

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian *Plasma Cutting***

*Plasma cutting* adalah proses yang digunakan untuk memotong baja atau logam. Pada prosesnya gas yang terkandung dalam udara dikompresi (78% *nitrogen*, 21% *oksigen*, 1% *argon*) ditiup dengan kecepatan tinggi keluar dari *nozzle*, pada waktu yang sama busur listrik terbentuk melalui gas dari *nozzle* ke permukaan yang dipotong, kemudian mengubah sebagian dari udara menjadi plasma. Dibidang industri *plasma cutting* banyak digunakan untuk memotong berbagai material seperti pelat besi, aluminium, baja, *stainless steel*, dan pelat tembaga (Maulidiansyah & Handaya, 2022).

#### **2.2 Jenis-jenis *Plasma Cutting* dan Kelebihannya**

Adapun beberapa jenis-jenis *plasma cutting* dan kelebihannya adalah sebagai berikut:

##### **2.2.1 *Water Injection Plasma Cutting***

*Water injection plasma cutting* merupakan varian khusus dari metode pemotongan *plasma* yang melibatkan penyuntikan air ke dalam aliran *plasma* untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi proses pemotongan. Dalam metode ini, air dimasukkan ke dalam *nozzle plasma* bersamaan dengan gas plasma yang digunakan, seperti *argon* atau *nitrogen* sehingga mengurangi risiko kepanasan.

*Air* yang disuntikkan membentuk lapisan pelindung di sekitar busur plasma dan material yang dipotong sehingga membantu mendinginkan material dan mengurangi pembentukan asap atau debu.



Gambar 2.1 *Water injection cutting*  
(T. plasma Corporation, 2020)

### 2.2.2 *Dual Gas Plasma Cutting*

*Dual gas Plasma Cutting* mengombinasikan dua gas dalam aliran plasma, yaitu *oksigen* dan *nitrogen*. Umumnya, *oksigen* digunakan untuk proses pemotongan, sementara *nitrogen* melindungi obor dan benda kerja dari oksidasi. Metode ini menghasilkan potongan dengan tepi yang lebih bersih karena penggunaan nitrogen sebagai gas pelindung.

Kelebihan lainnya dari metode ini adalah kemampuan pemotongan logam yang lebih tebal dan pengurangan risiko *oksidasi* pada material.



Gambar 2.2 *Dual gas plasma cutting*  
(Indiamart, 2024)

## g Konvensional

*Plasma cutting* konvensional adalah salah satu dari macam-macam plasma *cutting* yang menggunakan aliran gas ionisasi berkecepatan tinggi untuk melelehkan dan menghapus logam. Proses ini cocok untuk memotong berbagai jenis bahan termasuk baja ringan, baja tahan karat, dan aluminium.

Kelebihan pemotongan *plasma* konvensional adalah biaya yang lebih rendah dan kecepatan pemotongan yang baik. Meskipun kurang presisi dibandingkan metode lain, *plasma cutting* konvensional tetap menjadi pilihan ekonomis untuk pemotongan material dengan toleransi yang lebih rendah.



Gambar 2.3 *Plasma cutting* konvensional  
(Laser, 2021)

## *Plasma Cutting*

Merupakan *plasma cutting* yang dilakukan di bawah permukaan air untuk mengendalikan panas dan meminimalkan pembentukan asap. Proses ini umumnya digunakan di galangan kapal dan aplikasi lepas pantai yang harus memastikan kontrol asap untuk perlindungan lingkungan.

Kelebihan pemotongan *underwater plasma cutting* adalah kontrol asap yang lebih baik dan pengurangan risiko keterpengaruhannya pada material. Proses ini juga dapat membantu dalam mengurangi suara dan getaran selama pemotongan.



Gambar 2.4 *Underwater plasma cutting*  
(Finsterwalde, 2024)

### 2.2.5 *Plasma Arc Cutting*

*Plasma Arc Cutting (PAC)* adalah metode pemotongan logam yang menggunakan energi tinggi dari busur plasma untuk melelehkan dan menghapus material logam. Proses ini mirip dengan *plasma cutting*, tetapi dalam *plasma arc cutting*, busur *plasma* dibentuk antara elektroda yang dapat diatur dan benda kerja yang akan dipotong.

