



**PENGARUH VARIASI JARAK DAN DIAMETER NOZZLE TERHADAP  
KEKERASAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045  
PADA PROSES *PLASMA ARC CUTTING***

**SKRIPSI**

Oleh

**Sirozudin Cahyani**

**191910101013**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
JEMBER  
2023**



**PENGARUH VARIASI JARAK DAN DIAMETER NOZZLE TERHADAP  
KEKERASAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045  
PADA PROSES PLASMA ARC CUTTING**

**SKRIPSI**

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada  
program studi S1 Teknik Mesin*

Oleh

**Sirozudin Cahyani**

**191910101013**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
JEMBER  
2023**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua, yakni ayahku KHISBULLOH dan Ibuku MASRUAH yang selalu bersabar dan berjuang sekuat tenaga untuk anakmu ini, sehingga saya dapat menikmati pendidikan hingga perguruan tinggi dan dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Kepada teman seperjuangan skripsi yang selalu memberi saya semangat.
3. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember
5. Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember

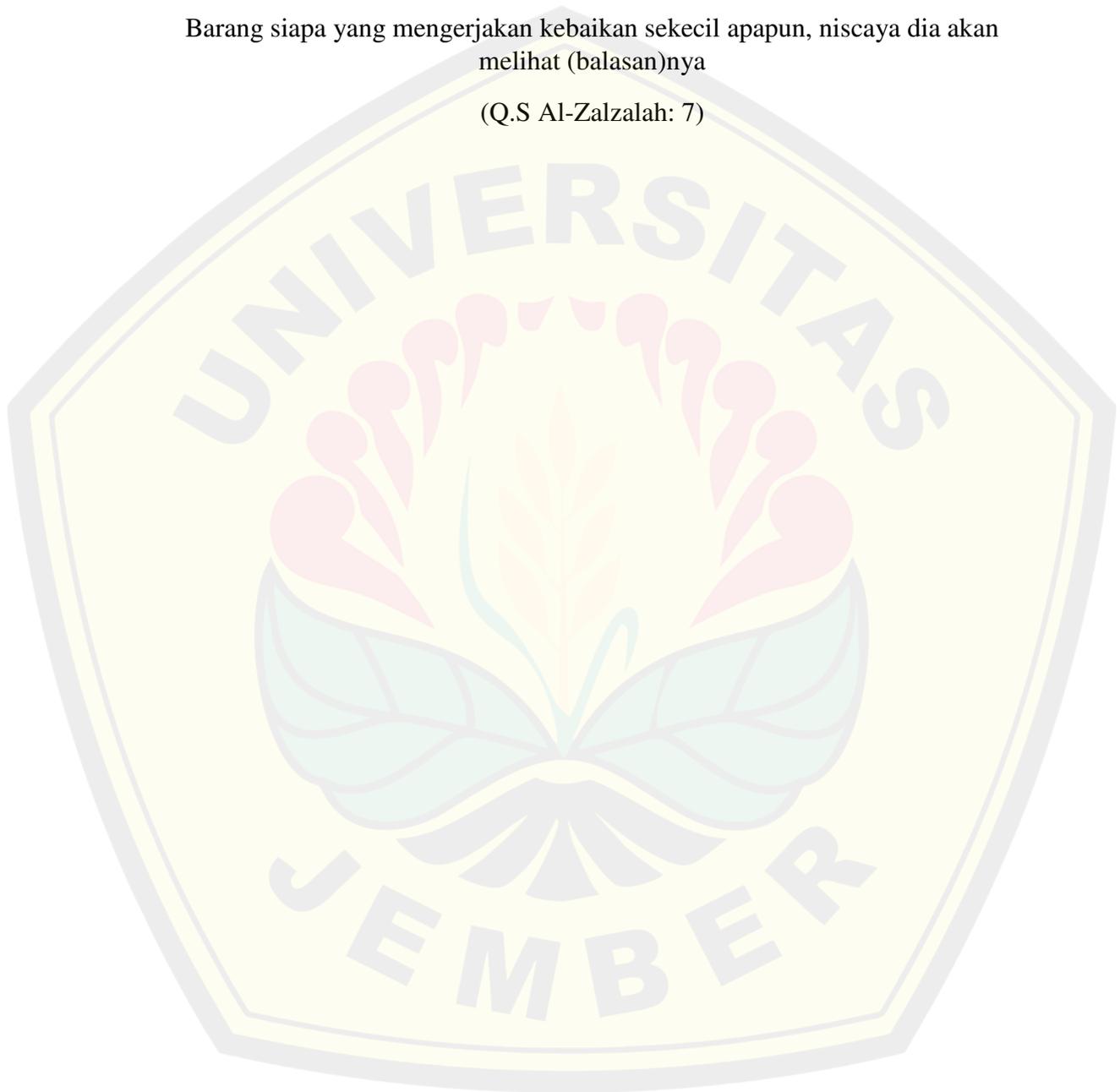
**MOTTO**

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

(Q.S Al-Insyirah 5-6)

Barang siapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya

(Q.S Al-Zalzalah: 7)



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Sirozudin Cahyani

NIM : 191910101013

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul: *Pengaruh Variasi Jarak dan Diameter Nozzle terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 pada Proses Plasma Arc Cutting* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juli 2023

Yang menyatakan,

Sirozudin Cahyani

NIM 191910101013

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi berjudul *Pengaruh Variasi Jarak dan Diameter Nozzle terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 pada Proses Plasma Arc Cutting* karya Sirozudin Cahyani telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 17 Juli 2023

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Pembimbing**

**Tanda Tangan**

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Ahmad Syuhri M.T.

NIP : 19601231997021001

(.....)

2. Pembimbing Anggota

Nama : Ir. Sumarji ,S.T., M.T.

NIP : 196802021997021001

(.....)

**Penguji**

1. Penguji Utama

Nama : Ir. Mahros Darsin S.T.,M.Sc., Ph.D

NIP : 197003221995011001

(.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Muhammad Trifiananto S.T. M.T.

NIP : 199003242019031017

(.....)

## ABSTRAK

Proses pemotongan merupakan salah satu proses yang sering digunakan dalam dunia manufaktur untuk menghasilkan suatu produk yang diinginkan. Dengan kemajuan teknologi manufaktur saat ini telah memungkinkan untuk membuat produk dengan nilai keakuratan dan kepresisian yang tinggi. Salah satu proses permesinan yang dapat menghasilkan nilai keakuratan yang tinggi adalah plasma arc cutting. Plasma arc cutting adalah sebuah mesin yang berfungsi untuk memotong logam atau plat atau bahan lainnya dengan tingkat keakuratan yang tinggi dengan memanfaatkan gas yang terionisasi menjadi penghantar listrik dan dialirkan menuju busur wolfram dengan suhu yang sangat tinggi yang digunakan untuk memotong material yang umumnya terbuat dari logam. Dalam proses pemotongan tersebut diperlukan parameter permesinan yang sesuai agar menghasilkan kualitas yang baik dan sesuai dengan keinginan. Parameter permesinan yang ada pada plasma arc cutting diantaranya adalah jarak nosel, tekanan gas, kuat arus, dan cutting speed. Pada penelitian ini menggunakan parameter permesinan berupa jarak torch dan diameter nozzle. Variabel bebas yang digunakan dengan variasi jarak torch 1 mm, 3 mm, 5 mm dan variasi diameter nozzle 1,1 mm, 1,3 mm, 1,5 mm. Serta variabel terkontrol yang digunakan adalah kuat arus 30 A, sudut torch 90°, dan tekanan udara 0,4 MPa. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari jarak torch dan diameter nozzle plasma arc cutting terhadap kekasaran dan kekerasan hasil pemotongan. Dari hasil penelitian didapat grafik pengaruh jarak torch dan diameter nozzle terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan beserta mengulas hasil analisis varian satu arah tersebut.

Kata kunci: *plasma arc cutting*, pemotongan *non konvensional*, kekerasan, kekasaran

## ABSTRACT

The cutting process is a process that is often used in the world of manufacturing to produce a desired product. With the current advances in manufacturing technology, it has been possible to manufacture products with high accuracy and precision values. one process machining which can produce high accuracy values is plasma arc cutting. Plasma arc cutting is a machine that functions to cut metal or plates or other materials with a high degree of accuracy by utilizing ionized gas to become an electrical conductor and flowed towards a tungsten arc with a very high temperature which is used to cut materials which are generally made of metal. In the cutting process, appropriate machining parameters are needed to produce good quality and as desired. The machining parameters in plasma arc cutting include nozzle distance, gas pressure, current strength, and cutting speed. In this study, machining parameters were used in the form of torch distance and nozzle diameter. The independent variables used are variations in torch distance of 1 mm, 3 mm, 5 mm and variations in nozzle diameter of 1.1 mm, 1.3 mm, 1.5 mm. As well as the controlled variables used are current strength of 30 A, torch angle of 90°, and air pressure of 0.4 MPa. The purpose of this study was to determine the effect of torch distance and plasma arc cutting nozzle diameter on the roughness and hardness of the cutting results. From the results of the study, it was obtained a graph of the effect of torch distance and nozzle diameter on surface roughness and hardness along with a review of the results of the one-way analysis of variance.

*Keywords: plasma arc cutting, cutting non konvensional, hardness, roughness*

## RINGKASAN

Indonesia terus berupaya dalam meningkatkan perkembangan pada sektor industri manufaktur, diantaranya adalah industri baja. Dimana sektor ini dianggap menjadi *mother of industry* karena produknya merupakan bahan baku utama bagi kegiatan sektor industri lainnya seperti dalam pelaksanaan konstruksi bangunan baja, konstruksi mesin, dan lain sebagainya. Salah satu proses yang dibutuhkan dalam sektor industri ini adalah pemotongan baja. Dalam melakukan proses pemotongan baja terdapat 2 jenis pemotongan yaitu konvensional dan non-konvensional. Pada pemotongan non konvensional. Salah satu proses pemotongan non konvensional yang dapat menghasilkan nilai keakuratan yang tinggi adalah plasma arc cutting. Plasma arc cutting adalah sebuah mesin yang berfungsi untuk memotong logam atau plat atau bahan lainnya dengan tingkat keakuratan yang tinggi dengan memanfaatkan gas yang terionisasi menjadi penghantar listrik dan dialirkan menuju busur wolfram dengan suhu yang sangat tinggi yang digunakan untuk memotong material yang umumnya terbuat dari logam. Pada proses pemotongan dengan *plasma cutting*, variasi jarak torch dan diameter nozzle yang digunakan dapat memberikan pengaruh pada kekerasan dari material yang dipotong. Selain itu, variasi jarak torch dan diameter nozzle juga akan berpengaruh pada kekasaran hasil pemotongan material. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya ialah melibatkan dua faktor yaitu kekerasan dan kekasaran sedangkan penelitian sebelumnya biasanya hanya terpaku pada satu faktor saja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Metode eksperimental yaitu metode penelitian dimana peneliti melakukan proses pengamatan dalam mencari data sebab dan akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui nilai kekasaran dan kekerasan hasil proses pemotongan dari variasi yang digunakan.

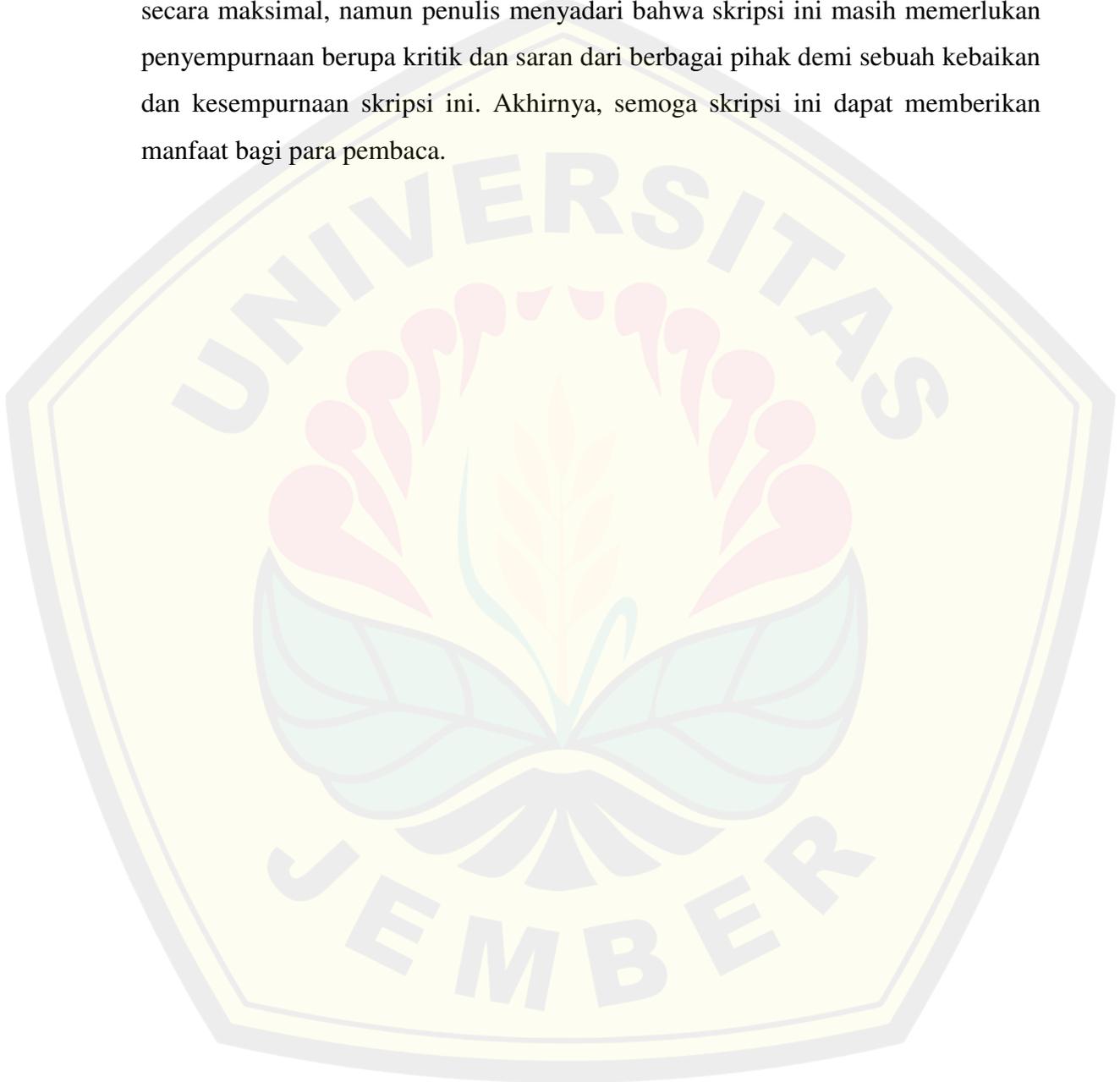
## PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Jarak dan Diameter Nozzle terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Baja Aisi 1045 pada Proses Plasma Arc Cutting”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik mesin pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Triwahju H., S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Hari Arbiantara S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Ir. Salahuddin Junus, S.T., M.T, IPM selaku Ketua Prodi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Bapak Ir. Ahmad Syuhri M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penyusunan skripsi ini;
5. Bapak Ir. Sumarji ,S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan, dukungan, nasihat dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
6. Bapak Ir. Aris Zainal Muttaqin S.T. M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Bapak Yuni Hermawan S.T.,M.T selaku Ketua Kombi Jurusan Teknik Mesin;
8. Kedua orang tua, yakni ayah saya KHISBULLOH dan ibu saya MASRUAH yang selalu memberikan dukungan, do'a, semangat dan motivasi, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
9. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Mesin 2019 yang telah bersama-sama menghadapi berbagai tantangan dan kesulitan, dari awal kuliah hingga saat ini;

10. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu;

Semoga segala budi baik yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah memberikan usaha terbaiknya secara maksimal, namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memerlukan penyempurnaan berupa kritik dan saran dari berbagai pihak demi sebuah kebaikan dan kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.



