

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Proses Pemotongan Logam

Pemotongan logam merupakan salah satu proses penting dalam industri manufaktur untuk membentuk bahan baku menjadi komponen sesuai kebutuhan. Proses pemotongan dapat dilakukan secara konvensional (misalnya gergaji potong, bor, dan frais) maupun non-konvensional (misalnya laser *cutting*, *water jet cutting*, dan plasma *cutting*). Pemilihan metode pemotongan dipengaruhi oleh ketebalan material, jenis material, tingkat presisi yang diinginkan, serta efisiensi waktu dan biaya (Irfan & Rusiyanto, 2021).

2.2 Plasma *Cutting*

Dalam industri manufaktur modern, kebutuhan akan metode pemotongan logam yang cepat, presisi, dan efisien semakin meningkat. Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah plasma *cutting*.

2.2.1 Pengertian Plasma *Cutting*

Plasma *cutting* adalah proses pemotongan logam dengan menggunakan gas terionisasi (plasma) yang dialirkan melalui *nozzle* dengan kecepatan tinggi, disertai busur listrik untuk memanaskan dan melelehkan material. Gas yang digunakan umumnya udara bertekanan, nitrogen, argon, atau campurannya. (Muhammad Rizal Afandhi, 2022)

Dibidang industri plasma *cutting* banyak digunakan untuk memotong berbagai material seperti plat besi, alumunium, baja, *stainless steel* dan plat tembaga (Maulidiansyah & Handaya, 2022). Adapun keunggulan metode ini antara lain:

- a. Kecepatan potong tinggi.
- b. Dapat memotong berbagai jenis logam.
- c. Hasil potongan relatif rapi dengan distorsi panas minimal.

2.2.2 Jenis-jenis Plasma *Cutting*

Berdasarkan prinsip kerjanya, proses plasma *cutting* memiliki beberapa varian yang dibedakan menurut jenis gas, metode pendinginan, dan kondisi lingkungan pemotongan. Setiap jenis memiliki karakteristik, keunggulan, serta keterbatasan yang berbeda, sehingga pemilihannya perlu disesuaikan dengan kebutuhan produksi dan spesifikasi material yang akan dipotong. Adapun jenis-jenis plasma *cutting* adalah sebagai berikut:

1. Air Plasma *Cutting*



Gambar 2.1 Air Plasma *Cutting*
(CruxWeld, 2018)

Air Plasma *Cutting* Air plasma *cutting* adalah salah satu metode pemotongan logam yang menggunakan gas udara sebagai medium untuk

membentuk plasma. Dalam proses ini, aliran udara bertekanan tinggi digunakan sebagai gas plasma hingga menghasilkan listrik bertekanan tinggi dan membentuk busur untuk memotong logam. Keunggulan dari air plasma *cutting* adalah biaya operasionalnya yang lebih rendah karena penggunaan udara sebagai gas plasma yang lebih murah. Meskipun akurasi tidak sebaik plasma *cutting* dengan gas inert, metode ini tetap efektif untuk pemotongan logam dalam berbagai ketebalan.

2. *Water Injection Plasma Cutting*



Gambar 2.2 *Water Injection Plasma Cutting*
(Corporation, 2021)

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 nosel 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.

3. Dual Gas Plasma *Cutting*



Gambar 2.3 Dual Gas Plasma *Cutting*
(Grup, 2023)

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.

4. Plasma *Cutting* Konvensional



Gambar 2.4 Plasma *Cutting* Konvensional
(MARIANNE, 2022)

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 biayanya 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.

5. *Underwater Plasma Cutting*



Gambar 2.5 *Underwater Plasma Cutting*
(Stuff, 2021)

Berikutnya 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 keterpengaruhan panas pada material. Proses ini juga dapat membantu dalam mengurangi suara dan getaran selama pemotongan.

2.2.3 Cara Kerja Plasma *Cutting*

Berikut ini adalah cara kerja mesin 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 kontrol 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.

2.2.4 Parameter Pemotongan pada Plasma *Cutting*

1. Kuat Arus

Kuat arus pada proses plasma *cutting* adalah besarnya arus listrik, dalam satuan ampere (A), yang mengalir dari sumber daya menuju torch plasma untuk membentuk busur listrik (*arc*) dan menghasilkan plasma panas sebagai media pemotong. Besarnya kuat arus menentukan energi panas yang dihasilkan busur plasma, sehingga berpengaruh langsung terhadap kecepatan pemotongan, kemampuan memotong material tebal, serta kualitas hasil potongan.

Pada umumnya, peningkatan kuat arus akan menghasilkan kecepatan potong yang lebih tinggi dan memungkinkan pemotongan material dengan ketebalan lebih besar. Namun, arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan lebar *kerf* bertambah, timbulnya distorsi panas, dan mempercepat keausan pada *nozzle* maupun elektroda.

Oleh karena itu, pemilihan kuat arus harus disesuaikan dengan jenis material, ketebalan, serta kualitas potongan yang diinginkan agar proses pemotongan berjalan optimal.

