

ANALISIS EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN *CUT QUALITY* HASIL *PLASMA CUTTING* MENGGUNAKAN VARIASI *CUTTING SPEED*

Ita Wijayanti^{1*}, Mutiarani², Novebriantika², Domi Kamsyah³, Meschac Timothee Silalahi⁴, Yusuf Nurhuda⁵, Veryawan Nanda Perkasa⁵, Yogi Satrio Putro¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

² Program Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, Politeknik Negeri Batam

³ Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara, Politeknik Negeri Batam

⁴ Program Studi Teknologi Rekayasa Metalurgi, Politeknik Negeri Batam

⁵ Program Studi Teknologi Rekayasa dan Konstruksi Kapal, Politeknik Negeri Batam

*Corresponding author: ita.wijayanti@polibatam.ac.id

Article history

Received:

20-03-2025

Accepted:

05-06-2025

Published:

30-06-2025

Copyright © 2025
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Dalam fabrikasi logam, *plasma cutting* sangat penting karena menawarkan hasil potongan yang presisi, efisien dan fleksibel. Salah satu parameter kritis dalam *plasma cutting* yaitu *cutting speed*. Tujuan penelitian ini yaitu membandingkan kualitas hasil potong (*cut quality*) pada material *mild steel* dengan ketebalan 8 mm. Variasi *cutting speed* yang diteliti meliputi 3000 mm/min, 4000 mm/min, 5000 mm/min, dan 6000 mm/min. Pengamatan *cut quality* dilakukan secara visual dan pengukuran kedalaman hasil potongan menggunakan *vernier caliper*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada parameter *cutting speed* 3000 mm/min menghasilkan *cut quality* terbaik. Pada variasi *cutting speed* yang rendah menghasilkan *cut quality* yang baik karena plasma memiliki waktu yang cukup untuk penetrasi dan memotong material dengan bersih.

Kata Kunci: *Plasma Cutting, Cutting Speed, Cut Quality, Mild Steel*

Abstract

In metal fabrication, plasma cutting is essential because it offers precise, efficient, and flexible results. One of the critical parameters in plasma cutting is the cutting speed. This study compares the cut quality of mild steel material with a thickness of 8 mm. The variations of the cutting speed studied were 3000 mm/min, 4000 mm/min, 5000 mm/min, and 6000 mm/min. Observation of cut quality is conducted visually, and the depth of the cut is measured using a vernier caliper. The observations show that the best cut quality is achieved at a 3000 mm/min cutting speed parameter. Good cut quality is produced at lower cutting speed variations because the plasma has enough time to cleanly penetrate and cut the material.

Keywords: *Plasma Cutting, Cutting Speed, Cut Quality, Mild Steel*

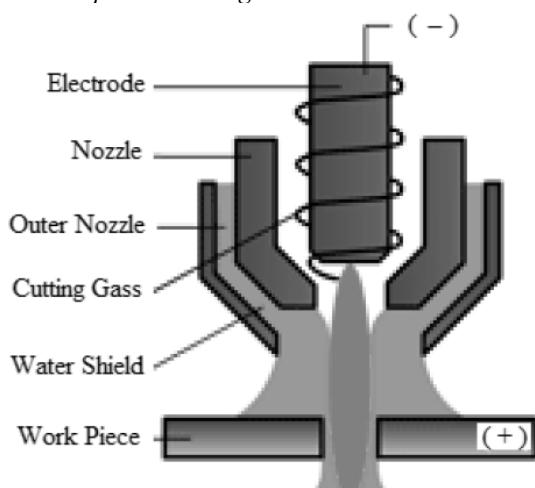
1.0 PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur, *material separation* merupakan proses yang krusial karena berpengaruh terhadap efisiensi, tingkat presisi, biaya, serta kualitas produksi. *Material separation* secara umum dikelompokkan menjadi dua yaitu *mechanical* dan *thermal*. Contoh *mechanical separation* pada suatu material yaitu *sawing* dan *shearing*. Pada praktik industri, *thermal separation* terbagi menjadi tiga metode dasar yang terdiri atas *thermal cutting* menggunakan oksigen, plasma, dan laser [1]. Aplikasi *thermal separation* secara umum dapat diterapkan pada berbagai jenis bahan struktural diantaranya baja nonpaduan dan baja paduan

rendah, baja paduan tinggi dan paduan berbasis nikel, logam *non-ferrous* dan paduannya, serta bahan nonlogam.