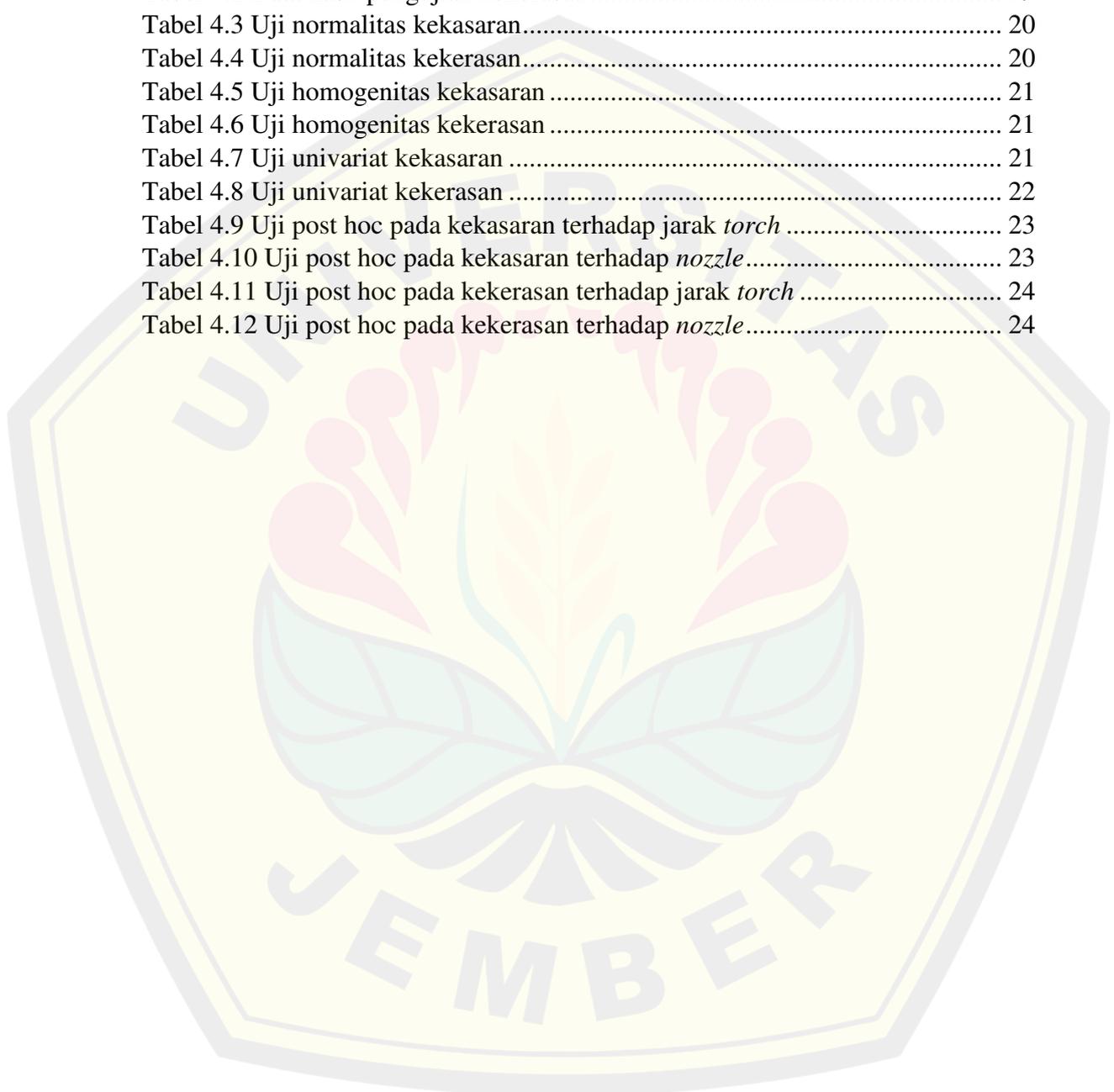
**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Hipotesis .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 <i>Plasma Arc Cutting</i> .....	4
2.1.1 Pengertian <i>Plasma</i> .....	4
2.1.2 Proses <i>Plasma Arc Cutting</i> .....	5
2.1.3 Perlengkapan <i>Plasma Arc Cutting</i> .....	6
2.2 Parameter Proses Permesinan Pada <i>Plasma Arc Cutting</i> .....	7
2.3 Baja Karbon .....	8
2.4 Uji Kekerasan .....	8
2.5 Kekasaran Permukaan.....	10
2.5.1 Definisi Parameter Kekasaran.....	10
2.6 ANOVA ( <i>Analysis of Variance</i> ) .....	12
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	15
3. 1 Metode Penelitian .....	15
3. 2 Waktu dan Tempat.....	15

3.3 Variabel Penelitian.....	15
3.4 Alat dan Bahan.....	16
3.4.1 Alat.....	16
3.4.2 Bahan .....	16
3.5 Prosedur Penelitian .....	17
3.6 Prosedur Pengujian .....	18
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>19</b>
4.1 Data Hasil Pegujian.....	19
4.2 Analisis Data.....	20
4.2.1 Uji Normalitas .....	20
4.2.2 Uji Homogenitas.....	20
4.2.3 Uji Univariat.....	21
4.2.4 Uji Lanjut (Post Hoc) .....	22
4.3 Pembahasan .....	24
4.3.1 Analisis Kekasaran .....	26
4.3.2 Analisis Kekerasan .....	27
4.3.3 Pengamatan Mikro .....	30
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan .....	32
5.2 Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>35</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Penggunaan gas plasma dan gas pelindung .....	6
Tabel 2.2 Penentuan type HR.....	9
Tabel 2.3 ANOVA <i>table for select factorial model</i> .....	14
Tabel 4.1 Data hasil pengujian kekasaran.....	19
Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekerasan.....	19
Tabel 4.3 Uji normalitas kekasaran.....	20
Tabel 4.4 Uji normalitas kekerasan.....	20
Tabel 4.5 Uji homogenitas kekasaran .....	21
Tabel 4.6 Uji homogenitas kekerasan .....	21
Tabel 4.7 Uji univariat kekasaran .....	21
Tabel 4.8 Uji univariat kekerasan .....	22
Tabel 4.9 Uji post hoc pada kekasaran terhadap jarak <i>torch</i> .....	23
Tabel 4.10 Uji post hoc pada kekasaran terhadap <i>nozzle</i> .....	23
Tabel 4.11 Uji post hoc pada kekerasan terhadap jarak <i>torch</i> .....	24
Tabel 4.12 Uji post hoc pada kekerasan terhadap <i>nozzle</i> .....	24

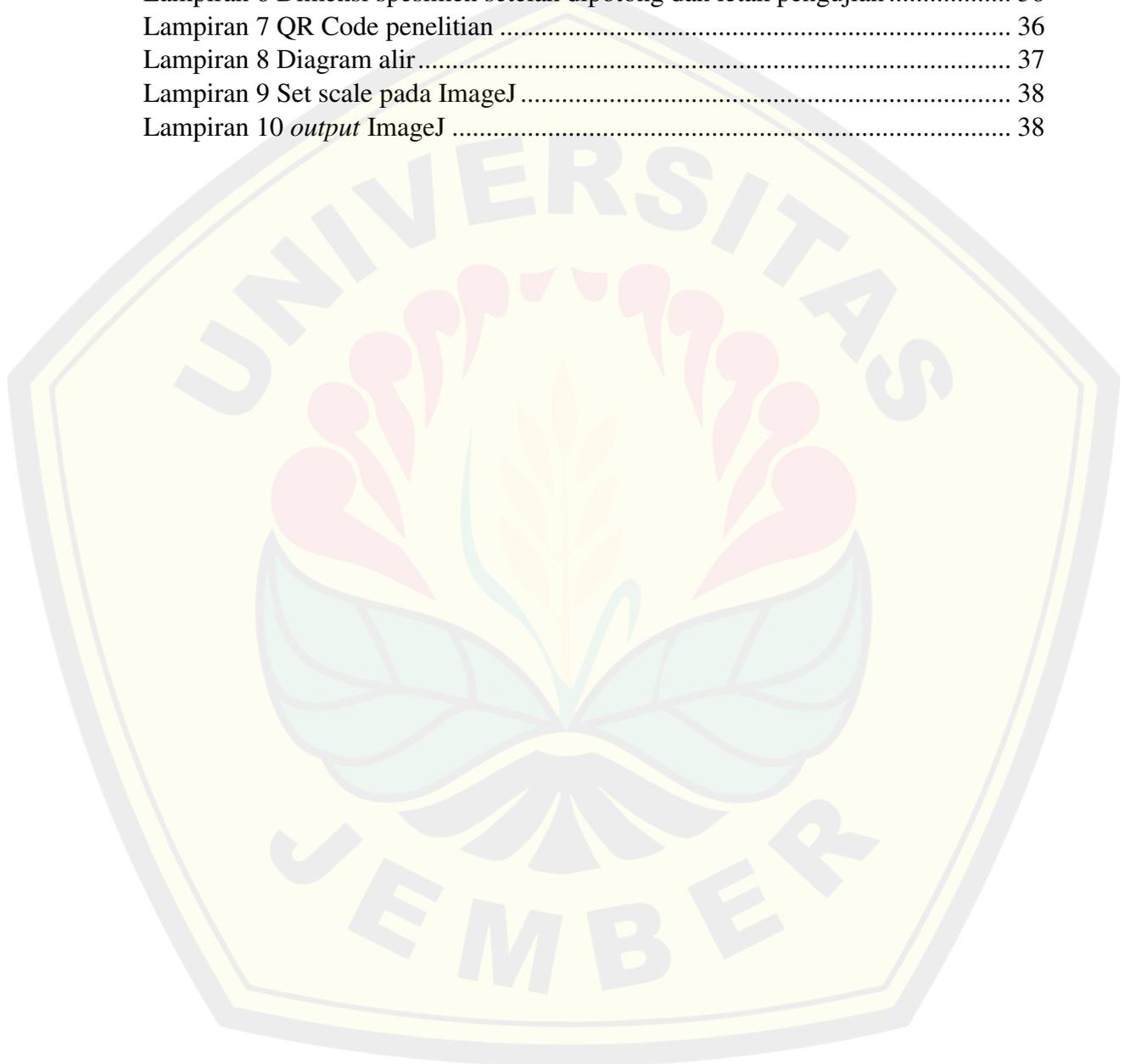


**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Proses <i>plasma arc cutting</i> .....	6
Gambar 2.2 Proses <i>plasma arc cutting</i> .....	7
Gambar 2.3 Jarak <i>torch</i> .....	8
Gambar 2.4 Skematik Pengujian Rockwell .....	9
Gambar 2.5 <i>Surface texture features</i> .....	10
Gambar 2.6 Kurva kekasaran .....	11
Gambar 2.7 Menentukan Rz (JIS) menggunakan kurva kekasaran .....	11
Gambar 4.1 Hasil pemotongan a. Jarak <i>torch</i> 1mm <i>nozzle</i> 1,1mm; b. Jarak <i>torch</i> 1mm <i>nozzle</i> 1,3mm; c. Jarak <i>torch</i> 1mm <i>nozzle</i> 1,5mm; d. Jarak <i>torch</i> 3mm <i>nozzle</i> 1,1mm; e. Jarak <i>torch</i> 3mm <i>nozzle</i> 1,3mm; f. Jarak <i>torch</i> 3mm <i>nozzle</i> 1,5mm; g. Jarak <i>torch</i> 5mm <i>nozzle</i> 1,1mm; h Jarak <i>torch</i> 5mm <i>nozzle</i> 1,3mm; i Jarak <i>torch</i> 5mm <i>nozzle</i> 1,5mm.....	25
Gambar 4.2 Grafik pengujian kekasaran.....	26
Gambar 4.3 Grafik uji kekerasan daerah HAZ .....	27
Gambar 4.4 Grafik uji kekerasan daerah potong .....	28
Gambar 4.5 Grafik uji kekerasan terhadap jarak <i>torch</i> .....	29
Gambar 4.6 Grafik uji kekerasan terhadap <i>nozzle</i> .....	30
Gambar 4.7 Struktur mikro pembesaran 200 X a. Daerah potong, b. Daerah tepi potong, c. Daerah HAZ, d. Daerah tepi HAZ, e Daerah <i>base metal</i> ..	31

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 <i>Mesin plasma arc cutting</i> .....	35
Lampiran 2 <i>Rockwell Hardness Tester</i> .....	35
Lampiran 3 Mikroskop.....	35
Lampiran 4 <i>Roller torch plasma cutting</i> .....	35
Lampiran 5 Dimensi awal spesimen .....	36
Lampiran 6 Dimensi spesimen setelah dipotong dan letak pengujian .....	36
Lampiran 7 QR Code penelitian .....	36
Lampiran 8 Diagram alir.....	37
Lampiran 9 Set scale pada ImageJ .....	38
Lampiran 10 <i>output</i> ImageJ .....	38



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia terus berupaya dalam meningkatkan perkembangan pada sektor industri manufaktur, diantaranya adalah industri baja. Dimana sektor ini dianggap menjadi *mother of industry* karena produknya merupakan bahan baku utama bagi kegiatan sektor industri lainnya seperti dalam pelaksanaan konstruksi bangunan baja, konstruksi mesin, dan lain sebagainya. Salah satu proses yang dibutuhkan dalam sektor industri ini adalah pemotongan baja. Dalam melakukan proses pemotongan baja terdapat 2 jenis pemotongan yaitu konvensional dan non-konvensional. Contoh pemotongan non-konvensional yaitu *plasma arc cutting*, *oxy-fuel cutting* dan *water jet cutting*. Pemotongan yang menggunakan plasma, proses pemotongan menjadi sangat efisien dan menawarkan keuntungan besar dalam hal kecepatan potong dan biaya awal jika dibandingkan dengan *oxy-fuel cutting* dan *water jet cutting* (Pawar dan Inamdar, 2017:75).