Kelebihan utama dari metode ini adalah hasil pemotongannya yang menghasilkan presisi tinggi. Selain itu, proses ini juga efisien dalam memotong material yang lebih tebal dibandingkan dengan metode pemotongan termal lainnya. Metode ini sering digunakan dalam konstruksi bangunan dan pembuatan kendaraan.



Gambar 2.5 *Plasma Arc Cutting*  
(Shutterstock, 2019)

## Cutting

Adalah jenis *CNC plasma cutting* yang melibatkan penggunaan teknologi kontrol numerik komputer untuk mengotomatiskan proses pemotongan *plasma*. Sistem *CNC* memungkinkan pergerakan obor pemotongan dengan bentuk yang kompleks dan akurat.

*CNC plasma cutting* dapat memberikan presisi tinggi dan otomatisasi sehingga mengurangi risiko kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi produksi. Kemampuan untuk memotong berbagai bentuk dan pola membuatnya ideal untuk produksi massal dan proyek dengan kebutuhan desain yang rumit.



Gambar 2.6 *Plasma Cutting CNC*  
(Inseco, 2019)

## na Cutting

Macam-macam *plasma cutting* terakhir adalah *robotic plasma cutting* yang mirip dengan pemotongan *plasma CNC*, tetapi obor pemotongan dipasang pada lengan *robotik*. Umumnya, metode ini digunakan dalam proses manufaktur otomatis karena memberikan peningkatan produktivitas dan efisiensi dalam pemotongan bentuk-bentuk kompleks dengan tingkat presisi tinggi.

Kelebihan *robotic plasma cutting* mencakup fleksibilitas dan kecepatan dalam pemotongan bentuk yang kompleks. Penggunaan robot sangat membantu dalam

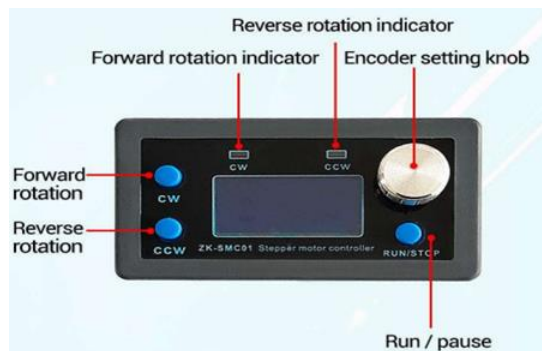
meningkatkan konsistensi pemotongan dan menangani proyek-proyek dengan tingkat kerumitan yang tinggi (Lama, 2023b).



Gambar 2.7 *Robotic plasma cutting*  
(F. A. Corporation, 2022)

### 2.3 Rel Motor Controller Otomatic

Rel otomatis berfungsi untuk menstabilkan gerakan *nozzle* melalui *motor controller*, hal ini mempengaruhi hasil dari pemotongan pada bahan, disebabkan mesin *plasma* yang digunakan adalah manual, jadi memerlukan rel otomatis untuk mendapatkan data yang lebih valid (ZK-SMC01 stepper motor controller, 2024).



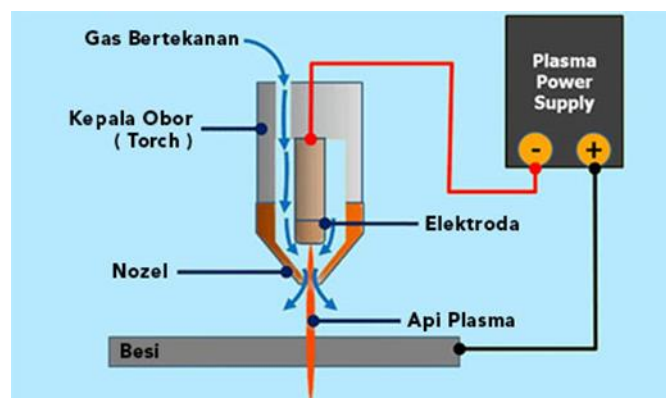
Gambar 2.8 *Motor controller*  
(ZK-SMC01 stepper motor controller, 2024)

