm/min)		
Ar-H2 plasma	1/4	6.2	200	62	1600		
N2 shield	1/2	12.4	200	42	1100		
	3/4	20	200	32	810		
	1	25	200	22	560		
	1 1/2	38	200	11	280		
<b>Aluminum</b>	1/8	3.1	100	110	2800		
Air plasma	1/4	6.2	100	70	1780		
Air shield	1/2	12.4	100	40	1010		
Air plasma	1/4	6.2	200	190	4800		
Air shield	1/2	12.4	200	110	2800		
	3/4	20	200	65	1650		
	1	25	200	35	900		
	1 1/4	32	200	20	500		
	1 1/2	38	200	12	300		

## BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Meindra Puja Wahyu Nugraha dilahirkan di Kota Tuban, 20 Mei 1997, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal yaitu TK Anissa Bekasi, SDN Kebonsari II Tuban, SMP Negeri 1 Tuban, SMA Negeri 1 Tuban. Pada tahun 2015 penulis

diterima di jurusan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 1021150000015. Manufaktur merupakan bidang studi yang dipilih penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisasi. Kegiatan yang pernah diikuti antara lain: Menjadi Staff Departemen Sosial Masyarakat BEM-FTI Periode 2016-2017. Menjadi Kepala Biro Media Informasi Departemen Kominfo Himpunan Teknik Mesin Industri periode 2016-2017. PT Barata Indonesia Gresik, Jawa Timur merupakan tempat kerja praktek penulis selama satu bulan pada tanggal 28 juli s/d 28 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: [ubymochr@gmail.com](mailto:ubymochr@gmail.com)

