

PENGARUH TEKANAN GAS PADA PROSES PEMOTONGAN BAJA ST37 DENGAN METODE PLASMA CUTTING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN TOPOGRAFI PERMUKAAN

Fajar Prasetya Utama; Bambang Waluyo Febriantoko
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter tekanan gas pada proses pemotongan baja ST37 dengan metode *plasma cutting* terhadap kekasaran permukaan dan topografi permukaan. Parameter variasi tekanan gas yang digunakan adalah 4 bar, 4,5 bar dan 5 bar. Proses Penelitian yang akan dilakukan meliputi beberapa pengujian yaitu dengan pengujian kekasaran permukaan dan pengujian topografi permukaan. Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat Mitutoyo SJ-210 *Surface Roughness Tester* dan pengujian topografi permukaan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil pengujian kekasaran permukaan menunjukkan variasi tekanan gas 4,5 bar menghasilkan nilai kekasaran terkecil, diikuti dengan variasi tekanan gas yang lain. Hasil topografi permukaan menunjukkan variasi tekanan gas 4,5 bar memiliki warna topografi yang lebih rata ditunjukkan dengan satu warna yang dominan dibandingkan variasi tekanan gas 5 bar yang memiliki perbedaan warna yang lebih signifikan. Hasil tersebut menunjukkan variasi tekanan gas 4,5 bar memiliki topografi permukaan paling halus dibandingkan parameter tekanan gas yang lain.

Kata Kunci: Baja ST37, *Plasma Cutting*, Kekasaran Permukaan, Topografi Permukaan

Abstract

This research aims to determine the effect of gas pressure parameters in the ST37 steel cutting process using the plasma cutting method on surface roughness and surface topography. The gas pressure variation parameters used are 4 bars, 4.5 bars and 5 bars. The research process that will be carried out includes several tests, namely surface roughness testing and surface topography testing. Surface roughness testing was carried out using a Mitutoyo SJ-210 Surface Roughness Tester and surface topography using a Scanning Electron Microscopy (SEM). The surface roughness test results show that a variation of 4.5 bars produces the smallest roughness value, followed by other variations. The surface topography results show that the 4.5 bars variation has a more even topographic color compared to the 5 bars variation which has a significant color difference. The results show that the 4.5 bars variation has the smoothest surface roughness compared to the other parameters.

Keywords: ST37 Steel, Plasma Cutting, Surface Roughness, Surface Topography

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri yang semakin maju mendorong para pelaku di dunia industri meningkatkan efisiensi dan efektifitas produksi. Semakin canggihnya alat akan mendorong proses produksi yang ada di dunia industri menjadi lebih maksimal. Salah satu teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas produksi di dunia industri yaitu *plasma cutting*. *Plasma cutting* merupakan proses pemotongan material benda kerja dengan memanfaatkan panas dari plasma. Plasma dihasilkan dari gas yang terkompresi menjadi penghantar listrik

penghantar listrik yang kemudian dialirkan menuju busur *wolfram* dengan suhu tinggi untuk memotong material yang umumnya adalah logam (Akhmad, 2008).

Seiring perkembangan teknologi, mesin *plasma cutting* yang dahulu digerakkan secara manual digantikan dengan mesin plasma cutting yang dikendalikan menggunakan sistem CNC (*Computer Numerical Control*). Perubahan ini bertujuan untuk memperoleh hasil yang lebih stabil dan konstan dibandingkan proses manual. Prinsip kerja CNC adalah membaca koordinat jarak suatu objek 2D atau 3D menjadi perintah *G-Code* dengan bantuan computer, dimana perintah tersebut akan menggerakkan motor sehingga dapat bergerak sesuai dengan koordinat objek tersebut. Penggunaan sistem CNC pada proses plasma cutting tentunya akan membantu para pelaku dunia industri mendapatkan hasil yang lebih maksimal dengan akurasi yang baik (Amri dan Sumbodo, 2018).

Untuk mendapatkan hasil pemotongan menggunakan *plasma cutting* yang baik ada beberapa faktor yang harus terpenuhi diantaranya yaitu kuat arus, tekanan udara, tinggi *torch*, dan kecepatan potong. Beberapa hal tersebut harus sesuai supaya hasil pemotongan *plasma cutting* bisa maksimal. Faktor-faktor tersebut saling berkaitan satu sama lain, jadi semua faktor yang mempengaruhi hasil pemotongan harus diatur sesuai kebutuhan pemotongan. Setelah dilakukan pemotongan akan dilakukan proses pendinginan menggunakan beberapa media seperti air, *coolant*, dan oli. Masing-masing media memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri.