Tabel 2. 1 Spesifikasi *motor controller*

Model	<i>ZK-SMC01 stepper motor controller</i>
Motor adaptif	motor penggerak
Jumlah sumbu kontrol	sumbu tunggal
Sinyal motor	katoda umum
Rentang catu daya	DC 5-30V umum

Fitur instruksi	merampingkan dan mengoptimalkan beberapa hal umum
Instruksi	
Kontrol akselerasi dan perlambatan	Ya
Input perlindungan koneksi terbalik	Ya
Kontrol komunikasi jarak jauh	Port serial TTL
Fungsi utama sistem	otomatis, manual, pengaturan, dan port serial kontrol
Control	
Rentang kecepatan	0,1 ~ 999 putaran / menit
Jumlah pulsa rotasi maju	1-9999999 pulsa
Jumlah pulsa mundur	1-9999999 pulsa
Jumlah siklus	1-9999
Waktu tunda rotasi maju	0,0-999,9 detik
Waktu tunda mundur	0,0-999,9 detik
Rentang pemilihan subdivisi	1-128 subdivisi
Lingkungan layanan produk	- 5 °C - 60 °C (tanpa kondensasi)

## 2.4 Cara Kerja *Plasma Cutting*



Gambar 2.9 Cara kerja mesin *plasma cutting* (Yudha, 2023)

### 1. Sambungkan *Plasma Cutting* pada Saluran Listrik

Proses pemotongan dimulai dengan menghubungkan perangkat *plasma cutting* pada sumber listrik yang memadai. Arus listrik tinggi menjadi elemen kunci dalam memicu proses ini, karena berfungsi sebagai pendorong utama untuk membentuk *plasma*. Penting untuk memastikan bahwa tempat pemotongan

memiliki daya aliran listrik yang cukup kuat sesuai dengan kebutuhan perangkat, sehingga memastikan proses berjalan secara optimal.

2. Selang kompresor dihubungkan ke mesin *Plasma Cutting*

Setelah perangkat terhubung dengan listrik, gas pembawa, yang umumnya berupa angin kompresor, mengalir melalui *nozzle* plasma pada alat pemotong. Gas ini berfungsi sebagai medium untuk menciptakan plasma saat terkena arus listrik tinggi. Oleh karena itu, pemilihan jenis gas dan tekanan yang tepat menjadi faktor kritis dalam mencapai kualitas plasma yang diinginkan.

3. Terhubungnya Listrik dan Stang *torch nozzle* ke Permukaan

Arus listrik tinggi yang telah berhasil melewati *nozzle* plasma kemudian menciptakan busur listrik antara *nozzle* dan permukaan benda kerja yang akan dipotong. Busur listrik ini menyebabkan gas pembawa terionisasi sehingga mengubahnya menjadi plasma panas. Pengaturan jarak antara *nozzle* dan benda kerja, serta arus listrik menjadi faktor penting dalam membentuk *plasma* dengan suhu optimal.

4. Gas Berubah Menjadi *Plasma* Panas

Setelah busur listrik yang terbentuk, gas pembawa akan terionisasi dan sebagai hasilnya gas tersebut kemudian berubah menjadi plasma panas. *Plasma* ini seharusnya memiliki suhu yang mencapai ribuan derajat *celsius* sehingga nantinya cukup panas untuk melelehkan material logam yang akan dipotong. Pengendalian suhu *plasma* merupakan aspek kunci untuk mencapai pemotongan yang efektif dan menghindari kerusakan pada perangkat pemotong.



## 5. *Plasma* Panas Mencairkan Material Hingga Terpotong

Pada akhirnya, plasma panas yang dihasilkan secara terkendali dapat diarahkan ke benda kerja. Energi tinggi dari plasma ini digunakan untuk melelehkan dan membentuk celah pemotongan pada benda kerja. Pengendalian gerakan pemotong dan kecepatan pemotongan menjadi faktor utama untuk mencapai hasil pemotongan yang akurat, bersih, dan sesuai dengan pola yang diinginkan (Lama, 2023a).