Proses pemotongan menggunakan plasma arc cutting tidak membutuhkan waktu pemanasan awal sehingga menjadikan proses pemotongan menjadi lebih cepat. Waktu merupakan hal yang diperhitungkan di dalam dunia kerja (Agnitias, 2019). kelebihan yang lainnya adalah memiliki kemampuan potong dengan tingkat akurasi yang tinggi, tidak terjadi kontak antara benda kerja dan mesin. Penggunaan mesin plasma arc cutting juga membuat biaya produksi lebih hemat dan efektif. Sedangkan untuk kelemahannya yakni sangat tinggi tingkat kebisingannya, resiko sengatan listrik, radiasi plasma yang tinggi, dan besarnya jumlah asap dan gas (Koczylas, Agnieszka, Z. Kazimierz, 2015: 78-82).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Malik dan Recxa (2021) mendapati bahwa nilai kekasaran dari hasil pemotongan yang optimal pada kuat arus 33 A dengan ketinggian torch 5 mm memiliki nilai kekasaran sebesar 1,309  $\mu\text{m}$ . Sedangkan untuk nilai kekasaran yang kurang optimal pada kuat arus 36 A (kuat arus maksimum pada mesin) dengan ketinggian 7 mm pada nilai kekasaran sebesar 3,561  $\mu\text{m}$ . Sehingga adanya pengaruh parameter antara variasi antara

kuat arus dan ketinggian torch terhadap pemotongan baja SS400 pada mesin CNC *Plasma Cutting*.

Rizkiawan (2019) mendapati bahwa variasi tekanan udara terhadap nilai kekerasan terdapat penurunan nilai kekerasan pada setiap tekanan udara dibandingkan dengan raw material. Sedangkan nilai kekerasan yang paling rendah adalah tekanan udara 0.3 MPa, yaitu dengan nilai 124.9 HVN. Pada parameter tekanan udara 0.5 MPa memiliki nilai kekerasan sebesar 147.1 HVN, lebih besar daripada tekanan udara 0.3 MPa. Untuk tekanan udara 0.8 MPa memiliki nilai kekerasan 133.5 HVN, kekerasannya lebih kecil dibandingkan dengan tekanan 0.5 MPa.

Pada proses *plasma arc cutting* parameter yang mempengaruhi kualitas hasil pemotongan material adalah: kecepatan pemotongan, kuat arus, ketinggian torch terhadap permukaan potong, tekanan gas dan aliran gas plasma. Oleh karena itu, akan dilakukan pengujian hasil potong pada proses plasma cutting dengan variasi jarak torch dan diameter nosel untuk mengetahui nilai kekerasan dan kekasaran permukaan spesimen.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan uraian pada latar belakang diatas, maka rumusan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil dari *plasma arc cutting* pada kekasaran permukaan hasil pemotongan?
2. Bagaimana nilai kekerasan bahan pada daerah hasil potongan, daerah HAZ dan *base metal* dalam proses *plasma arc cutting*?
3. Bagaimana pengaruh *plasma arc cutting* pada struktur mikro?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dengan uraian pada latar belakang diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil dari *plasma arc cutting* pada kekasaran permukaan hasil pemotongan.

2. Mengetahui nilai kekerasan bahan pada daerah hasil potongan, daerah HAZ dan *base metal*.
3. Mengetahui struktur mikro hasil pemotongan.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadikan hasil penelitian sebagai pedoman pengembangan penelitian mengenai proses *plasma arc cutting* yang dipengaruhi oleh jarak *torch* dan diameter nosel yang berbeda.
2. Memberikan pengetahuan mengenai proses *plasma arc cutting* dengan variasi jarak *torch* dan diameter nosel.

#### 1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah untuk menghindari adanya penyimpangan agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan, sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas biaya.
2. Tidak membahas *bevel angle*, *dross* dan *kerf* hasil potongan.
3. Penggunaan alat yang dipakai dianggap sudah benar.

#### 1.6 Hipotesis

Hipotesis awal yang dapat diambil pada penelitian ini yaitu semakin besar nilai jarak *torch* maka nilai kekerasan dan kekasaran permukaannya akan berubah, Parameter diameter nosel semakin besar maka nilai kekerasan dan kekasaran permukaannya. Hal ini disebabkan karena semburan energy panasnya semakin besar sehingga saat jarak *torch* semakin besar maka semakin besar energy yang di perlukan saat pemotongan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Plasma Arc Cutting*

Plasma arc cutting merupakan salah satu proses permesinan nonkonvensional yang memanfaatkan gas yang terisolasi menjadi penghantar listrik kemudian dialirkan menuju busur wolfram dengan suhu yang sangat tinggi yang digunakan untuk memotong berbagai jenis logam diantaranya stainless stell, mangan stell, alloy titanium, tembaga, dan berbagai jenis logam lainnya (Patel, 2017). *Plasma cutting* merupakan salah satu metode pemotongan pelat yang mampu meningkatkan perusahaan yang bergerak di bidang industri untuk memberikan hasil terbaik. Pemotongan menggunakan *plasma cutting* merupakan metode pemotongan yang lebih efektif jika dibandingkan dengan menggunakan *oxy-fuel cutting* dan *water jet cutting* dalam segi kecepatan potong dan biaya awal. Proses pemotongan dimulai dengan pembentukan busur yang tercipta adanya reaksi ionisasi gas pemotongan. Gas dipanaskan oleh busur sehingga mampu menaikkan suhunya, gas pemotong akan mengalami ionisasi dan menjadi konduktor arus listrik. Kemudian gas yang mengalami *ionisasi* adalah *plasma*. Untuk memotong benda kerja *plasma* dialirkan melalui nosel. *Plasma cutting* merupakan salah satu metode pemotongan yang ekonomis dan sering digunakan, *Plasma cutting* mampu memotong berbagai logam berat dan tebal dengan hasil lebih akurat (Afandhi & Basuki, 2022).

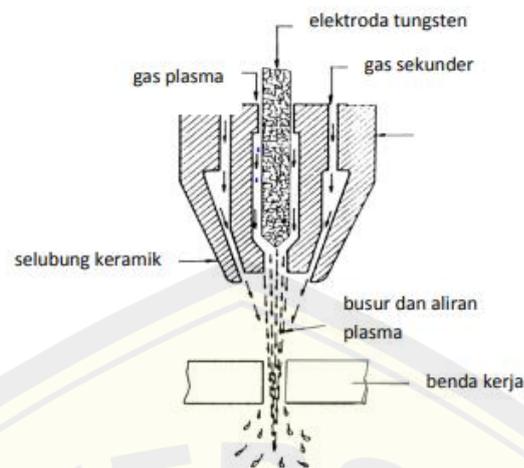
#### 2.1.1 Pengertian *Plasma*

*Plasma* adalah suatu bentuk fase zat ke-4 setelah fase padat, cair, dan gas. Jika ditambahkan kalor, es akan berubah wujud dari padat ke cair, dan jika diberikan kalor berlebih maka zat cair tersebut akan berubah menjadi uap. Jika uap tersebut ditambahkan kalor lagi maka akan berubah menjadi wujud plasma. Jika air ditambah sejumlah energi kalor maka air tersebut akan menguap dan mengurai menjadi dua gas yakni oksigen dan hidrogen. Dengan menambah sejumlah energi lagi pada fase uap air tersebut, akan didapatkan sejenis

karakteristik fase yang mudah terpengaruh terhadap temperatur dan elektrisitas. Proses ini disebut proses ionisasi, yaitu terjadinya ion dan elektron bebas melalui atom gas. Jika keadaan ini terjadi maka fase zat tersebut telah berubah menjadi plasma, yang memiliki efek konduktivitas yang sangat tinggi terhadap listrik karena banyak electron bebas yang tersebar dan berpotensi untuk menyerap arus listrik. Fenomena alam yang mengaplikasikan secara langsung pemanfaatan fase plasma ini dapat dilihat pada fenomena terjadinya petir atau halilintar. Banyak prinsip yang mengaplikasikan konduktivitas yang sangat tinggi pada plasma untuk diterapkan pada material terutama logam (Akhmad, 2009).

### 2.1.2 Proses *Plasma Arc Cutting*

Plasma adalah pembentukan ionisasi gas, saat gas mengalir pada suatu busur listrik menimbulkan arus kuat yang bermuatan partikel gas. Arus kuat ini menimbulkan energi panas yang diperlukan untuk memotong. Suatu busur yang berfrekuensi tinggi, menarik busur api antara pusat elektroda tungsten dan benda kerja. Gaya ini menimbulkan gas plasma dengan kecepatan tinggi mengalir melalui lubang yang kecil. Begitu arus utama mengalir gas membentuk ion dengan listrik konduksi, busur menyembur dengan kuat dan berpusat pada daerah yang sempit pada benda kerja. Semburan plasma pekat yang terbentuk mencapai suhu hingga  $30.000^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan tinggi. Saat semburan plasma mengenai benda kerja, panas berpindah karena terjadi rekombonasi (gas kembali pada keadaan normal). Panas yang terus menerus mencairkan logam dan menghembuskannya dengan tekanan yang besar pada garis pemotong (Nugraha, MPH. 2019) seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses *plasma arc cutting* (Sumber: Surapranata, 2016)

Pada pemotongan dengan plasma memerlukan gas. Gas yang dipilih untuk pemotongan dengan busur plasma tergantung dari pada mesin yang dipakai, jenis bahan yang dipotong serta hasil akhir yang diinginkan. Ada mesin potong plasma yang sangat ekonomis hanya menggunakan udara kompresi sebagai media pemotong, sedangkan yang lainnya dibutuhkan campuran gas yang berbeda-beda untuk memotong dan sebagai gas pelindung. Berikut ini adalah Tabel 2.1 penggunaan gas plasma dan gas pelindung.

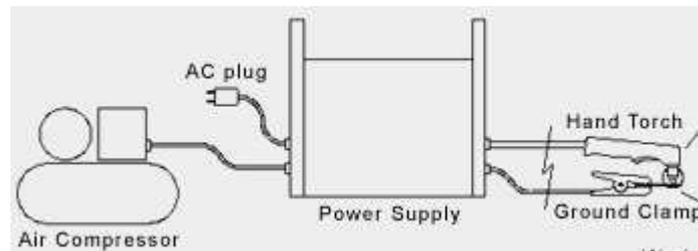
Tabel 2.1 Penggunaan gas plasma dan gas pelindung

GAS	PEMAKAIAN
Udara kompresi	Paling banyak dipakai sebagai gas plasma juga sebagai gas pelindung sekunder karena sangat murah dalam pemakaiannya.
Nitrogen	Sering dipakai sebagai pembentuk plasma.
Carbon dioksida	Biasa dipakai sebagai gas pelindung sekunder.
Argon/hydrogen	Digunakan baik sebagai plasma maupun sebagai gas pelindung sekunder, tetapi sedikit lebih mahal dari pada gas yang lainnya.

Sumber: Surapranata, 2016

### 2.1.3 Perlengkapan *Plasma Arc Cutting*

Perlengkapam mesin *plasma arc cutting* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses *plasma arc cutting* (Sumber: Rahman dkk, 2019)

- a. Sumber tenaga yang paling besar/ banyak dipakai sebagai adalah transformator/ rectifier, di mana pada alat ini dirancang agar arus AC dirubah menjadi arus keluar DC. Untuk menyetel kebutuhan arus dipasang pengatur amper dan pengarah busur untuk memulai pekerjaan pemotongan.
- b. Pembakar plasma (*torch*) hampir sama dengan pembakar gas manual. Ada beberapa bagian: nozzle, penyekat, elektroda dan cincin.
- c. Tabung bertekanan berisikan gas untuk pemotongan.
- d. Kabel dan stang massa digunakan untuk menyalurkan arus ke benda kerja.
- e. Regulator Semua operasi pemotongan dan pengelasan, regulator diperlukan untuk mengatur tekanan gas yang tinggi di dalam silinder kepada tekanan kerja yang sesuai.

## 2.2 Parameter Proses Permesinan Pada *Plasma Arc Cutting*

Parameter yang digunakan sebagai proses permesinan pada alat *plasma arc cutting* adalah sebagai berikut.

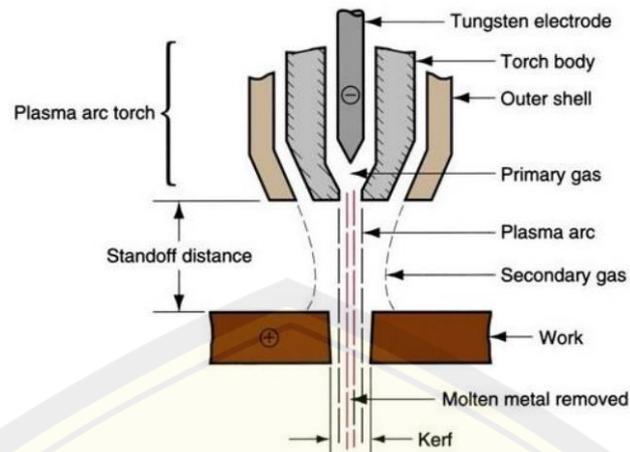
### 1. Tekanan Udara

Tekanan udara merupakan besarnya tekanan angin yang dibutuhkan untuk melakukan pemotongan. Untuk nilainya bisa berbeda-beda tergantung standar yang digunakan.

### 2. Kuat Arus

### 3. *Stand of Distance* (SOD) / jarak *torch*

Jarak *torch* adalah selisih antara benda kerja dengan *torch*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jarak *torch* (Sumber: Firmansyah, 2018)

#### 4. Diameter *Nozzle*

Diameter *nozzle* merupakan lubang keluar plasma pada *torch*.

### 2.3 Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C) dengan sedikit unsur Si, P, Mn, S dan Cu. Baja karbon menurut komposisi kimianya dibedakan menjadi sebagai berikut. Baja karbon rendah 0,05–0,3% C (low carbon steel). Sifatnya mudah ditempa dan mudah dimesin. Baja karbon menengah 0,3 – 0,5% C (medium carbon steel). Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Baja karbon tinggi 0,60 – 1,50% C (high carbon steel). Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas, dipotong (Aditama R. P. Dkk, 2012).