Salah satu metode *thermal separation* dalam teknologi nonkonvensional untuk logam konduktif yaitu *plasma cutting*. *Plasma cutting* digunakan secara luas dalam industri otomotif, konstruksi, fabrikasi logam, *aerospace*, pembuatan kapal, serta *repair/maintenance*. Keunggulan penggunaan teknologi nonkonvensional *plasma cutting* dalam pemotongan material antara lain hasil potongan (*cut quality*) yang berkualitas, biaya yang efisien, dan dapat digunakan dalam berbagai jenis material dan konfigurasi geometri.

Proses pemotongan material dengan *plasma cutting* menggunakan aliran energi gas terionisasi yang terdisosiasi (plasma) [2]. Prinsip dasar *plasma cutting* yaitu busur yang terbentuk antara elektroda dan benda kerja akan dikonstriksi oleh *nozzle* meningkatkan suhu dan kecepatan plasma yang keluar dari *nozzle*. Aliran gas plasma akan meningkat selama pemotongan sehingga terjadi penetrasi kemudian semburan plasma akan memotong material dan material cair dihilangkan dalam aliran plasma [3]. Terdapat lima fase *plasma cutting* menurut [4]. Fase pertama yaitu gas *inlet* menuju *torch* akan terbuka, hal ini bertujuan untuk menstabilkan kecepatan gas. Fase kedua, aktivasi sirkuit frekuensi tinggi yang menghasilkan terbentuknya sebuah busur elektrik antara *nozzle* dan elektroda. Gas yang melalui busur akan terionisasi dan menciptakan lingkungan yang konduktif antara material dan *torch*. Gas yang mengalir ini akan menyebabkan busur secara bertahap dipindahkan ke material yang dipotong dan menghasilkan busur plasma. Pada fase ketiga, segera setelah aliran arus melewati material yang dipotong, sirkuit frekuensi tinggi akan terputus, ionisasi gas yang mengalir dipertahankan menggunakan busur plasma. Selanjutnya di fase keempat, material yang dipotong akan meleleh dan ditutup oleh aliran gas. Di tahap terakhir atau fase kelima, saat busur plasma padam, gas masih mengalir untuk beberapa waktu tertentu. Hal ini bertujuan untuk mendinginkan *torch* sehingga elemen bisa digunakan dalam jangka waktu yang lama. Pada Gambar 1 ditampilkan gambaran visual mekanisme *plasma cutting*.



Gambar 1: Mekanisme *Plasma Cutting* [5]

Parameter yang berpengaruh dalam *plasma cutting* diantaranya yaitu *cutting speed*, *cutting current*, *standoff*, serta tekanan dan aliran plasma [2], [6], [7].

Parameter *cutting speed* merupakan parameter penting dalam pemotongan material menggunakan *plasma cutting* karena berpengaruh langsung terhadap *cut quality* dan produktivitas. Penggunaan *cutting speed* yang tinggi mampu meningkatkan produktivitas secara keseluruhan namun dapat berdampak negatif pada *cut quality*. Pada material stainless steel, permukaan material hasil pemotongan *plasma cutting* semakin kasar saat laju *cutting speed* ditingkatkan [8]. Pada penelitian [9], mekanisme pembentukan geometri *kerf* dipengaruhi oleh *cutting speed* dan *arc voltage*, pengurangan laju *cutting*

speed mampu mengurangi *waviness* pada permukaan hasil potong. *Cutting speed* memberikan pengaruh yang lebih signifikan dibandingkan parameter arus pada kekasaran permukaan material baja AISI 4140 [10]. Saat laju *cutting speed* meningkat seiring dengan semakin tebal suatu material maka akan berpengaruh signifikan terhadap *material removal rate* (MRR) pada material AISI SS 304 [11]. *Cut quality* hasil *plasma cutting* tergantung pada *arc voltage*, *arc current*, *standoff distance*, tekanan gas, *gas flow rate*, dan *cutting speed* [12].