## 2.5 Pengertian Kompresor

Kompresor adalah alat mekanis atau elektrik yang digerakkan oleh mesin bensin atau diesel. Itu bekerja dengan meningkatkan tekanan atau kepadatan zat, seperti udara atau gas, dengan mengurangi volume zat tersebut (Klop mart, 2019).

resor

Fungsi utama kompresor adalah meningkatkan tekanan gas atau udara. Udara bertekanan ini kemudian dapat digunakan untuk berbagai keperluan.

1. Mengisi udara pada ban.
2. Menyuplai udara bersih dengan tekanan tinggi untuk mengisi *silinder* atau tabung gas.
3. Menyuplai udara untuk alat-alat *spray* atau *air brush*.
4. Menyuplai udara bersih bertekanan pada sistem kontrol *Heating, Ventilaiton, dan Air Conditioning (HVAC) pneumatic* di bangunan-bangunan perkantoran atau sekolah.

5. Menghasilkan udara bertekanan dalam volume besar untuk keperluan proses industri skala besar, contohnya sistem *purge* pada pabrik semen (Klop mart, 2019).

## 2.6 Pengertian Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti *mangan* (Mn), *silikon* (Si), *kromium* (Cr), *vanadium* (V), dan unsur lainnya (Jordi dkk., 2017).

Baja diklasifikasikan berdasarkan komposisinya yaitu besi digabungkan dengan karbon dan sejumlah elemen lainnya untuk mencapai tujuan tertentu. Empat tipe utama adalah:

### 1. Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Baja karbon adalah baja yang tidak mengandung unsur selain besi (Fe) dan karbon (C) dalam jumlah signifikan. Pada praktiknya keberadaan beberapa unsur pengotor (*impurity*) seperti mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), tembaga (Cu), dan silikon (Si) tidak bisa dihindari sepenuhnya. Namun, hal ini bisa diatasi dengan batas toleransi tertentu. Misalnya batasan untuk beberapa unsur adalah: 1,65% Mn, 0,6% Cu, 0,6% Si (Ibrahim, 2024).



Gambar 2.10 Baja karbon  
(Bigrentz, 2023)

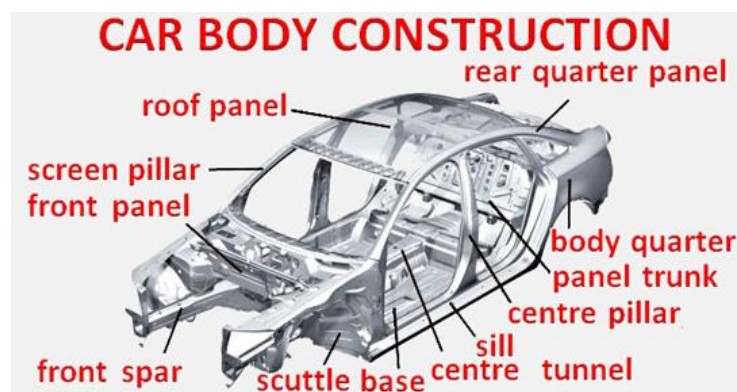
Adapun jenis-jenis baja karbon adalah sebagai berikut:

a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Kandungan karbon pada baja jenis ini relatif rendah yaitu kisaran 0.05 – 0.35%.