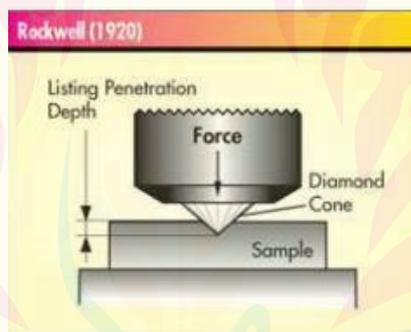
### 2.4 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan Rockwell hampir sama dengan pengujian kekerasan Brinell yaitu angka kekerasan sebagai fungsi dari kedalaman indentasi pada spesimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian Rockwell beban dan indenter yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan pengujian Brinell. Angka kekerasan langsung ditunjukkan pada mesin sehingga waktu pengujian relatif lebih singkat dan sangat sesuai digunakan dilapangan. Pemakaian type HR dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Penentuan type HR

Beban (kgf)	Diamond	Ball			
		1/16	1/8	1/4	1/2
60	A	F	H	L	R
100	D	B	E	M	S
150	C	G	K	P	V

Prosedur pengujian dilakukan dengan menekan indenter pada benda kerja dengan beban awal (minor load) 10 kg, yang menyebabkan kedalaman indentasi awal, jarum penunjuk diset pada angka nol skala hitam, selanjutnya diberikan beban mayor 140 Kg selama 10 - 15 detik. Beban mayor dilepas dengan cara mengembalikan posisi pembebanan keposisi beban awal yang menyebabkan kedalaman indentasi, angka kekerasan dapat langsung dibaca pada skala penunjuk. Secara skematis hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skematik Pengujian Rockwell (Sumber: Muhammad dkk, 2014)

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi didahului dengan huruf depan, yang menyatakan kondisi pengujian. Skala Rockwell terbagi atas 100 divisi, dimana tiap divisi sebanding dengan kedalaman indentasi 0,002 mm. Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi (hi) dapat ditulis sebagai berikut:

$$R_b = 130 - \frac{\text{kedalaman indenter (mm)}}{0,002} \dots\dots\dots(2.1)$$

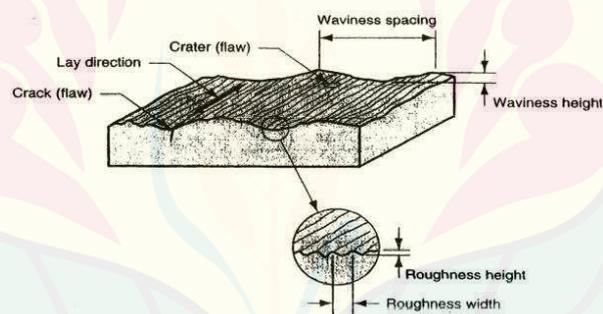
$$R_c = 100 - \frac{\text{kedalaman indenter (mm)}}{0,002} \dots\dots\dots(2.2)$$

Persiapan spesimen perlu dilakukan karena indentasi cukup kecil dan metode pengukuran langsung oleh mesin yang meliputi:

1. Permukaan atas dan bawah spesimen harus datar, halus dan bebas dari kotoran, minyak, benda asing dan cacat.
2. Ketebalan spesimen minimum 0.01 in. (0.25 mm) atau ketebalan spesimen minimum = 10 \* kedalaman Indentasi (t).
3. Jarak titik pusat indentasi yang satu terhadap yang lain dan terhadap tepi spesimen minimal = 3 \* diameter indentasi (d).

## 2.5 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah karakteristik terukur yang mengacu pada penyimpangan kekasaran sebagaimana uraian di atas. Permukaan akhir (*surface finish*) adalah suatu istilah hubungan yang mencerminkan kehalusan atau mutu umum suatu permukaan. Didalam pemakaian kata yang umum, permukaan akhir sering digunakan sebagai suatu kata lain untuk kekasaran permukaan (Karmin dkk., 2013). *Surface texture features* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Surface texture features* (Sumber: Karmin dkk., 2013)

### 2.5.1 Definisi Parameter Kekasaran.

- a. Penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata profil ( $R_a$ )

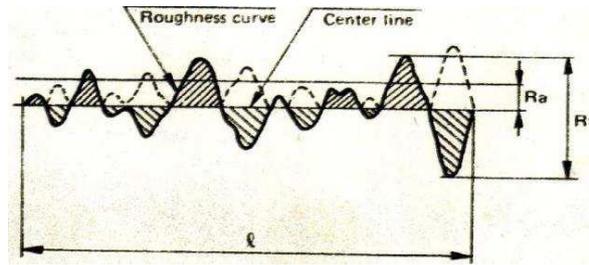
$R_a$  adalah rata-rata absolut penyimpangan yang diukur dari garis rata-rata (*center line*) profil efektif.

$$R_a = M / L \dots\dots\dots(2.3)$$

M = Luas keseluruhan (arsiran) diatas dan dibawah *center line*

L = Panjang bagian yang diuji (*evaluation length*)

Kurva kekasaran dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kurva kekasaran (Sumber: Karmin dkk., 2013)

b. *High of Roughness Curve (Rt)*

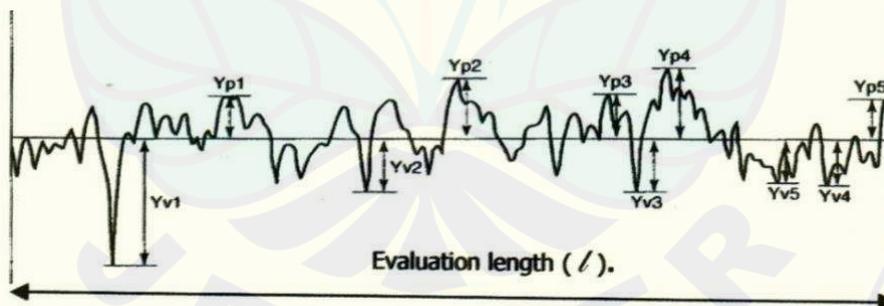
Ketidak rataan ketinggian maksimum adalah jarak antara dua garis sejajar yang menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah antara panjang bagian yang diuji.

c. *Ketidak rataan Ketinggian Sepuluh Titik (Rz)*

Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik (Rz) adalah jarak rata-rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembah terdalam disepanjang bagian yang diuji, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata disepanjang "evaluation length".

$$Rz (JIS) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \dots\dots\dots(2.4)$$

Menentukan Rz (JIS) menggunakan kurva kekasaran dapat dilihat pada Gambar 2.7 sebagai berikut.



Gambar 2.7 Menentukan Rz (JIS) menggunakan kurva kekasaran (Sumber: Karmin dkk., 2013)

Suatu kekasaran permukaan akan memberikan kesan dan perasaan bila kita menyentuh/memegang suatu benda. Dalam kegiatan produksi, karakteristik permukaan adalah penting bagi insinyur untuk memahami teknologi apa yang pantas dan cocok untuk memperoleh kekasaran yang diharapkan tersebut. Secara

komersial kekasaran permukaan dibutuhkan dan didasari pertimbangan tersendiri sesuai penerapan produk itu sendiri.

Secara umum biaya proses akan bertambah dengan adanya memperbaiki permukaan akhir. Ini disebabkan adanya biaya operasional tambahan dan waktu. Pada proses manufaktur menentukan permukaan akhir dan keutuhan permukaan. Beberapa proses sudah menjadi sifat dan kemampuan atas permukaan yang dihasilkan.

## 2.6 ANOVA (*Analysis of Variance*)

Anova adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rata-rata antar grup. Grup disini bisa berarti kelompok atau jenis perlakuan. Anova ditemukan dan diperkenalkan oleh seorang ahli statistik bernama Ronald Fisher. Anova merupakan singkatan dari *Analysis of Variance* yang merupakan prosedur uji statistik yang mirip dengan t test. Namun kelebihan dari anova adalah dapat menguji perbedaan lebih dari dua kelompok.

Anova digunakan sebagai alat analisis untuk menguji hipotesis penelitian yang mana menilai adakah perbedaan rerata antar kelompok. Hasil akhir dari analisis anova adalah nilai F hitung, F hitung ini yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai pada tabel F. Jika nilai F hitung lebih dari F tabel, maka dapat disimpulkan bahwa menerima  $H_1$  dan menolak  $H_0$  atau yang berarti ada perbedaan bermakna rerata pada semua kelompok. Adapun langkah-langkah menghitung dengan *Two-Way* ANOVA, yaitu : (Sudjana, 1994)

1. Asumsikan bahwa data masing-masing dipilih secara acak.
2. Asumsikan bahwa data masing-masing berdistribusi normal.
3. Menentukan hipotesis:
  - $H_0 : b_1 = b_2 = b_3 = \dots \mu_a$  (tidak ada efek terhadap perlakuan)
  - $H_1 : b_1 \neq b_j$  (terdapat efek terhadap perlakuan)
4. Menentukan jumlah kuadrat total :

$$SS_T = [\sum_{i=1}^N y^2i] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.5)$$

5. Menentukan jumlah kuadrat faktor A :

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} A2i \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.6)$$

6. Menentukan jumlah kuadrat faktor B :

$$SS_B = \left[ \sum_{i=1}^{k_B} B2i \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.7)$$

7. Menentukan jumlah kuadrat interaksi faktor A dan B :

$$SS_{AxB} = \left[ \sum_{i=1}^b \left( \frac{(AxB)_i^2}{n_{AxB}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} - SS_A - SS_{AxB} \dots\dots\dots(2.8)$$

8. Menentukan jumlah kuadrat kemungkinan kesalahan (*error*) :

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB} \dots\dots\dots(2.9)$$

9. Menentukan derajat kebebasan total :

$$v_T = N - 1 \dots\dots\dots(2.10)$$

10. Menentukan derajat kebebasan faktor (*main Effect*) A :

$$v_A = k_A - 1 \dots\dots\dots(2.11)$$

11. Menentukan derajat kebebasan faktor (*main Effect*) B :

$$v_B = k_B - 1 \dots\dots\dots(2.12)$$

12. Menentukan derajat kebebasan faktor interaksi A dan B :

$$v_{AxB} = (v_A)(v_B) \dots\dots\dots(2.13)$$

13. Menentukan derajat kebebasan kemungkinan kesalahan (*pure error*) :

$$v_e = v_T - v_A - v_B - v_{AxB} \dots\dots\dots(2.14)$$

14. Melengkapi tabel hasil pengukuran dimensi untuk *analysis of variance* dari data yang didapat

15. Menentukan taraf signifikan ( $\alpha$ ).

16. Jika  $(F_0) < F_{TABEL}$ , maka hipotesis ( $H_0$ ) dapat diterima.

17. Menentukan persentase kontribusi faktor terhadap respon :

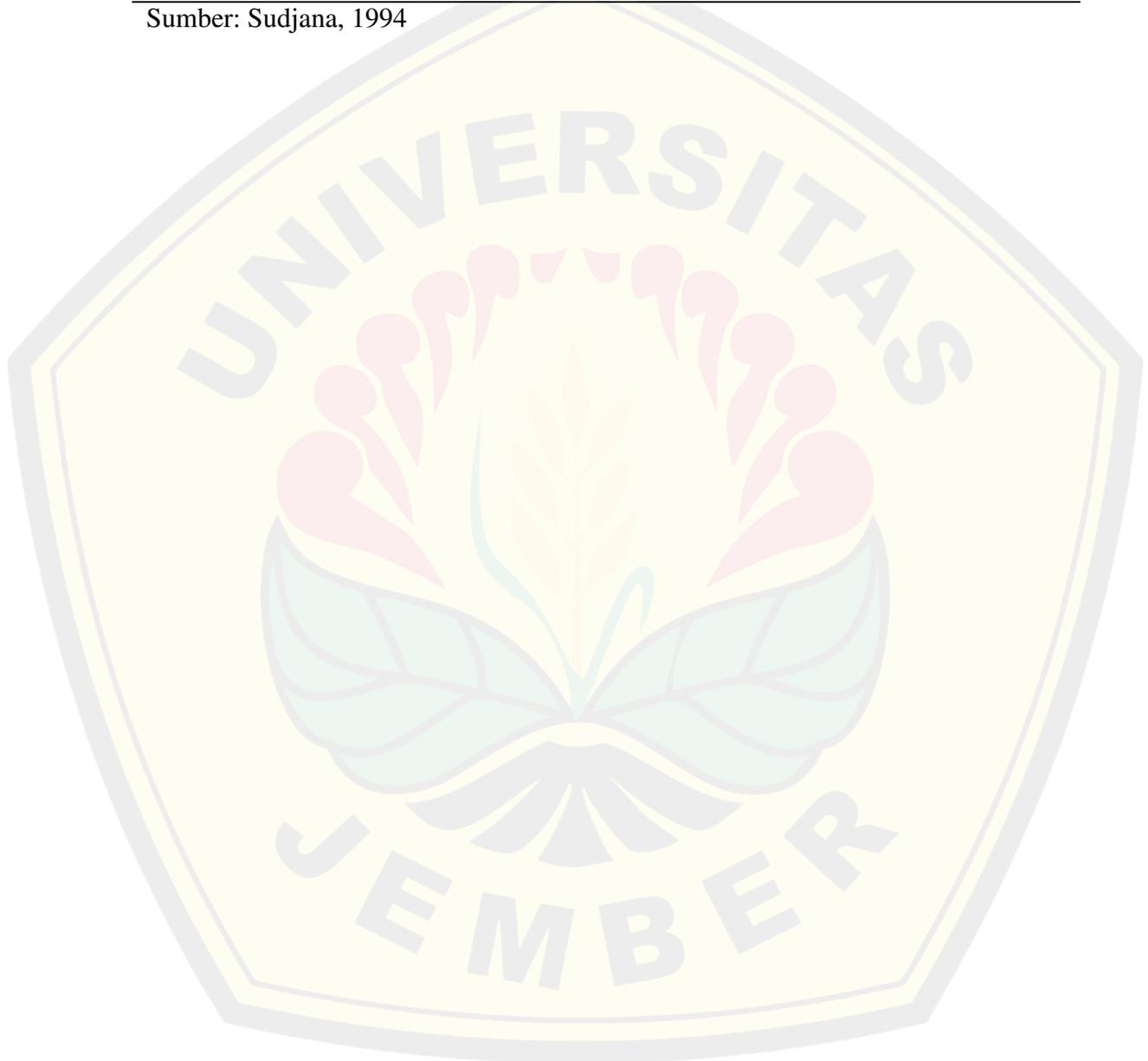
$$\%Kontribusi\ faktor = \frac{(SS - S_e)}{SS_T} \dots\dots\dots(2.15)$$

*select factorial model* dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 ANOVA table for select factorial model

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Degrees of Freedom</i>	<i>Mean Square</i>	$F_0$
<i>Overall Model</i>	$SS_{\text{model}}$	$(k_A \cdot k_B) - 1$	$SS_{\text{model}} / (k_A \cdot k_B) - 1$	$MS_{\text{model}} / MS_E$
<i>Main Effect of A</i>	$SS_A$	$V_A$	$SS_A / V_A$	$MS_A / MS_E$
<i>Main Effect of B</i>	$SS_B$	$V_B$	$SS_B / V_B$	$MS_B / MS_E$
<i>A x B interaction</i>	$SS_{AB}$	$V_{AB}$	$SS_{AB} / V_{AB}$	$MS_{AB} / MS_E$
<i>Error</i>	$SS_E$	$V_E$	$SS_E / V_E$	
<i>Total</i>	$SS_{\text{Total}}$	$V_{\text{Total}}$		

Sumber: Sudjana, 1994



### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Metode eksperimental yaitu metode penelitian dimana peneliti melakukan proses pengamatan dalam mencari data sebab dan akibat dalam suatu proses pemotongan dari variasi yang digunakan. Metode pengolahan data yang digunakan adalah metode ANOVA yang di olah dengan bantuan SPSS.