Penelitian Bhowmick et. al. membandingkan hasil *plasma cutting* pada mild steel dan stainless steel, dengan fokus pada parameter seperti *cutting speed* dan arus. Bhowmick juga membahas komposisi kimia mild steel (kandungan karbon rendah, sekitar 0.05-0.25%) yang memengaruhi konduktivitas termal dan titik leleh, sehingga memudahkan penetrasi plasma dibandingkan material lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Komposisi kimia mild steel, dengan kandungan karbon rendah, menghasilkan konduktivitas termal yang tinggi, memungkinkan penetrasi plasma yang lebih efektif selama pemotongan [10]. Sedangkan, dalam eksperimen Gostimirovic et al, menganalisis kualitas potongan plasma pada mild steel, dengan penekanan pada sifat material seperti kekerasan dan konduktivitas termal. Mild steel memiliki kekerasan yang relatif rendah (sekitar 120-150 HB), yang meminimalkan resistensi terhadap aliran plasma, tetapi juga dapat menyebabkan pembentukan dross jika parameter seperti *cutting speed* tidak optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan rendah *mild steel* memfasilitasi pemotongan plasma, namun dapat meningkatkan risiko dross pada kecepatan potong yang tinggi.

Penelitian mengenai identifikasi parameter yang berpengaruh terhadap kualitas pemotongan menggunakan *plasma cutting* telah banyak dilakukan namun penelitian menggunakan material dengan ketebalan plat 8 mm belum banyak. Ketebalan material plat yang akan dipotong menjadi tantangan teknis dalam penentuan parameter *plasma cutting*. Semakin tebal material yang akan dipotong membutuhkan penyesuaian parameter agar mendapatkan hasil potongan yang sempurna [13].

Penentuan besaran parameter *cutting speed* dalam pemotongan sebuah material menggunakan *plasma cutting* harus dilakukan dengan cermat. Hal ini karena parameter *cutting speed* sangat berpengaruh terhadap produktivitas dan kualitas. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan *cut quality* hasil pemotongan menggunakan CNC *plasma cutting* pada beberapa variasi *cutting speed*. Variasi *cutting speed* yang diamati meliputi 3000 mm/min, 4000 mm/min, 5000 mm/min, dan 6000 mm/min. Material yang diteliti merupakan material *mild steel* dengan ketebalan 8 mm.

2.0 METODE

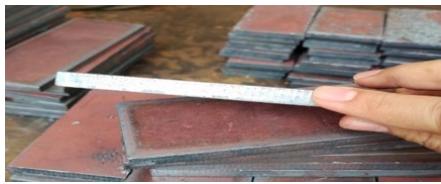
Pada penelitian ini, material yang diamati yaitu material *mild steel* dengan ketebalan 8 mm (Gambar 3). Pada Gambar 2 ditampilkan mesin CNC *plasma cutting* yang digunakan. *Nozzle* yang dipakai selama pengamatan ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 2: Mesin CNC *Plasma Cutting*



Gambar 3: *Nozzle*



Gambar 4: Material *mild steel* 8mm

Pasokan gas untuk mesin CNC *plasma cutting* berasal dari udara dengan gas plasma yang digunakan adalah oksigen dan menggunakan nitrogen sebagai gas pelindungnya. Tekanan gas selama proses *plasma cutting* yaitu $6,2 \pm 0,7$ bar (90 ± 10 psig). Pada Tabel 1 ditampilkan parameter selama proses *plasma cutting* yang mengacu pada [14].

Tabel 1: Parameter selama *Plasma Cutting* [9]

| Parameter | Value |
|--------------------------------------|----------------------|
| Tebal Material | 8 mm |
| Plasma Gas Pressure (TEST/RUN) (psi) | 72 SCFH |
| Shield Gas Pressure (psi) | 280 SCFH |
| Torch-to-work distance | 3 mm |
| Arc voltage | 125 V |
| Travel speed | 120 ipm 300 m/min |
| Approx. motion delay time | 0.5 |

Pengamatan dilakukan dengan membandingkan *cut quality* pada material *mild steel* 8mm dengan variasi *cutting speed* 3000 mm/min, 4000 mm/min, 5000 mm/min, dan 6000 mm/min. Penentuan variasi *cutting speed* ini disesuaikan dengan rentang yang sering digunakan selama *plasma cutting*. Pengamatan *cut quality* dilakukan melalui pengamatan visual serta diukur kedalaman pemotongan hasil *plasma cutting*. Kedalaman pemotongan diukur menggunakan vernier caliper. *Cut quality* yang bagus memiliki kriteria terpotong hingga tembus (terpotong sempurna/ 100% dan tidak ada *dross* (sisa) yang ditunjukkan dengan permukaan potong yang