Tabel 2.2 Spesifikasi baja karbon rendah

<b>Baja karbon rendah</b>
0.05-0.35% karbon
Kekuatan relatif rendah
Kekerasan relatif rendah
Mudah diprosesmesinkan dan dibentuk
Minim biaya
Paling banyak diproduksi



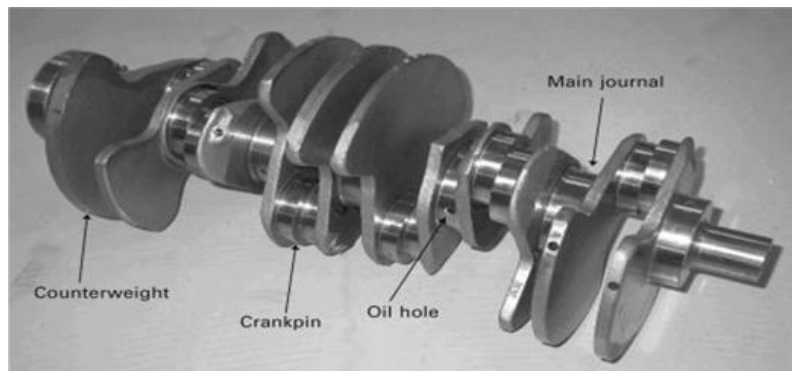
Gambar 2.11 Baja karbon rendah pada rangka mobil  
(Ibrahim, 2024)

b. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)

Adapun baja karbon menengah memiliki kandungan karbon dengan kisaran 0.35 – 0.50%.

Tabel 2.3 Spesifikasi baja karbon menengah

<b>Baja karbon menengah</b>
0.35-0.50% karbon
Keras dan kuat setelah perlakuan panas (heat-treatment)
Lebih mahal dibanding karbon rendah



Gambar 2.12 Baja karbon menengah pada *crankshaft* (Ibrahim, 2024)

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi mengandung karbon dengan kisaran 0.50->1%.

Tabel 2.4 Spesifikasi baja karbon tinggi

<b>Baja karbon tinggi</b>
0.50->1% karbon
Keras dan kuat setelah perlakuan panas (heat-treatment)
Lebih mahal dibanding karbon rendah dan menengah



Gambar 2.13 Baja karbon tinggi pada roda kereta api  
(Ibrahim, 2024)

### 1. Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Baja tahan karat memiliki kilau unik karena kromium, paduan yang membedakannya.

Namun, kromium bukan hanya bahan pewarnaan; itu meningkatkan ketahanan logam terhadap oksidasi dan mencegah karatnya, sehingga baja tahan karat biasanya memiliki kandungan kromium antara 10,5% dan 30%.

Baja tahan karat dengan kromium tinggi sering disalahartikan sebagai baja tahan karat krom karena memiliki kandungan kromium yang lebih tinggi. Baja tahan karat bagaimanapun berbeda dari krom karena mengandung kromium, nikel, dan logam lain di dalamnya. (Bigrentz, 2023)



Gambar 2.14 Baja tahan karat  
(Bigrentz, 2023)

## 2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Semua baja adalah paduan, tetapi karbon dan kromium adalah paduan khusus dengan nama yang dikaitkan dengan jenis logam yang dibentuknya. Baja paduan lainnya adalah besi yang menyatu dengan beberapa elemen lainnya, yang masing-masing memberikan karakteristik unik pada produk akhir.

Pengelompokan baja paduan mencakup berbagai jenis baja yang memiliki karakteristik yang sama. Kontainer pengiriman menghasilkan barang yang tahan lama dan tahan lama dengan menggunakan paduan kompleks berbagai komponen. Meskipun silikon tidak selalu dianggap sebagai bagian baja, sifat magnetisnya membuatnya cocok untuk sebagian besar mesin besar. Baja juga mengandung beberapa bahan yang dapat digabungkan dengan besi dan karbon untuk membuat paduan (Bigrentz, 2023).



Gambar 2.15 Baja paduan  
(Bigrentz, 2023)

## 3. Baja perkakas (*Tool Steel*)

Merupakan jenis baja karbon tinggi yang digunakan untuk membuat perkakas seperti bor, mata gergaji, dan mata perkakas. Paduan baja perkakas, yang dibuat dengan logam seperti *vanadium*, *tungsten*, dan *kromium* untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi dan keausan.

Baja perkakas menjadi sangat keras dan tahan panas karena proses pendinginan, yang menghasilkan panas yang tinggi dan mendinginkan dengan cepat sebelum kembali memanaskannya, yang membuatnya abrasif dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang buruk (Bigrentz, 2023).