#### 3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16 Mei 2023 sampai 16 Juni 2023 di gedung ISDB Laboratorium Terapan dan Laboratorium Uji Material Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

#### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Variabel bebas

Variabel Bebas adalah Variabel yang tidak terpengaruh oleh variabel lain.

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Diameter nosel : 1,1 mm; 1,3 mm; 1,5 mm
- Jarak torch : 1 mm; 3 mm; 5 mm

##### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terikat yang digunakan adalah kekasaran permukaan, kekerasan bahan, struktur mikro.

##### 3. Variable kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan dalam penelitian. Variabel kontrol yang digunakan adalah:

- Sudut nosel : 90°
- Tekanan udara kompresor : 0,4 MPa
- Ampere : 30 A

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. *Mesin plasma arc cutting*

Spesifikasi mesin *plasma arc cutting* model CUT -60D maksimal 60 A dengan kompresor yang dipakai bertkanan maksimal 1 MPa, untuk nosel yang dipakai bertipe P80 dengan variasi yang tersedia 1,1, 1,3, 1,5, 1,7 mm. Mesin *plasma arc cutting* dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. *Rockwell Hardness Tester*

Penggunaan *Rockwell Hardness Tester* disesuaikan oleh material, indentor dan beban yang dipakai, eban yang dipakai yaitu 60, 100, 150. *Rockwell Hardness Tester* dapat dilihat pada Lampiran 2.

3. *Mikroskop*

*Mikroskop* Olyimpus BX41M memiliki tingkat pembesaran 50x, 100x, 200x, 500x, 1000x, dengan tinggi maksimal spesimen 35 mm dan minimal 10mm. *Mikroskop* Olyimpus BX41M dapat dilihat pada Lampiran 3.

4. *Roller Torch plasma cutting*

*Roller Torch plasma cutting* dapat dilihat pada Lampiran 4 dengan keterangan sebagai berikut:

- 1) Ring pengikat sebagai penghubung roller dengan torch.
- 2) Roller sebagai media jalan pada permukaan spesimen.
- 3) Baut untuk roller agar bisa diatur ketinggiannya.
- 4) Baut pengunci untuk mengunci ring pengikat pada torch
- 5) Penyangga untuk menjaga posisi torch

#### 3.4.2 Bahan

Material benda uji yang digunakan adalah bahan baja AISI 1045 jenis baja yang tergolong dalam baja paduan karbon sedang digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti poros gear dan banyak digunakan untuk banah peralatan pertahanan. Baja AISI 1045 memiliki komposisi kimia antara lain (0,4-0,45% C),

(0,1-0,3% Si), (0,60-0,90% Mn),(0,025% Mo), (0,04max% P), (0,05max% S) (Fakhriansyah et al., 2022). Dimensi bahan dapat dilihat pada Lampiran 5.

Kekerasan pada spesimen setelah proses permesinan terjadi pada sisi pemotongan benda kerja. Dimensi bahan setelah pemotongan dan letak pengujian dapat dilihat pada Lampiran 6 dengan keterangan:

1. Titik pengujian kekerasan daerah *base metal*.
2. Titik pengujian kekerasan daerah HAZ.
3. Titik pengujian kekerasan dan kekesaran daerah potong.

### 3.5 Prosedur Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada Lampiran 8. Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda kerja yaitu baja AISI 1045.
2. Menyalakan mesin *Plasma Arc Cutting*.
3. Melakukan proses pemotongan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan berdasarkan variabel yang digunakan. Melakukan pengulangan langkah ke 3 dan 4 dengan variabel yang telah ditentukan.
4. Melakukan pengambilan data kekasaran permukaan dengan software ImageJ pada tiap spesimen.
5. Proses pengamplasan guna meratakan dan membersihkan spesimen.
6. Melakukan uji kekerasan permukaan pada setiap spesimen dan mencatat data setiap pengujian kekerasan.
7. Melakukan pemolesan dan pengetsaan dengan campuran 5% HNO<sub>3</sub> dan 95% ethanol, didiamkan 1 menit setelah penetesan etsa kemudian di basuh air mengalir.
8. Melakukan uji mikro.
9. Analisa dan pengolahan data serta pembahasan secara kajian pustaka sebagai hasil penelitian dan memberikan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang didapat.

### 3. 6 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian kekasaran
  - a. Menyalakan Mikroskop Olyimpus BX41M.
  - b. Mengatur perbesaran lensa yang akan digunakan sebesar 50x pada Mikroskop.
  - c. Membuka *software s-eye*.
  - d. Meletakkan benda uji yang telah melalui proses pemotongan
  - e. Menfokuskan lensa Mikroskop hingga terlihat jelas.
  - f. mengambil data gambar pada Mikroskop menggunakan *software s-eye*.
  - g. Menginput hasil foto dari Mikroskop ke *software imageJ*.
  - h. Ambil garis sesuai dengan skala yang ada, kemudian set scale pada bar analye. Mengatur ukuran yang diketahui sesuai skala dan memberi satuan yang dipakai seperti pada Lampiran 9.
  - i. Mengubah type gambar menjadi 32 bit di bar image, kemudian di subtract background di bar process.
  - j. Mengeluarkan data kekasaran dengan klik fitur SurfChard 1q pada bar plugins.
  - k. Mengambil data *output* dari *software imageJ* seperti pada Lampiran 10.
  - l. Mengulangi prosedur pengujian yang sama pada sisa material uji.
2. Pengujian kekerasan
  - a. Menyiapkan benda uji yang telah melalui proses pemtongan
  - b. Menyiapkan alat uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester*.
  - c. Mengatur alat uji sesuai dengan pengujian yang dipakai yaitu indentor bola 1/16 dengan beban total 100, penyesuaian pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.2.
  - d. Meletakkan benda uji pada tempat yang ada sesuai dengan titik pengujian.
  - e. Menyetel indentor hingga jarum menunjukkan posisi 0.
  - f. Menyalakan alat uji, dan menunggu beberapa saat hingga hasil keluar.
  - g. Mencatat hasil pengukuran pada tabel hasil percobaan.
  - h. Mengulangi prosedur pengujian yang sma pada sisa material uji.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pegujian

Penelitian ini dilakukan dengan melihat hasil kekasaran permukaan dan nilai kekerasan pada spesimen baja AISI 1045 yang sudah dipotong menggunakan *plasma arc cutting*. Adapun data yang telah didapat pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data hasil pengujian kekasaran

Jarak <i>torch</i> (mm)	Nozzle (mm)	Pengujian Kekasaran (Ra)/( $\mu\text{m}$ )			Rata-rata
		1	2	3	
1	1,1	4,1800	5,3946	5,4943	5,0230
1	1,3	4,4335	4,4335	2,4347	3,7672
1	1,5	4,1059	5,2102	3,6665	4,3275
3	1,1	6,9993	8,5635	7,1112	7,5580
3	1,3	6,5530	6,9258	5,6267	6,3685
3	1,5	7,4381	6,2918	7,3436	7,0245
5	1,1	8,3326	8,1540	7,4762	7,9876
5	1,3	6,5930	5,2715	6,3702	6,0782
5	1,5	8,7367	8,0775	5,6957	7,5033

Untuk data yang didapat pada pengujian kekerasan daerah HAZ dan kekerasan pada daerah potong dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekerasan

Jarak <i>torch</i> (mm)	Nozzle (mm)	Pengujian Kekerasan Daerah HAZ (HRB)			Rata-rata	Pengujian Kekerasan Daerah Potong (HRB)			Rata-rata
		1	2	3		1	2	3	
		1	1,1	73,5		73,0	76,0	74,2	
1	1,3	78,0	79,0	78,0	78,3	82,0	87,0	87,5	85,5
1	1,5	81,5	75,5	81,0	79,3	84,5	82,0	78,0	81,5
3	1,1	79,0	79,5	77,0	78,5	90,5	86,0	81,0	85,8
3	1,3	78,5	79,0	78,5	78,7	78,5	81,5	88,5	82,8
3	1,5	74,5	75,5	76,0	75,3	86,5	87,0	81,5	85,0
5	1,1	79,0	77,0	79,5	78,5	86,0	85,0	86,5	85,8
5	1,3	81,0	79,0	79,0	79,7	86,0	89,5	82,5	86,0
5	1,5	75,5	78,0	76,0	76,5	89,0	88,0	87,5	88,2

## 4.2 Analisis Data

### 4.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan sebagai prasyarat uji statistik parametrik dimana data yang akan diuji harus terdistribusi dengan normal, Dasar pengambilan keputusan yaitu, jika nilai signifikansi atau probabilitas  $< 0,05$  maka data berdistribusi tidak normal. Jika nilai signifikansi atau probabilitas  $> 0,05$  maka data berdistribusi normal. Taraf signifikansi 5% dan tingkat kepercayaan 95%. pengujian normalitas dilakukan dengan menggunakan spss dengan uji Shapiro-wilk menghasilkan output data pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Uji normalitas kekasaran

variable	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
Std. kekasaran	0,518 > 0,05	Distribusi data normal

Tabel 4.4 Uji normalitas kekerasan

Variable	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
Std. HAZ	0,76 > 0,05	Distribusi data normal
Std. daerah potong	0,542 > 0,05	Distribusi data normal

Dari Tabel 4.3 dan 4.4 output uji normalitas didapat bahwa nilai sig dari variabel Std. kekasaran sebesar 0.518, Std. HAZ sebesar 0.76 dan Std. daerah potong sebesar 0.542. Dengan hasil tersebut menyatakan bahwa nilai sig dari masing masing variabel  $> 0.05$  sehingga menerima  $H_0$  dan dinyatakan data dari variabel terdistribusi dengan normal, maka data yang didapat memenuhi syarat uji statistik parametrik.

### 4.2.2 Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data bersifat homogen atau tidak, uji homogenitas bukanlah syarat mutlak untuk melakukan uji statistik parametrik, namun uji homogenitas berfungsi untuk menentukan uji lanjut. Dasar pengambilan keputusan yaitu, jika signifikansi atau nilai probabilitas  $< 0,05$  maka data adalah tidak sama (tidak homogen). Jika signifikansi atau nilai

probabilitas  $> 0,05$  maka data adalah sama (homogen). Adapun data hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Uji homogenitas kekasaran

	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
Kekasaran	0,466 $> 0,05$	Distribusi data sama (homogen)

Tabel 4.6 Uji homogenitas kekerasan

Dependent Variable	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
HAZ	0,125 $> 0,05$	Distribusi data sama (homogen)
Daerah potong	0,208 $> 0,05$	Distribusi data sama (homogen)

Berdasarkan Tabel 4.5 dan 4.6 dari output uji homogenitas didapat nilai sig dari masing masing variabel, dapat dilihat bahwa nilai sig dari variabel kekasaran didapat nilai sig sebesar 0.466, kekerasan HAZ sebesar 0.125, kekerasan daerah potong sebesar 0.208 dimana nilai tersebut adalah  $> 0.05$  maka data tersebut dinyatakan homogen.

#### 4.2.3 Uji Univariat

Analisis univariat merupakan analisis yang digunakan pada satu variabel dengan tujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi karakteristik dari variabel tersebut. adapun data yang diperoleh dari uji univariat yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Uji univariat kekasaran

source	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
Jarak <i>torch</i>	0,000 $< 0,05$	H <sub>0</sub> ditolak
<i>Nozzle</i>	0,002 $< 0,05$	H <sub>0</sub> ditolak
Jarak <i>torch</i> * <i>Nozzle</i>	0,382 $> 0,05$	H <sub>0</sub> diterima

Tabel 4.8 Uji univariat kekerasan

variable	source	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
HAZ	Jarak <i>torch</i>	0,449 > 0,05	H <sub>0</sub> diterima
HAZ	<i>Nozzle</i>	0,010 < 0,05	H <sub>0</sub> ditolak
HAZ	Jarak <i>torch</i> * <i>Nozzle</i>	0,000 < 0,05	H <sub>0</sub> ditolak
daerah potong	Jarak <i>torch</i>	0,151 > 0,05	H <sub>0</sub> diterima
daerah potong	<i>Nozzle</i>	0,966 > 0,05	H <sub>0</sub> diterima
daerah potong	Jarak <i>torch</i> * <i>Nozzle</i>	0,366 > 0,05	H <sub>0</sub> diterima

Dari output analisis univariat dapat dilihat pada Tabel 4.7 bahwa nilai sig dari uji kekerasan pada jarak *torch* 0,000, *nozzle* 0,002 < 0.05, hal ini menyatakan menolak H<sub>0</sub> sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter tersebut mempengaruhi perubahan kekerasan pada baja AISI 1045. Sedangkan untuk nilai sig uji kekerasan pada parameter jarak *torch\*nozzle* 0,382 > 0.05 maka H<sub>0</sub> diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter tersebut tidak mempengaruhi perubahan kekerasan pada baja AISI 1045.