halus tidak ada gelombang (*waviness*). Kriteria material terpotong sempurna menjadi penting karena mampu meminimalisir *rework* maupun penurunan produktivitas.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan terhadap *cut quality* hasil *plasma cutting* pada tiap variasi *cutting speed* (cs) dibandingkan. Pada Gambar 4 ditampilkan penampakan visual *mild steel* 8 mm pada bagian *top surface*. Hasil menunjukkan bahwa pada variasi 3000 mm/min (cs) dan 4000 mm/min (cs) hasil potongan tidak muncul *waviness*. Pada variasi 5000 mm/min (cs) area *waviness* muncul sedikit namun pada *cutting speed* 6000mm/min sepanjang area pemotongan muncul *waviness*. Area *waviness* menunjukkan bahwa potongan material menghasilkan *dross* sehingga hasil potongan material memiliki permukaan yang kasar dan bergelombang. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian [13] yang menyebutkan bahwa semakin tinggi kecepatan *cutting speed* akan menghasilkan *dross* dan hasil potongan yang tidak sempurna. Hal ini terjadi karena plasma tidak memiliki waktu yang cukup untuk melakukan penetrasi ke dalam material sehingga menghasilkan potongan yang tidak bersih (muncul *dross*).

Pada Gambar 6 ditampilkan hasil potong material pada *bottom surface*. Pada perlakuan *cutting speed* 3000mm/min menghasilkan hasil potongan yang tembus (100%) terpotong, sedangkan pada variasi yang lainnya tidak tembus. Kedalaman hasil potong antar variasi berbeda-beda. Pada Tabel 2 ditampilkan persentase hasil potong dari tiap variasi.



Gambar 5: *Top surface* (kiri) dan
Gambar 6: *Bottom surface* (kanan)

Keterangan:

Cs_1 =variasi *cutting speed* 3000mm/min;
 Cs_2 =variasi *cutting speed* 4000mm/min;
 Cs_3 =variasi *cutting speed* 5000mm/min;
 Cs_4 =variasi *cutting speed* 6000mm/min

Tabel 2: Perbandingan Hasil Potong Tiap Variasi

| Parameter | Cutting Speed (mm/min) | | | |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 |
| Depth of Cut (mm) | 8.0 | 7.7 | 5.0 | 2.0 |
| Percentage of cut (%) | 100.00 | 96.25 | 62.50 | 25.00 |

Pada variasi *cutting speed* 4000 mm/min, 5000mm/min, dan 6000mm/min menghasilkan hasil potongan yang tidak sempurna (tidak tembus). Pemotongan material menggunakan *plasma cutting* tidak menghasilkan dinding area potong yang lurus vertikal. Lebar *kerf* (jarak antara dua permukaan potong yang dipisahkan *cut slot*) pada *top surface* akan lebih lebar dibandingkan dengan *bottom surface*. Kemiringan ini disebut sebagai sudut bevel. Semakin rendah *cutting speed* maka sudut bevel akan makin kecil. Fenomena hasil potongan yang tidak sempurna ini terjadi karena transfer panas pada area *top surface* dan *bottom surface* tidak sama. Adanya lapisan lelehan logam diantara logam padat dan plasma menyebabkan transfer panas menurun sehingga menurunkan efektivitasnya [2]. Semakin mendekati *bottom surface*, lelehan logam akan semakin menumpuk sehingga transfer panas menjadi tidak sama dengan yang ada di *top surface*. Karena adanya penumpukan ini mengakibatkan pemotongan menjadi tidak efektif (tidak tembus). Hasil potongan yang tidak sempurna akan berakibat pada kebutuhan *rework* atas suatu material. Adanya *rework* menyebabkan produktivitas menurun.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa untuk *mild steel* dengan ketebalan 8 mm parameter *cutting speed* yang menghasilkan hasil potongan terbaik yaitu pada variasi 3000 mm/min. Hal ini disebabkan pada 3 variasi lainnya, hasil potongan tidak sempurna dan beberapa menunjukkan keberadaan sisa hasil potongan (*dross*). Saat menentukan parameter *cutting speed*, dibutuhkan kecermatan karena mempengaruhi kualitas dan produktivitas. Pada *cutting speed* yang tinggi, produktivitas akan meningkat karena mampu menurunkan waktu produksi namun berpotensi menambah *material waste*. Hal ini karena pada kecepatan tinggi, peluang terjadinya *miscuts* semakin tinggi sehingga material menjadi tidak berguna. Pada *cutting speed* yang rendah kemungkinan terbentuknya panas yang berlebihan sehingga menimbulkan distorsi maupun deformasi material. Penggunaan *cutting speed* yang rendah dapat menurunkan kemungkinan *material waste* karena hasil potong menjadi lebih presisi namun hal ini sangat berpengaruh pada produktivitas secara keseluruhan. Oleh karena itu diperlukan *cutting speed* yang optimal agar mampu mencapai keseimbangan antara produktivitas dan kualitas hasil akhir.

