

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

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

*Plasma cutting* adalah teknik pemotongan logam yang efisien dan presisi, proses ini menggunakan gas yang dialirkan melalui *nozzle plasma* pada alat pemotong. Aliran gas ini kemudian diberikan arus listrik tinggi sehingga menciptakan *plasma* atau gas yang terdiri dari partikel bermuatan positif dan elektron bebas, Energi tinggi dari plasma ini kemudian digunakan untuk mencairkan dan memotong logam dengan presisi yang tinggi (Lama, 2023)

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

Adapun beberapa jenis-jenis *plasma cutting* dan kelebihanannya 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 (Administrator, 2024).



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. (Fitriyadi, 2024)

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

### 2.2.3 *Plasma Cutting Konvensional*

Pada proses *plasma arc cutting* konvensional, proses cutting dilakukan oleh gas *plasma* tunggal. Pada umumnya gas yang digunakan pada proses *plasma arc cutting* berupa *nitrogen*, *oksigen* atau campuran *hidrogen-argon* (Etsworlds, 2022)

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)

### 2.2.4 *Underwater Plasma Cutting*

*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.



Gambar 2.5 *Dual Gas Plasma Cutting*  
(Shutterstock, 2019)

### 2.2.6 CNC Plasma Cutting

*CNC Plasma cutting* merupakan sebuah mesin yang digunakan untuk memotong berbagai jenis logam atau plat atau bahan lainnya dengan tingkat akurasi yang baik. *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 (Ardiansyah, 2021).

*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)

### 2.2.7 Robotic Plasma 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.

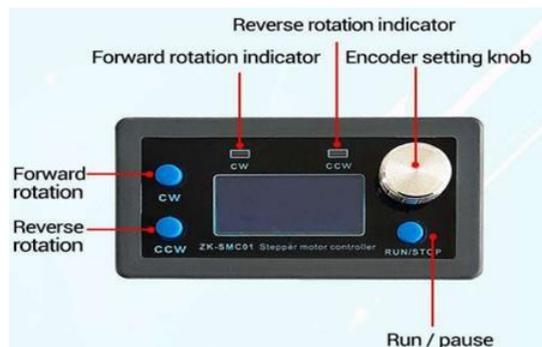
Kelebihan *robotic plasma cutting* mencakup fleksibilitas dan kecepatan dalam pemotongan bentuk yang kompleks. Penggunaan robot sangat membantu dalam meningkatkan konsistensi pemotongan dan menangani proyek-proyek dengan tingkat kerumitan yang tinggi (Lama, 2023).



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).

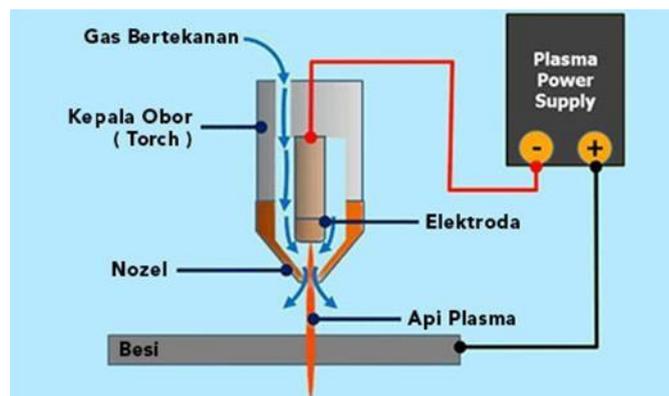


Gambar 2.8 *Motor Controller*  
(ZK-SMC01 stepper motor controller, 2024)

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 *Plasma Cutting*

#### 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, 2023).

### 2.5 Pengertian Kompresor



Gambar 2.10 Kompresor  
(Cara Mesin.Com)

Kompresor adalah alat mekanis yang digunakan untuk meningkatkan tekanan gas atau udara melalui kompresi. Kompresor digunakan dalam berbagai industri, mulai dari industri manufaktur hingga bidang medis. Kompresor memiliki banyak jenis dan fungsinya, dan dalam artikel ini, kami akan membahas jenis, fungsi, dan cara kerja dari kompresor secara lengkap (Triguna, 2023)

### 2.5.1 Fungsi Kompresor

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(Klopmart, 2019)

## 2.6 Pengertian Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.02 % hingga 1.40 % berat sesuai gradenya. Kandungan unsur kimia berikut ini selalu ada dalam baja dengan unsur *karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon*, dan sebagian kecil *oksigen, nitrogen* dan *aluminium* (Irwandi & Rohman, 2018).