Pada Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai sig dari uji kekerasan di daerah HAZ parameter *nozzle* 0,010 dan jarak *torch\*nozzle* 0,000 < 0.05, hal ini menyatakan menolak H<sub>0</sub> sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter tersebut secara bersama sama mempengaruhi perubahan kekerasan pada baja AISI 1045. Sedangkan untuk uji kekerasan pada daerah HAZ parameter jarak *torch* 0,449, dan pada daerah potong parameter jarak *torch* 0,000, *nozzle* 0,002, jarak *torch\*nozzle* 0,000, variable tersebut > 0.05 maka H<sub>0</sub> diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter tersebut secara bersama sama tidak mempengaruhi perubahan kekerasan pada baja AISI 1045. Karena didapat pengaruh yang signifikan pada mayoritas variabel maka dilakukan uji lanjut atau dalam spss disebut uji post hoc untuk mengetahui pengaruh variabel secara berkelompok.

#### 4.2.4 Uji Lanjut (Post hoc)

Setelah diketahui bahwa data bersifat homogen, maka dilakukan uji lanjut ANOVA yaitu membahas kelompok mana saja yang berbeda dan kelompok mana yang tidak berbeda (sama). Uji post hoc yang dilakukan mendapatkan output dengan asumsi data yang mempunyai sig < 0.05 maka dinyatakan menolak H<sub>0</sub>

sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter tersebut, apabila data yang mempunyai  $\text{sig} > 0,05$  maka dinyatakan menerima  $H_0$  sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter tersebut.

a. Uji post hoc pada kekasaran

Adapun output dari uji post hoc pada nilai uji kekasaran yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Uji post hoc pada kekasaran terhadap jarak *torch*

Jarak <i>Torch</i> (mm)	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
1 dengan 3	0,481 > 0,05	H0 diterima
1 dengan 5	0,000 < 0,05	H0 ditolak
3 dengan 5	0,000 < 0,05	H0 ditolak

Tabel 4.10 Uji post hoc pada kekasaran terhadap *nozzle*

<i>Nozzle</i> (mm)	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
1,1 dengan 1,3	0,002 < 0,05	H0 ditolak
1,1 dengan 1,5	0,265 > 0,05	H0 diterima
1,3 dengan 1,5	0,082 > 0,05	H0 diterima

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9, parameter jarak *torch* memiliki nilai probabilitas 0,481 pada variabel 3 mm dengan 5 mm sehingga nilai tersebut > 0,05 maka  $H_0$  diterima sehingga factor tersebut tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter pada hasil kekasaran. Untuk variabel jarak *torch* nilai probabilitas pada variabel 1 mm dengan 5 mm adalah 0,000, dan pada variabel 1 mm dengan 3 mm memiliki nilai 0,000 < 0,05 maka  $H_0$  ditolak sehingga factor tersebut terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter pada hasil kekasaran.

Untuk Tabel 4.10 variabel *nozzle* memiliki nilai probabilitas 0,265 pada 1,1mm dengan 1,5mm, serta 0,082 untuk 1,3 dengan 1,5 sehingga nilai tersebut > 0,05 maka  $H_0$  diterima sehingga factor tersebut tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter pada hasil kekasaran. Sedangkan pada variabel *nozzle* 1,1mm dengan 1,5mm memiliki nilai probabilitas 0,265 sehingga < 0,05

maka  $H_0$  ditolak sehingga factor tersebut terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter pada hasil kekasaran.

b. Uji post hoc pada kekerasan

Adapun output dari uji post hoc pada nilai uji kekerasan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.11 Uji post hoc pada kekerasan terhadap jarak *torch*

Variabel	Jarak <i>Torch</i> (mm)	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
HAZ	1 dengan 3	0,560 > 0,05	H0 diterima
HAZ	1 dengan 5	0,206 > 0,05	H0 diterima
HAZ	3 dengan 5	0,482 > 0,05	H0 diterima
Daerah Potong	1 dengan 3	0,543 > 0,05	H0 diterima
Daerah Potong	1 dengan 5	0,060 > 0,05	H0 diterima
Daerah Potong	3 dengan 5	0,183 > 0,05	H0 diterima

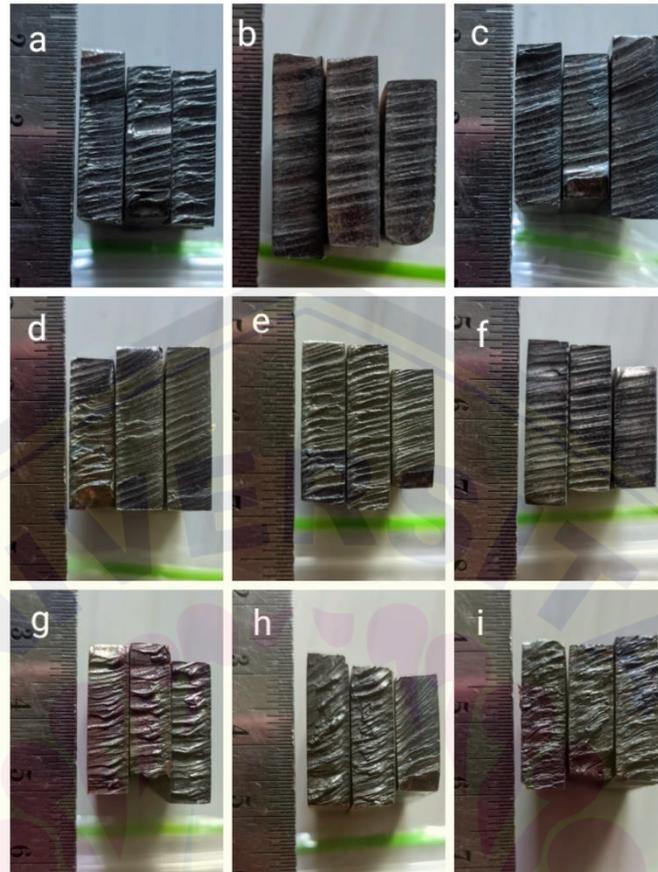
Tabel 4.12 Uji post hoc pada kekerasan terhadap *nozzle*

Variabel	<i>Nozzle</i> (mm)	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
HAZ	1,1 dengan 1,3	0,069 > 0,05	H0 diterima
HAZ	1,1 dengan 1,5	0,704 > 0,05	H0 diterima
HAZ	1,3 dengan 1,5	0,032 < 0,05	H0 ditolak
Daerah Potong	1,1 dengan 1,3	0,801 > 0,05	H0 diterima
Daerah Potong	1,1 dengan 1,5	0,857 > 0,05	H0 diterima
Daerah Potong	1,3 dengan 1,5	0,942 > 0,05	H0 diterima

Pada Tabel 4.11 dan 4.12 untuk daerah HAZ variable *nozzle* 1,3 dengan 1,5 bernilai  $0,032 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak sehingga faktor tersebut terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter pada hasil kekerasan. Untuk parameter yang lain memiliki nilai  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima sehingga factor tersebut tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua parameter pada hasil uji kekerasan.

### 4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada specimen yang telah dipotong menggunakan *plasma arc cutting* didapat hasil pemotongan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



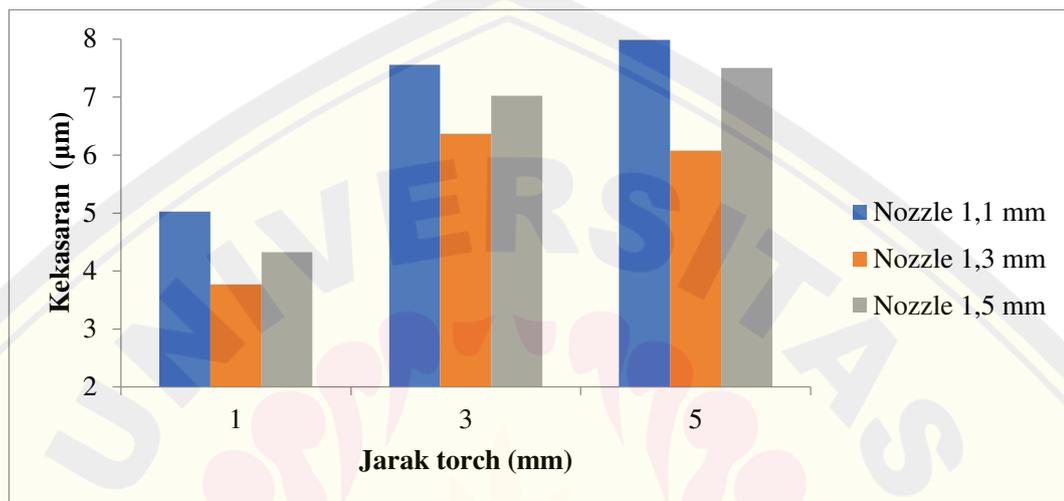
Gambar 4.1 Hasil Pemotongan a. Jarak *torch* 1mm *Nozzle* 1,1mm; b. Jarak *torch* 1mm *Nozzle* 1,3mm; c. Jarak *torch* 1mm *Nozzle* 1,5mm; d. Jarak *torch* 3mm *Nozzle* 1,1mm; e. Jarak *torch* 3mm *Nozzle* 1,3mm; f. Jarak *torch* 3mm *Nozzle* 1,5mm; g. Jarak *torch* 5mm *Nozzle* 1,1mm; h. Jarak *torch* 5mm *Nozzle* 1,3mm; i. Jarak *torch* 5mm *Nozzle* 1,5mm.

Berdasarkan Gambar 4.1 diketahui nilai terkecil terdapat pada parameter jarak *torch* 1 mm dengan diameter *nozzle* 1,3 mm dengan nilai kekasaran 3.7672  $\mu\text{m}$ . Sedangkan nilai terbesar terdapat pada parameter jarak *torch* 5 mm dengan diameter *nozzle* 1,1 mm dengan nilai 7.9876  $\mu\text{m}$ . dapat dilihat dengan bahwa hasil pada parameter jarak *torch* 1 mm dengan *nozzle* 1,3 mm adalah yang paling halus, sedangkan pada jarak *torch* 5 mm dengan *nozzle* 1,1 adalah yang paling kasar. Ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti parameter karena berpengaruh pada hasil pemotongan. Untuk parameter terkecil yaitu jarak *torch* 1 mm dengan diameter *nozzle* 1,1 memiliki nilai kekasaran 5,0230  $\mu\text{m}$ , sedangkan pada parameter

terbesar yaitu jarak *torch* 5 mm dengan diameter *nozzle* 1,5 mm memiliki nilai kekasaran 7,5033  $\mu\text{m}$ .

#### 4.3.1 Analisis Kekasaran

Dari data yang didapat pada pengujian kekasaran maka analisis yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Kekasaran

Dapat dilihat pada gambar 4.2 untuk grafik dari parameter jarak *torch* 1 hingga 5 mengalami kenaikan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak *torch* maka semakin besar nilai kekasaran. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi jarak *torch* maka busur plasma menjadi panjang dan melengkung, sehingga akan menghasilkan jalur pemotongan yang lebih besar.

Penelitian ini mendapat kesimpulan yang sama seperti penelitian lain, salah satunya menurut Saputro (2019) mendapati bahwa semakin tinggi jarak *torch* yang digunakan pada saat pemotongan maka akan semakin besar nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin rendah jarak *torch* yang digunakan maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Sedangkan menurut Salonitisa (2012) menyatakan bahwa jarak *torch* berpengaruh terhadap sinar plasma yang terbentuk, semakin tinggi jarak *torch* maka sinar plasma yang terbentuk akan menyerupai bentuk nyala api lilin yang terbalik, bukan berbentuk silinder.

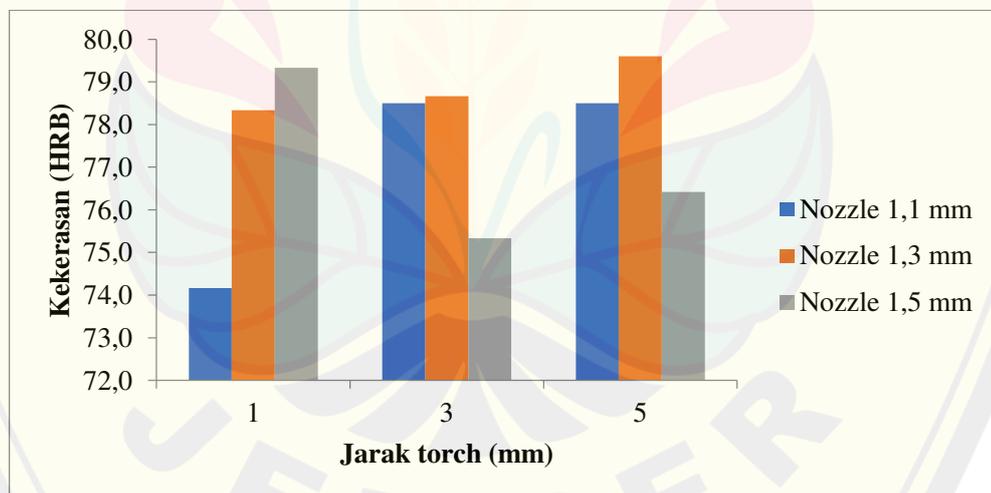
Pada Gambar 4.2 untuk parameter *nozzle* 1,3 mm memiliki nilai yang lebih kecil daripada *nozzle* 1,1mm dan 1,5mm hal ini dikarenakan pada *nozzle* tersebut lebar plasma lebih berpusat. Sehingga hasil kekasaran terkecil terdapat pada diameter *nozzle* 1,3. Nilai terbesar terdapat pada *nozzle* 1,1 karena pada diameternya paling kecil sehingga dapat meningkatkan temperaturnya secara ekstrim dan menyebabkan plasma yang dihasilkan kurang, sehingga pemotongannya lebih lemah. Sedangkan menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tiyon (2021) mendapati bahwa pada semakin besar diameter *nozzle* dan kuat arus maka nilai kekasaran yang dihasilkan akan semakin besar.