4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan didapatkan hasil bahwa semakin besar *cutting speed* yang digunakan dalam proses *plasma cutting* maka *cut quality* akan makin menurun. Penurunan *cut quality* pada *cutting speed* yang

semakin besar ditandai adanya *waviness* serta material yang tidak terpotong sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Kolarikova, L. Kolařík, T. Panáček, J. Králíček, M. Kučera and T. Gurčík, "Influence of Cutting Parameters and Plasma Cutting Mode on Cutting Quality and Process Noise," *MANUFACTURING TECHNOLOGY*, vol. Vol. 20 No. 6, no. December 2020, pp. 771-776, 2020.
- [2] V. A. Nemchinsky and W. S. Severance, "What we know and what we do not know about plasma arc cutting," *J. Phys. D: Appl. Phys.*, no. 39, pp. 423-438, 2006.
- [3] K. Patel and D. P. Agarwal, "Effect of process parameters on cut quality of stainless steel of plasma arc cutting using hybrid approach," *International Journal of Metal Removal Rate of Structural Steel*, vol. 4, no. 5, pp. 418-426, 2017.
- [4] L. Kudrna, J. Fries and M. Merta, "Influences on plasma cutting quality on CNC machine," *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, vol. 2(1), pp. 108-117, 2019.
- [5] J. Kechagias, M. Petousis, N. Vidakis and N. Mastorakis, "Plasma Arc Cutting Dimensional Accuracy Optimization," in *ITM Web of Conference 9, 03004*, 2017.
- [6] S. Ilie, M. Coteata and A. Munteanu, "Experimental results concerning the variations of surface roughness parameter (ra) at plasma arc cutting of a stainless steel workpiece," *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, vol. II, no. 1, pp. 31-36, 2010.
- [7] M. R. D. S. M. A. A. Gostimirović, "An experimental analysis of cutting quality in plasma arc machining," *Advanced Technologies & Materials*, vol. 45, no. 1, pp. 18-23, 2020.
- [8] S. Masoudi, M. Mirabdolahi, M. Dayyani, F. Jafarian, A. Vafadar and M. R. Dorali, "Develop an intelligent model to optimise heat-affected zones, kerfs, and roughness in 309 stainless steel plasma cutting by using experimental results," *Materials and manufacturing processes*, vol. 34, no. 3, pp. 345-356, 2019.
- [9] R. Bini, B. M. Colosimo, A. E. Kutlu and M. Monno, "Experimental study of the features of the kerf generated by a 200 A high tolerance plasma arc cutting system," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 196, no. (1-3), pp. 345-355, 2008.

- [10] C. Ozek, U. Caydas and E. Unal, "A fuzzy model for predicting surface roughness in plasma arc cutting of AISI 4140 steel," *Mater Manuf Process*, vol. 27, pp. 95-102, 2012.
- [11] S. Bhowmick, J. Basu, G. Majumdar and A. Bandyopadhyay, "Experimental study of plasma arc cutting of AISI 304 stainless steel," *Mater Today Proc*, vol. 5, pp. 4541-4550, 2018.
- [12] S. S. Pawar and K. H. Inamdar, "Factors affecting quality of plasma arc cutting process: A review.," *International Journal of Advanced Engineering and Technology Science*, pp. 4-12, 2016.
- [13] M. Gostimirović, D. Rodić, M. Sekulić and A. Aleksić, "An experimental analysis of cutting quality in plasma arc machining," *Advanced Technologies & Materials*, vol. 45, no. 1, pp. 1-8, 2020.
- [14] S. B. J. M. G. & B. A. Bhowmick, "Experimental study of plasma arc cutting of AISI 304 stainless steel and mild steel," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 2, pp. 4541-4550, 2018.