## 2.7 Jenis-jenis Baja

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 2.11 Baja Karbon  
(Bigrentz, 2023)

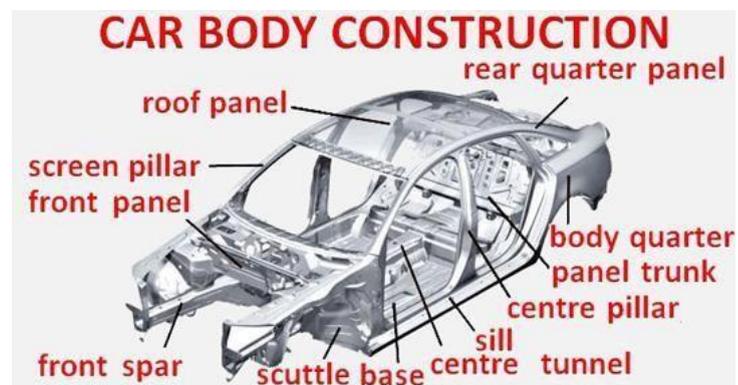
Adapun jenis-jenis baja karbon adalah sebagai berikut:

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

Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) bersifat lunak, kekuatan relatif rendah, tetapi keuletannya tinggi atau sering disebut baja lunak (*mild steel*) dengan kandungan karbon kurang dari 0,30%. Baja karbon rendah sangat luas penggunaannya sebagai baja konstruksi, rangka kendaraan, mur, baut, pipa, tangki minyak, dan lain-lain karena memiliki sifat pengerjaan yang baik seperti sifat keuletan, sifat mampu tempa, kelunakan, dan mampu mesin yang baik (Sudargo, Heru, 2011)

Tabel 2.2 Spesifikasi Baja Karbon Rendah

Baja Karbon Rendah
0.05-0.30% karbon
Kekuatan relatif rendah
Kekerasan relatif rendah
Mudah diprosesmesinkan dan dibentuk
Minim biaya
Paling banyak diproduksi



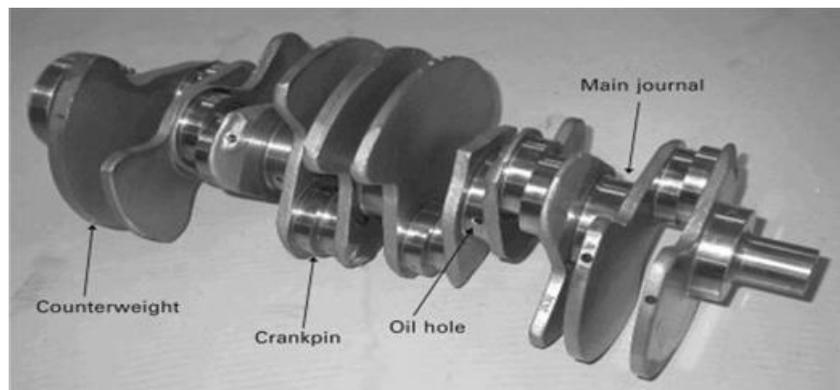
Gambar 2.12 Baja Karbon Rendah pada Rangka Mobil (Ibrahim, 2024)

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

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,30% - 0,60%. Baja karbon sedang mempunyai kekuatan yang lebih dari baja karbon rendah dan mempunyai kualitas perlakuan panas yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan (*diquenching*) dengan baik (Riadi, 2021)

Tabel 2.3 Spesifikasi Baja Karbon Sedang

Baja Karbon Sedang
0.30-0.60% karbon
Keras dan kuat setelah perlakuan panas (heat-treatment)
Kekerasan relatif Sedang
Lebih mahal dibanding karbon rendah

Gambar 2.13 Baja karbon menengah pada *crankshaft* (Ibrahim, 2024)c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,60 % C – 1,40 % C. Baja karbon tinggi digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, *milling cutter*, *reamers*, tap dan bagian-bagian yang harus tahan gesekan (Prayogi & Suhardiman, 2019).