#### 4.3.2 Analisis Kekerasan

Dari data yang didapat pada pengujian kekerasan maka analisis yang diperoleh dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:

##### a. Daerah HAZ

Pada daerah HAZ diperoleh data yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik uji kekerasan daerah HAZ

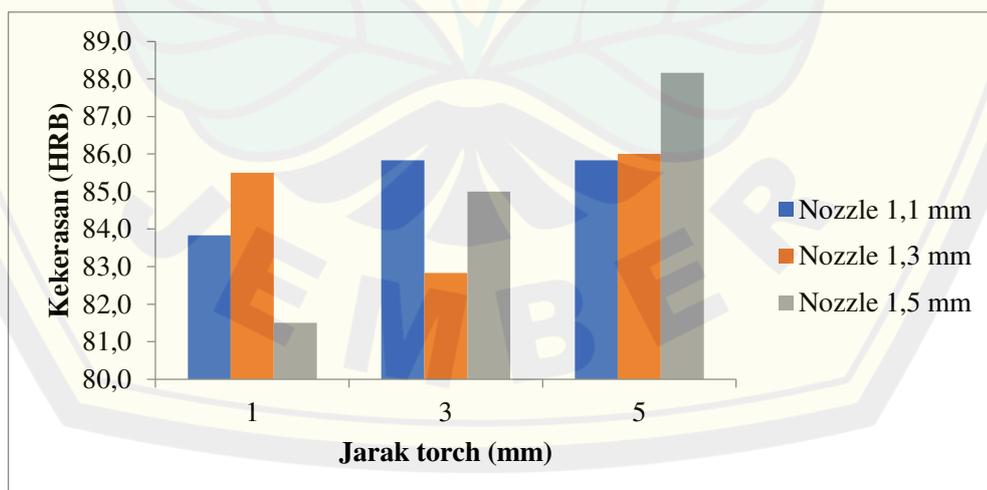
Berdasarkan Gambar 4.3, nilai uji kekerasan pada daerah HAZ diketahui nilai terkecil terdapat pada parameter jarak *torch* 1 mm dengan nilai 77,3 HRB. Sedangkan nilai terbesar terdapat pada parameter jarak *torch* 5 mm dengan nilai 78,2 HRB. Dari grafik mengalami kenaikan sehingga dapat disimpulkan bahwa

semakin tinggi jarak *torch* maka semakin besar nilai kekerasannya. Hal tersebut dikarenakan energi panas dari busur plasma yang menyebar dipengaruhi jarak *torch*, semakin besar jarak *torch* maka energi panas dari sinar plasma juga akan lebih besar. Pernyataan ini sama dengan penelitian sebelumnya seperti yang dinyatakan oleh Pratama (2019) bahwa semakin besar jarak *torch* maka kekerasannya seakin besar.

Pada pengujian kekerasan daerah HAZ diketahui nilai terkecil terdapat pada parameter *nozzle* 1,1 mm dengan jarak *torch* 1 mm. Sedangkan nilai terbesar terdapat pada parameter diameter *nozzle* 1,3 mm dengan jarak *torch* 5 mm. Hal ini disebabkan energi panas yang menyebar pada daerah HAZ lebih besar pada *nozzle* 1,3 karena nilai kekerasannya paling besar. Hasil dari data yang didapat tidak sama dengan penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Tiyan (2021) mendapati bahwa besar diameter *nozzle* yang digunakan pada saat pemotongan maka semakin besar pula nilai kekesaran yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin kecil diameter *nozzle* yang digunakan maka semakin kecil pula nilai kekesaran yang dihasilkan.

#### b. Daerah potong

Pada daerah potong diperoleh data yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut:



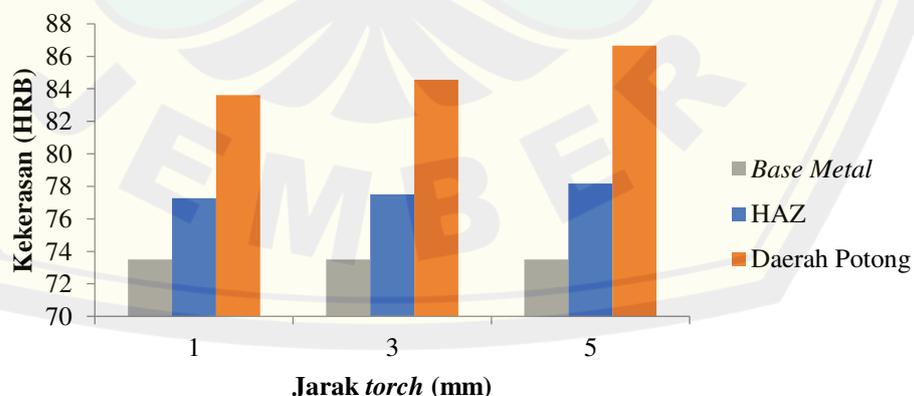
Gambar 4.4 Grafik uji kekerasan daerah potong

Pada Gambar 4.4 grafik yang ditampilkan pada jarak *torch* 1 hingga 5 mengalami peningkatan, hal ini disebabkan karena semburan energi panasnya semakin besar sehingga saat jarak *torch* semakin besar maka energi yang di perlukan juga semakin besar. Pada situasi yang sama pada *plasma arc cutting* memiliki titik semburan energi panas yang berbeda sehingga saat pemotongan apabila energi yang dipakai semakin besar maka nilai kekerasannya juga semakin besar. Pernyataan ini sama dengan penelitian sebelumnya seperti yang dinyatakan oleh Pratama (2019) bahwa semakin besar jarak *torch* maka kekerasannya seakin besar.

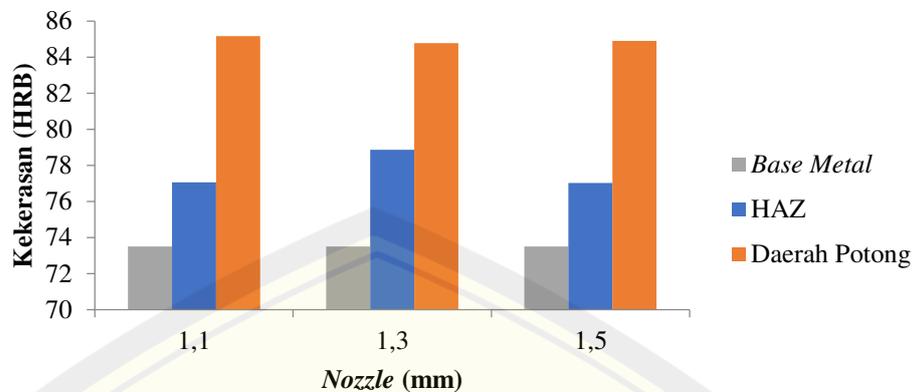
Pada pengujian kekerasan daerah potong diketahui nilai terkecil terdapat pada parameter *nozzle* 1,5 mm dengang jarak *torch* 1 . Sedangkan nilai terbesar terdapat pada diameter *nozzle* 1,5 mm dengan jarak *torch* 5, hal tersebut disebabkan karena pada diameter 1,5 plasma yang dihasilkan lebih kuat. Hasil dari data yang didapat tidak sama dengan penelitian sebelunya seperti yang dilakukan oleh Tiyan (2021) mendapati bahwa besar diameter *nozzle* yang digunakan pada saat pemotongan maka semakin besar pula nilai kekesaran yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin kecil diameter *nozzle* yang digunakan maka semakin kecil pula nilai kekesaran yang dihasilkan.

c. Semua daerah

Perbandingan pada semua daerah dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik uji kekerasan terhadap jarak *torch*



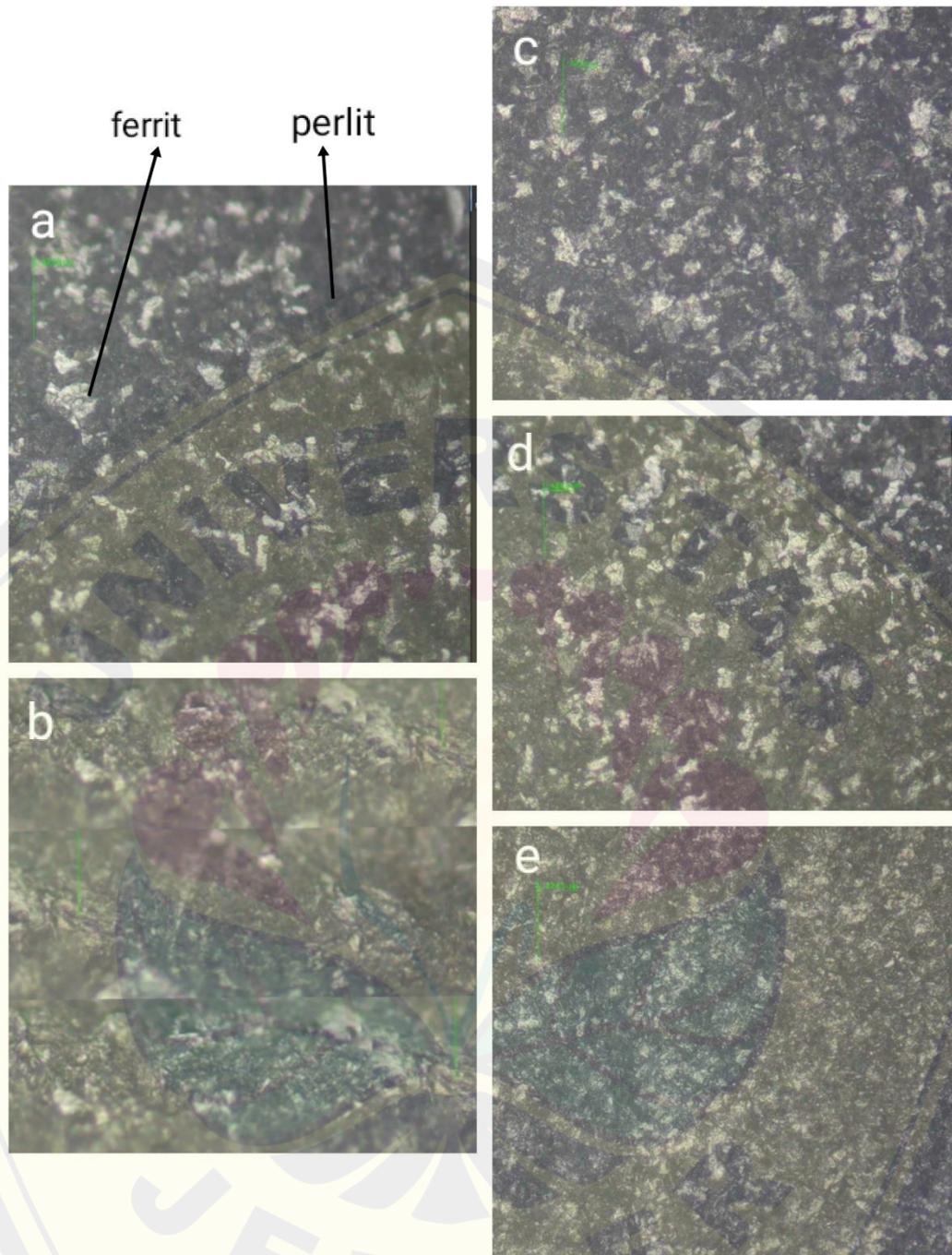
Gambar 4.6 Grafik uji kekerasan terhadap *nozzle*

Dalam kedua Gambar 4.5 dan 4.6 dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan kekerasan dari base metal, HAZ hingga daerah potong. Peningkatan tingkat kekerasan terjadi karena adanya proses pemotongan terdapat peningkatan temperature atau terdapat proses pemanasan sehingga sifat dan struktur bahan berubah pada daerah yang terkena panas.

#### 4.3.3 Pengamatan mikro

Dari pengambilan struktur mikro didapatkan data pada Gambar 4.7. Peninjauan struktur mikro pada tiap daerah penyusun sama dengan daerah potong yaitu terdiri dari struktur ferrit bagian yang terang dan perlit bagian yang gelap. Pada gambar yang membedakan adalah daerah ferrit yang terbentuk pada daerah potong lebih sedikit. Struktur mikro menurut Ristyanto dkk (2014), struktur ferrit yang terbentuk lebih banyak inilah yang menyebabkan memiliki kekerasan yang lebih rendah.

Maka dapat disimpulkan bahwa semakin renggang struktur mikro yang terbentuk maka semakin kecil nilai kekerasan yang dihasilkan. Dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa struktur mikro paling rapat terdapat pada bagian daerah potong, sedangkan yang paling renggang terdapat pada bagian base metal. Untuk struktur mikro pada daerah HAZ tingkat kerenggangannya lebih besar daripada daerah potong dan lebih kecil dari pada Base metal.



Gambar 4.7 Struktur mikro pembesaran 200 X a. Daerah potong, b. Daerah tepi potong, c. Daerah HAZ, d. Daerah tepi HAZ, e Daerah *base metal*

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada pengujian kekasaran didapatkan bahwa jarak *torch* dan *nozzle* berpengaruh pada hasil pemotongan. Sehingga didapatkan hasil tertinggi pada parameter jarak *torch* 1 mm dengan diameter *nozzle* 1,3 mm dengan nilai 3.7672  $\mu\text{m}$ , sedangkan nilai terbesar terdapat pada parameter jarak *torch* 5 mm dengan diameter *nozzle* 1,1 mm dengan nilai 7.9876  $\mu\text{m}$ .
2. Uji kekerasan pada daerah HAZ terbesar terdapat pada parameter jarak *torch* 5 mm dengan diameter *nozzle* 1,3 mm dengan nilai 79.6 HRB. Sedangkan pada daerah potong nilai terbesar terdapat pada parameter jarak *torch* 5 mm dengan diameter *nozzle* 1,5 mm dengan nilai 88.1 HRB.
3. Dalam struktur mikro terdapat perbedaan tingkat kerenggangan pada tiap daerah, paling rapat terdapat pada bagian daerah potong, sedangkan yang paling renggang terdapat pada bagian base metal.