2. Tekanan Udara

Tekanan udara pada proses plasma *cutting* adalah besarnya tekanan gas, dalam satuan bar atau megapascal (MPa), yang dialirkan melalui torch untuk membentuk dan mempertahankan plasma serta menghembuskan logam cair keluar dari celah potongan. Tekanan udara berperan penting dalam menjaga stabilitas busur plasma, mempercepat pembuangan material cair (*molten metal*), dan mencegah terjadinya penumpukan terak (*dross*) pada permukaan potongan (Efendi, 2022).

Tekanan udara yang terlalu rendah dapat mengurangi efektivitas pembuangan material, mengakibatkan potongan menjadi tidak bersih, serta meningkatkan kemungkinan terbentuknya *dross*. Sebaliknya, tekanan udara yang terlalu tinggi dapat mengganggu kestabilan busur plasma dan memperlebar lebar *kerf*.

Oleh karena itu, pengaturan tekanan udara harus disesuaikan dengan jenis material, ketebalan, serta parameter pemotongan lainnya agar diperoleh hasil potongan yang presisi dan berkualitas tinggi.

2.3 Lebar *Kerf*

Lebar *kerf* adalah lebar material yang terbuang atau dihilangkan selama proses pemotongan. Pada plasma *cutting*, *kerf* terbentuk akibat pelelehan material oleh plasma panas dan pembuangan material cair oleh aliran gas bertekanan. Lebar *kerf* menjadi salah satu parameter penting dalam menilai kualitas hasil pemotongan, karena:

1. Presisi Dimensi

Lebar *kerf* mempengaruhi ukuran akhir komponen; *kerf* yang terlalu besar dapat menyebabkan deviasi dimensi dari ukuran yang direncanakan.

2. Efisiensi Material, semakin kecil *kerf*, semakin sedikit material yang terbuang.

3. Kualitas Tepi Potongan

Lebar *kerf* berhubungan dengan kebersihan tepi potongan dan jumlah *dross* yang terbentuk.

Menurut Rahmawati et al. (2019), lebar *kerf* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Kuat arus

Arus tinggi menghasilkan panas lebih besar sehingga dapat memperlebar *kerf*.

2. Tekanan udara

Tekanan yang terlalu tinggi dapat memperlebar *kerf*, sedangkan tekanan rendah dapat membuat potongan tidak bersih.

3. Kecepatan pemotongan

Kecepatan rendah memberi waktu lebih lama bagi plasma untuk melelehkan material, sehingga *kerf* lebih lebar.

4. Jenis dan ketebalan material

Material tebal atau konduktivitas termal tinggi cenderung memerlukan energi lebih besar yang dapat mempengaruhi lebar *kerf*.

5. Jenis gas plasma

Sifat termal dan tekanan gas berbeda akan menghasilkan *kerf* yang berbeda pula.

Secara umum, nilai ideal lebar *kerf* untuk pemotongan presisi menggunakan plasma *cutting* adalah sekecil mungkin namun tetap memungkinkan pemotongan sempurna sesuai spesifikasi. Pemilihan parameter pemotongan yang tepat (arus, tekanan, kecepatan) menjadi kunci untuk mengontrol lebar *kerf* agar diperoleh hasil potongan yang rapi, presisi, dan efisien dalam penggunaan material.

2.4 Baja ST 50

Baja ST 50 merupakan jenis baja struktural yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi teknik, terutama untuk komponen yang membutuhkan kekuatan dan kekerasan sedang. Baja ST 50 adalah baja yang digunakan dalam industri baja dan mesin perkakas baja, ST merupakan singkatan dari *Stell* (baja) dan angka di belakangnya menunjukkan kekuatan Tarik maksimumnya ($\pm 50 \text{ kg/mm}^2$).

Baja ST 50 memiliki sifat mekanik yang baik, meliputi kekuatan, keuletan, dan kemudahan pengerjaan. Baja ST 50 ini digunakan pada konstruksi, industri otomotif, peralatan industri, dan pembuatan komponen mesin. Sifatnya yang kuat membuatnya cocok untuk komponen struktural, namun memerlukan metode pemotongan yang tepat agar hasilnya optimal (Saputra & Tyastomo, 2020).

2.5 Peralatan Pengujian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa peralatan pengujian yang berfungsi mendukung proses pemotongan serta pengukuran hasilnya. Peralatan tersebut dipilih berdasarkan kemampuan dan spesifikasinya agar sesuai dengan kebutuhan eksperimen.

1. Kompresor

Kompresor adalah alat atau mesin yang berfungsi untuk meningkatkan atau menempatkan fluida gas (tekanan udara). Agar kompresor dapat beroperasi, diperlukan bahan bakar atau Listrik.

Adapun fungsi utama kompresor adalah meningkatkan tekanan gas atau udara. Udara bertekanan ini kemudian dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti yang disebutkan di atas,

a. Menyimpan udara bertekanan

Tanki penyimpanan kompresor digunakan untuk menyimpan udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor.

b. Mendistribusikan udara bertekanan

Udara bertekanan dapat didistribusikan ke berbagai lokasi melalui pipa dan selang.

c. Mengontrol tekanan udara

Kompresor dilengkapi dengan pengatur tekanan yang digunakan untuk mengontrol tekanan udara yang keluar dari kompresor (Efendi, 2022)