Gambar 2.16 Baja perkakas  
(Bigrentz, 2023)

## 2.7 Pengertian Baja SS400



Gambar 2.17 Baja SS400  
(Jaya, 2017)

Baja SS 400 adalah jenis baja karbon yang mempunyai kadar karbon rendah yaitu dibawah 0,3 % dan mempunyai sedikit kandungan silikon. Baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh, di bidang perkapalan baja karbon rendah

merupakan bahan utama untuk pembuatan konstruksi kapal, seperti pada konstruksi lambung kapal (Julian dkk, 2019).

### 2.7.1 Spesifikasi Baja SS400

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen tersebut mengandung unsur penyusun utama besi (Fe) = 98,98%, mangan (Mn) = 0,53% yang berguna untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan, silisium (Si) = 0,09% yang berpengaruh meningkatkan kemampuan keseluruhan, tahan aus, ketahanan terhadap panas dan karat. Sedangkan unsur-unsur lain yang didapatkan yaitu: karbon (C) = 0,200%, *phospor* (P) = 0,100%, *nikel* (Ni) = 0,030%, *sulphur* (S) = 0,040%, *krom* (Cr) = 0,030%. Dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sesuai dengan kriteria baja SS 400 (*Low Carbon Steel*) (Julian dkk., 2019).

Standar nomor pengujian JIS G3101 yaitu pelat baja ss400 dan produk baja kelas lainnya diterapkan pada konstruksi struktur umum jembatan dan kapal, produk akhir selalu dipasok panas. Baja struktural karbon yang paling umum, *grade* JIS G3101 lainnya adalah SS330, SS490, dan SS540. Jenis produk terkait meliputi pelat baja, lembaran baja, bagian baja, pipa baja, dll.

Keunggulan JIS G3101 SS400 populer karena kekuatan dan ketangguhan tariknya yang tepat, plastisitas yang baik, kinerja pengelasan, dan properti pemrosesan dibandingkan dengan standar baja lainnya. Ketebalan pelat baja ini memiliki beragam ukuran mulai dari lembaran baja hingga pelat baja super berat (Steels-supplier, 2024).



Tabel 2.5 Spesifikasi komposisi kimia SS400

<b>Unsur</b>	<b>Kandungan %</b>
Fe (Ferrum /besi)	98,98
C (Carbon)	0,200
Si (Silikon)	0,09
Mn (Mangan)	0,53
P (Pospor)	0,100
S (Sulfur)	0,040
Cr (Chromium)	0,030
Ni (Nickel)	0,030

### 2.7.2 Kegunaan Baja Dalam Industri

Baja digunakan dalam berbagai aplikasi di berbagai industri. Beberapa kegunaan utama baja meliputi:

1. Konstruksi: Baja adalah bahan yang sangat umum digunakan dalam konstruksi bangunan, terutama untuk struktur besar dan berat seperti gedung pencakar langit, jembatan, dan stadion. Ini memberikan kekuatan dan ketahanan yang diperlukan dalam proyek-proyek ini.
2. Industri otomotif: Baja adalah material utama dalam industri otomotif, digunakan dalam pembuatan mobil, truk, dan sepeda motor. Ini memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap benturan dan tekanan.
3. Peralatan industri: Baja digunakan dalam berbagai peralatan industri, termasuk mesin-mesin pabrik, peralatan pertambangan, dan peralatan berat lainnya. Ini memberikan kekuatan yang diperlukan dalam lingkungan industri yang keras.

4. Pembuatan alat pertanian: Baja digunakan dalam pembuatan alat pertanian seperti traktor, alat penggilingan, dan pabrik pakan. Kekuatan dan tahan aus baja penting dalam aplikasi ini.
5. Aplikasi maritim dan penerbangan: Baja tahan karat digunakan dalam pembuatan kapal, pesawat terbang, dan komponen maritim lainnya karena ketahanan terhadap korosi. Dengan bahannya yang ringan dan kuat, bahan ini sangat cocok untuk pesawat terbang dan pesawat militer (Teknoscaff, 2023).