Tabel 2.4 Spesifikasi Karbon Tinggi

Baja Karbon Sedang
0.60-1,40% karbon
Keras dan kuat setelah perlakuan panas (heat-treatment)
Lebih mahal dibanding karbon rendah dan sedang



Gambar 2.14 Baja Karbon Tinggi Pada Roda Kereta Api  
(Ibrahim, 2024)

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

Korosi adalah proses degradasi logam akibat reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya. Ini bisa terjadi karena paparan air, udara, atau zat kimia lainnya. Baja tahan korosi, atau dikenal juga sebagai *stainless steel*, adalah jenis baja yang dirancang khusus untuk mengurangi atau mencegah korosi. Ini dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan seperti *kromium*, *nikel*, dan *molibdenum* ke dalam komposisi baja, yang membentuk lapisan pelindung yang tahan terhadap korosi (Aliwafa, 2024).



Gambar 2.15 Baja tahan karat  
(Bigrentz, 2023)

## 3. 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 2.16 Baja paduan  
(Bigrentz, 2023)

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

Baja perkakas adalah baja karbon dan paduan yang paling cocok untuk pembuatan perkakas karena kekerasannya yang lebih baik, ketahanan aus, dan stabilitas dimensi pada suhu tinggi. Atribut ini membuatnya sangat cocok untuk pemotongan, pembentukan, dan pemukulan. Berbagai jumlah *mangan*, *kromium*, *vanadium*, *tungsten*, dll., biasanya terdapat dalam baja perkakas, yang meningkatkan kualitas dan fungsinya dan penting dalam peralatan presisi dan komponen mesin (Karry, 2024).



Gambar 2.17 Baja Perkakas  
(Bigrentz, 2023)

## 2.8 Pengertian Baja ST 50



Gambar 2.18 Baja ST 50

Di dunia industri, terdapat banyak sekali jenis baja, maka terdapat kode-kode untuk mengelompokkan jenis baja. Misalnya adalah baja konstruksi yang biasanya kekuatannya merupakan faktor yang paling penting, penamaannya berdasarkan kekuatannya. Pada standarisasi Jerman (DIN), baja konstruksi dinyatakan dengan huruf ST kemudian diikuti dengan angka yang menunjukkan kekuatan tarik minimum dari baja. Misalnya: Kode St 50 adalah baja berkekuatan tarik paling tidak 500 N/mm. (Edzona, 2023)

Logam Baja ST 50 merupakan unsur logam paduan berbahan dasar besi. Besi

murni merupakan sifat yang sangat kuat dan mudah berkarat, namun Tingkat keuletan yang tinggi Baja dan paduan memiliki keunggulan dapat di proses lebih lanjut agar tahan terhadap kerusakan lingkungan (Wibisono, 2018).

## **2.9 Spesifikasi Baja ST 50**

Standar Jepang (JIS) menggunakan huruf S kemudian diikuti oleh angka yang menunjukkan per seratus persen kadar karbonnya dan huruf C. Untuk baja paduan rendah DIN menyatakan suatu jenis baja dengan kode berupa angka dan huruf, diawali dua angka atau tiga angka yang menunjukkan kadar karbon dalam per seratus persen, diikuti dengan beberapa huruf yang menunjukkan nama kimia sebagai unsur paduan dan diikuti pula beberapa angka yang menunjukkan besarnya kandungan unsur-unsur paduan tersebut. Angka-angka yang menunjukkan per empat dalam bentuk persen untuk unsur paduan, yang sering digunakan dalam jumlah besar, antara lain ; Cr, Co, W, Mn, Ni, Si. Dan ada angka yang menunjukkan per sepuluh dalam persen, untuk unsur yang penggunaannya biasanya dalam jumlah kecil, yaitu diantaranya adalah ; Zr , Al, Be, Mo, Nb, Ta , Pb, Cu,, Ti, V, dan juga yang menyatakan perseratus persen bagi unsur-unsur P, S,N,dan C. Misalnya 15 Cr 3 adalah baja dengan paduan 0,15 % C dan 13 Cr Mo44 adalah baja dengan paduan 0,13 % C,Mo. 10 S 20 adalah baja dengan paduan 0,10 % C, dan 0,20 % S.(Edzona, 2023)

## **2.10 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.
5. **Alat penggilingan, dan pabrik pakan.** Kekuatan dan tahan aus baja penting dalam aplikasi ini.
6. **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).