### 5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih terdapat banyak hal yang harus dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya. Adapun Saran yang didapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait dengan parameter mana yang memiliki nilai atau hasil yang paling optimal dari parameter-parameter yang ada seperti kuat arus, tekanan udara, kecepatan pemotongan, ketebalan plat, diameter *nozzle* dan jarak *torch*.
2. Untuk memperpanjang umur dari mesin atau *torch* perlu dilakukan penelitian tentang *maintenance* dan pengujian umur pada elektroda dan *nozzle*.
3. Pada penelitian ini terdapat banyak kekurangan dalam pemotongan dikarenakan terbatasnya alat potong dan listrik yang kurang memadai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R, P. Darsin, M. Sumarji. 2012. Perubahan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI H13 Akibat Variasi Arus pada Proses Electrical Discharge Machining (Edm) Sinking Menggunakan Elektroda Grafit. *Jurnal Teknologi Elektro Dan Kejuruan*. 17(1): 66-72
- Afandhi, M. R., Basuki, M. 2022. Analisis Teknis dan Ekonomis Perbedaan Kuat Arus pada Proses Pemotongan Pelat Menggunakan Cnc Plasma Cutting. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan* 1(1): 214-220
- Agnitias, R. S, 2019. Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Lebar Pemotongan dan Kekerasan pada Baja Karbon Sedang dengan Cnc Plasma Arc Cutting. *Jurnal Dinamika Vokasi Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta*. 4(2): 99-104.
- Akhmad, A. A. 2009. Pemesinan Nonkonvensional Plasma Arc Cutting. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 9(2): 51-56
- Firmansyah, D. 2018. Pengaruh Cutting Speed Plasma Arc Cutting terhadap Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Spesimen Stainless Steel 316L. *skripsi*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Karmin M. Ginting, M. Yunus. 2013. Analisa Kekasaran Permukaan Hasil Proses Pengampelasan terhadap Logam dengan Perbedaan Kekerasan. *Jurnal Austenit*. 5(2): 2-4.
- Koczylas, Agnieszka, Z. Kazimierz. 2015. Effect of Plasma Cutting Parameters Upon Shapes of Bearing Curve of C45 Steel Surface. *Advances in Science and Technology Research Journal* 9(27):78–82.
- Malik, I. Recxa, A. 2021. Analisa Kekasaran Permukaan Hasil Pemotongan pada Baja SS400 Menggunakan Mesin Cnc Plasma Cutting dengan Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Ketinggian Torch. *AUSTENIT*. 13(2), 54-58.
- Muhammad. P, Reza. 2014. Bahan Ajar. Aceh Utara: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh Jurusan Teknik Mesin
- Nugraha, MPH. 2019. Pengaruh Variasi Tekanan Udara terhadap Nilai Kekasaran Permukaan dan Lebar Haz Pada Proses Pemotongan *Stainless Steel* SUS 304 dengan Menggunakan Plasma *Cutting*. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Patel, B. Sagar, K. T. Vyas. 2017. Parametric Investigation of Plasma Arc Cutting on Aluminium Alloy 6082. *International Conference on Ideas, Impact and Innovation in Mechanical Engineering* 5(6): 87–93.
- Pawar, S. S. dan K. H. Inamdar. 2017. Experimental Analysis of Plasma Arc Cutting Process for SS 3161 Plates. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. E-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X : 75-80
- Pratama, A. A, Wibowo. C, B, Nugroho. 2019. Identifikasi Hasil Pemotongan Plasma Cutting dengan Variasi Jarak Nozzle. *Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam*.

- Rahman, AZ., TS. Prabowo, P. Santika. 2019. Desain dan Manufaktur Mesin CNC Plasma 3 Sumbu PT. Bangun Mesin Sejahtera. *JURNAL TEKNIK MESIN*. 3(1)
- Ristyanto, A. Haryandi, G, D. Yusuf, U. 2014. Pengaruh Proses Normalizing terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro pada Sambungan Las Thermite Simillar Baja Uic-54. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. 2(2):36-45
- Rizkiawan, D., dan Sumbodo, W., 2019. Pengaruh Variasi Tekanan Udara pada Pemotongan Plat Baja ST 37 Menggunakan CNC Plasma Cutting terhadap Struktur Mikro, Kerf, dan Kekerasan. Doctoral dissertation, *UNNES*.
- Saputro, F. Sumbodo, W. 2019. Pengaruh Ketinggian Torch terhadap Lebar Kerf dan Kekasaran Permukaan Pada Pemotongan Cnc Plasma Arc Cutting dengan Bahan Baja ST 37. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 11(2):22-27
- Salonitisa, S. dan Vatousianosb, S. 2012. Eksperimental Investigation of the Plasma Arc Cutting Process. *SciVerse ScienceDirect*. 3:287-292
- Sudjana. 1996. Materi Statistika. Bandung: Sinar Baru Algasindo
- Surapranata, S. 2016. Gambar Proyeksi Dan Fabrikasi Ringan (Light Fabrication). Jakarta: Kemdikbud
- Tiyan, A. T. 2022. Pengaruh Variasi Diameter Nozzle dan Kuat Arus terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Plat Baja SS400 dengan Plasma Cutting. *Jurnal Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang*. 1(1):14-25

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Mesin plasma arc cutting*



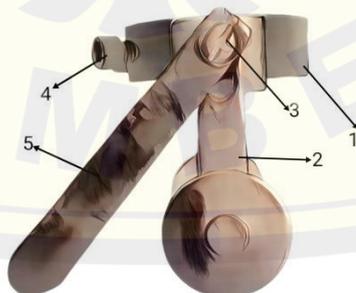
Lampiran 2 *Rockwell Hardness Tester*



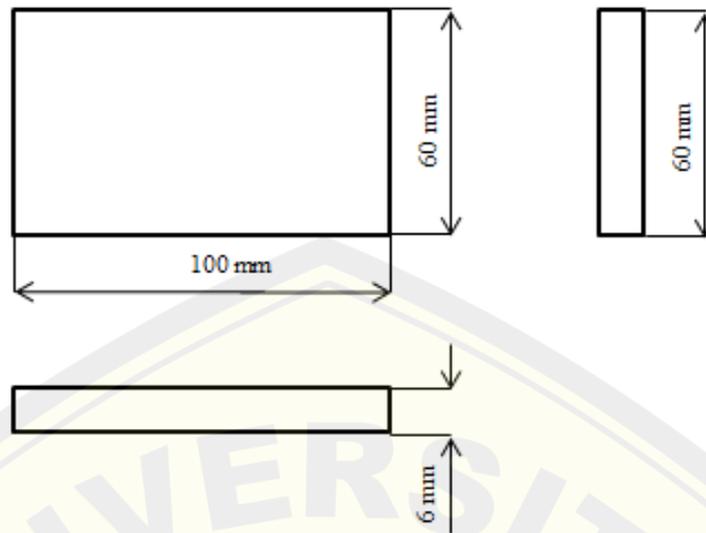
Lampiran 3 *Mikroskop*



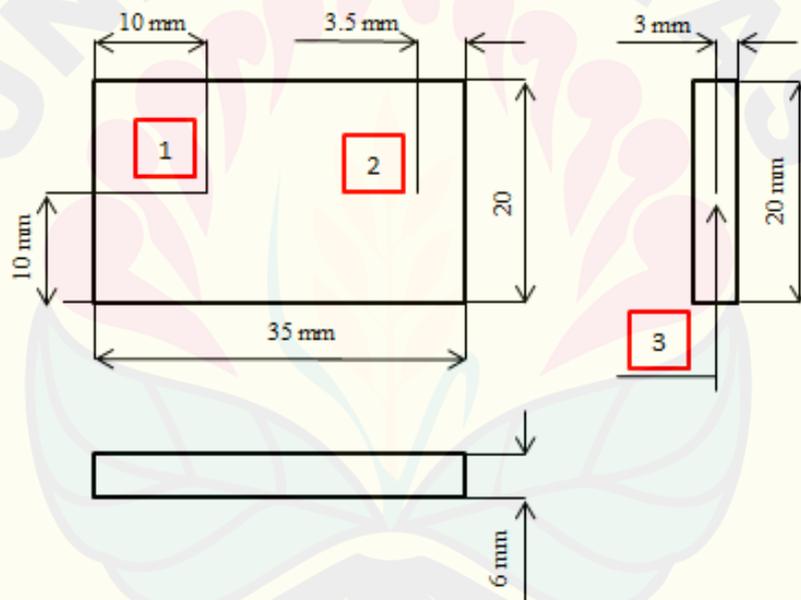
Lampiran 4 *Roller torch plasma cutting*



Lampiran 5 Dimensi awal spesimen



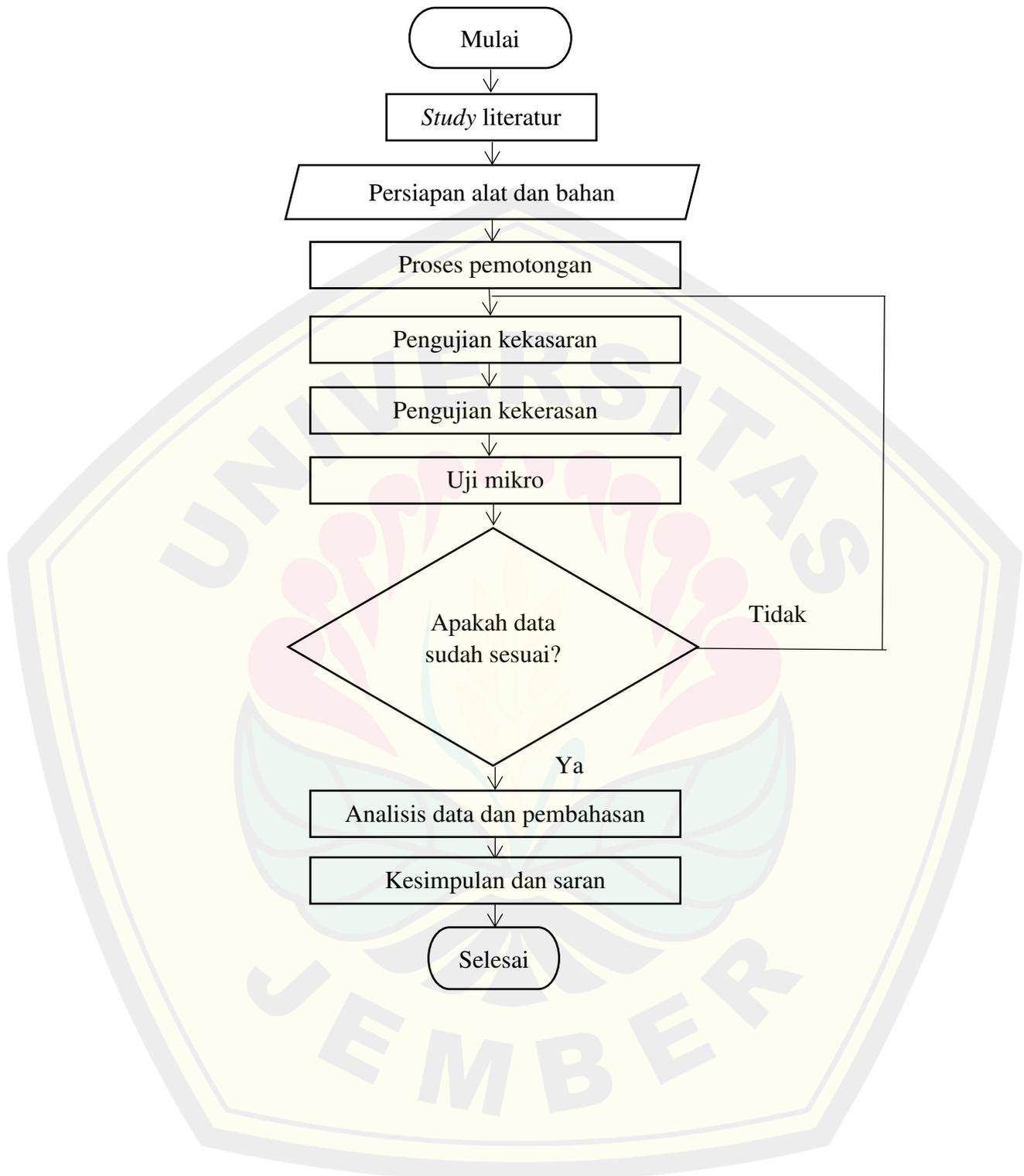
Lampiran 6 Dimensi spesimen setelah dipotong dan letak pengujian



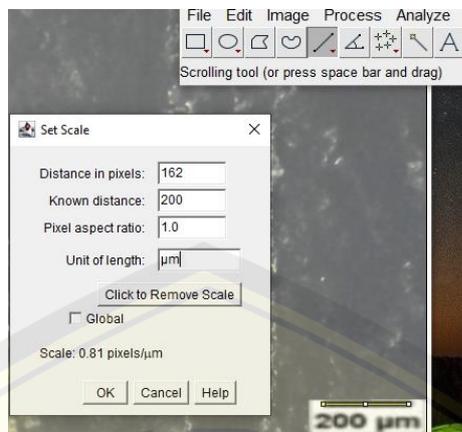
Lampiran 7 QR Code penelitian



Lampiran 8 Diagram alir



Lampiran 9 Set scale pada ImageJ



Lampiran 10 output ImageJ

spesimen	rq	ra	rsk	rku	rv	rp	rt
1/1,1/1	6,1276	4,1800	2,3413	10,3053	-7,0274	41,8710	48,8983
1/1,1/2	5,1554	5,3946	2,8133	16,6921	-6,5270	46,8229	53,3499
1/1,1/3	7,9719	5,4943	2,6006	11,906	-7,3045	59,6573	66,9618
1/1,3/1	6,4277	4,4335	2,6682	13,1391	-7,4120	48,9323	56,3443
1/1,3/2	6,4277	4,4335	2,6682	13,1391	-7,4120	48,9323	56,3443
1/1,3/3	3,8418	2,4347	2,8247	17,555	-5,3911	34,5042	39,8954
1/1,5/1	6,2992	4,1059	2,7847	15,3322	-6,8547	49,2565	56,1112
1/1,5/2	7,6756	5,2102	2,9117	18,4798	-7,9847	53,8966	61,8813
1/1,5/3	5,1825	3,6665	2,0129	6,9835	-6,3465	32,4741	38,8206
3/1,1/1	9,5865	6,9993	2,1108	7,3532	-11,1452	57,3896	68,5347
3/1,1/2	11,7571	8,5635	2,2976	8,7951	-13,4734	73,6803	87,1537
3/1,1/3	9,8575	7,1112	2,1931	7,9764	-11,2908	65,5672	76,858
3/1,3/1	10,5783	6,553	2,5656	11,1239	-10,3328	65,9273	76,26
3/1,3/2	8,9720	6,9258	2,7214	14,7618	-8,9596	59,3880	68,3476
3/1,3/3	10,1224	5,6267	2,5365	12,2531	-10,3415	60,1072	70,4487
3/1,5/1	8,9298	7,4381	2,0832	7,2395	-10,0218	49,3000	59,3218
3/1,5/2	9,9558	6,2918	2,6348	11,0861	-10,2456	69,3971	79,6426
3/1,5/3	8,1693	7,3436	2,6801	13,5551	-8,1252	51,0151	59,1403
5/1,1/1	12,1683	8,3326	2,2545	7,8522	-12,8907	70,2418	83,1325
5/1,1/2	11,6062	8,1540	2,5110	10,0953	-12,2524	77,1550	89,4074
5/1,1/3	10,7921	7,4762	2,5949	9,9265	-10,7545	69,8077	80,5621
5/1,3/1	9,4140	6,593	2,575	12,4049	-9,4222	61,4717	70,8939
5/1,3/2	7,6609	5,2715	2,4747	10,6848	-8,4127	53,6700	62,0827
5/1,3/3	10,626	6,3702	2,6355	11,7108	-11,5633	75,3784	86,9417
5/1,5/1	12,1083	8,7367	2,3336	9,3735	-14,0792	80,868	94,9472
5/1,5/2	11,5558	8,0775	2,7590	12,4625	-11,6010	75,9944	87,5954
5/1,5/3	8,5522	5,6957	2,7708	13,4113	-9,4867	68,6685	78,1552