Berdasarkan uraian diatas penulis akan melakukan penelitian “Pengaruh Tekanan Gas pada Proses Pemotongan Logam dengan Metode *Plasma Cutting*”.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini menggunakan material pemotongan baja ST 37 dengan ukuran 500 mm x 100 mm x 2mm. Parameter yang digunakan adalah tekanan gas dengan 3 variasi parameter yaitu 4 bar, 4,5 bar dan 5 bar. Untuk parameter yang lain seperti ketinggian *torch*, kecepatan pemotongan, diameter *nozzle*, dan arus listrik pada parameter konstan. Pemotongan dilakukan sebanyak 15 kali dengan bentuk persegi panjang dengan masing-masing 5 spesimen uji untuk tiap variasi tekanan gas, hal ini bertujuan agar mendapatkan nilai yang lebih akurat.

Tahapan penelitian dimulai dengan melakukan konsultasi, studi literatur, persiapan alat dan bahan, pembuatan desain spesimen, dan pengaturan program CNC. Kemudian, melakukan pemotongan specimen dengan variasi ketinggian tekanan udara 4 bar, 4,5 bar dan 5 bar. Kemudian, dilanjutkan dengan pengujian kekasaran dan topografi permukaan pada

masing-masing spesimen. Tahapan terakhir dengan melakukan pengambilan data, serta analisis dan kesimpulan.

2.1 Pemotongan Logam

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Selain itu Proses pemotongan logam merupakan kegiatan terbesar yang dilakukan pada industri manufaktur, proses ini mampu menghasilkan komponen yang memiliki bentuk yang kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi tinggi. Prinsip pemotongan logam dapat didefinisikan sebagai sebuah aksi dari sebuah alat potong yang dikontakkan dengan sebuah benda kerja untuk membuang permukaan benda kerja tersebut dalam bentuk geram. Meskipun definisinya sederhana akan tetapi proses pemotongan logam adalah sangat kompleks (Priambodo, 1981).

2.2 Plasma Arc Cutting

Plasma Arc Cutting adalah proses yang digunakan dalam memotong logam dimana memanfaatkan energi plasma yang keluar dari *torch* plasma yang ditekan keluar dengan kecepatan tinggi. Plasma memiliki suhu yang sangat tinggi sehingga mampu melelehkan logam hingga terpotong (Singh, 2011).

Seiring berkembangnya teknologi mesin *plasma cutting* yang semula digerakkan secara manual dapat dimodifikasi agar pergerakannya lebih stabil dan konstan, yaitu dengan menggunakan sistem CNC. Prinsip kerja CNC adalah membaca koordinat jarak suatu objek 2D atau 3D menjadi perintah *G-Code* dengan bantuan komputer, dimana perintah tersebut akan menggerakkan motor sehingga dapat bergerak sesuai dengan koordinat objek tersebut. *Plasma cutting* non-konvensional sudah menjadi inovasi penting dalam dunia industri. Inovasi ini tentunya akan sangat membantu untuk memperoleh hasil akhir yang maksimal terutama dalam akurasi pemotongan logam. (Amri dkk., 2018).

2.3 CNC (Computer Numerically Controlled)

Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (accurate), ketepatan (precision), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC.

Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (Data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai standart ISO. Numerical Control (NC) adalah suatu format berupa program

otomasi dimana tindakan mekanik dari suatu alat-alat permesinan atau peralatan lain dikendalikan oleh suatu program yang berisi data kode angka. Data alphanumerical menghadirkan suatu instruksi pekerjaan untuk mengoperasikan mesin tersebut. (Rochim, 1993)

2.4 Pengujian Kekasaran Permukaan

Berdasarkan ISO 1302-1978 arti dari kekasaran permukaan yaitu penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi tersebut digunakan untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan. Dalam industri, kebutuhan setiap perusahaan berbedabeda tergantung kebutuhan dari perusahaan tersebut. Nilai kekasaran permukaan memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda-beda. Dimana berdasarkan ISO, nilai kualitas kekasaran permukaan dapat diklasifikasikan dari nilai yang paling rendah adalah N1 dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μ m hingga nilai kekasaran permukaan yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) 50 μ m.

Tabel 1. Nilai toleransi harga kekasaran rata-rata (Ra) menurut Munadi (1980)

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μ m)	Harga Ra (μ m)	Toleransi $N^{+50\%}_{-25\%}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02 – 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 – 0.08	
N3	4	0.0	0.08 – 0.15	0.25
N4	8	0.2	0.15 – 0.3	
N5	16	0.4	0.3 – 0.6	
N6	32	0.8	0.6 – 1.2	
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	2.5
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	8

Ada beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan kekasaran permukaan, antara lain:

1. Kekasaran Rata-rata Aritnetis (*Mean Roughness Indec/Center Line Average, CLA*), Ra

Kekasaran rata-rata merupakan harga-harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

$$Ra = \frac{1}{5} \int_0^5 hi^2 \cdot dx(\mu m) \dots \dots \dots (2-1)$$

Menentukan kekasaran rata-rata (Ra) dapat pula dilakukan secara grafis. Adapun caranya adalah sebagai berikut :

- Pertama, gambar sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran yaitu garis X – X yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam.

- Kedua, ambil beberapa sampel panjang pengukuran sepanjang L yang memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.
- Ketiga, ambil luasan daerah A di bawah kurva dengan menggunakan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center C – C terhadap garis X – X secara tegak lurus yang besarnya adalah :

$$Hm = \frac{\text{Daerah A}}{L} \dots\dots\dots(2-2)$$

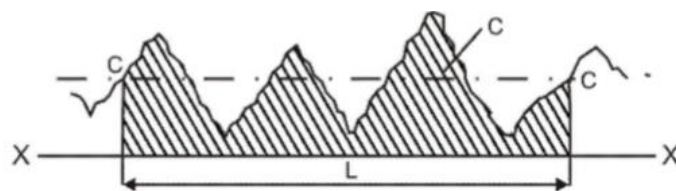
- Keempat, sekarang didapat garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luasan daerah di atas (P1+ P2+P3+ ... dan seterusnya) dan luasan daerah di bawah (Q1+ Q2 +Q3+ ... + dan seterusnya). Dengan demikian maka Ra dapat ditentukan besarnya yaitu :

$$Ra = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} + \frac{1000}{V_v} (\mu m) \dots\dots\dots(2-3)$$

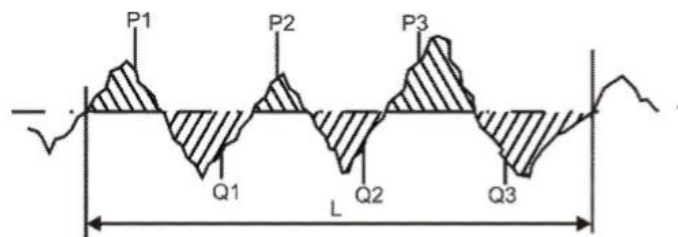
Dimana:

Vv = perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam mm

L = panjang sampel pengukuran dalam mm



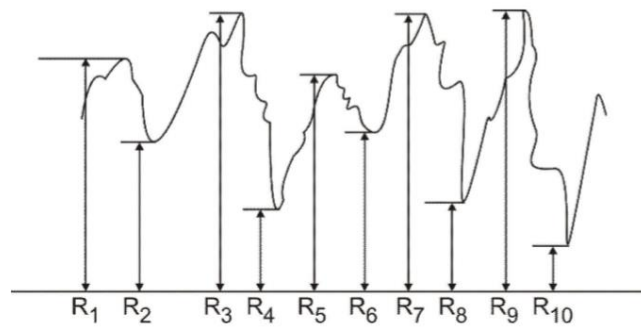
Gambar 1. Garis center untuk menentukan kekasaran rata-rata (Ra)(Munadi, 1980)



Gambar 2. Daerah P dan Q untuk menentukan kekasaran rata-rata (Ra)(Munadi, 1980)

2. Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah, Rz

Rz sebetulnya hampir sama dengan kekasaran rata-rata aritmetis Ra, tetapi cara menentukan Rz adalah lebih mudah daripada menentukan Ra, Gambar 2.19 menunjukkan cara menentukan Rz. Sampel pengukuran diambil sejumlah profil yang memuat, misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah.



Gambar 3. Menentukan kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah (Munadi, 1980)

Kemudian buat garis lurus horizontal di bawah profil permukaan. Tarik garis tegak lurus dari masing-masing ujung puncak dan lembah ke garis horizontal. Dengan cara ini maka diperoleh harga R_z yang besarnya adalah :

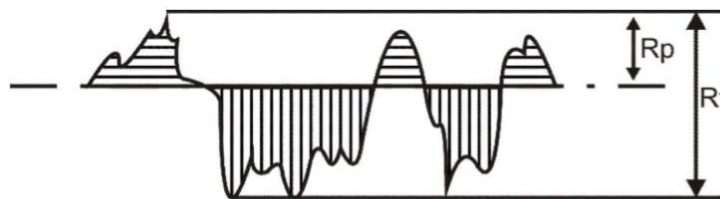
$$R_z = \frac{1}{5}(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9 + P_a) - \frac{1}{5}(R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}) \times \frac{1000}{V_v} \dots \dots \dots (2-4)$$

3. Kekasaran Perataan (*Peak to Mean line*), R_p

Kekasaran perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur. Bila juga dikatakan bahwa kedalaman perataan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi.

4. Kekasaran Total (*Peak to Valley*), R_t

Kedalaman total ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar. Satuannya adalah dalam micron (μm).

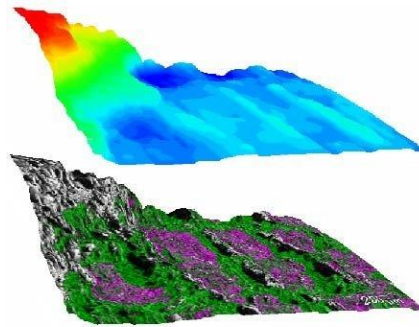


Gambar 4. Kekasaran perataan dan kekasaran total (Munadi, 1980)

2.5 Pengujian Topografi Permukaan

Topografi struktur mikro adalah bidang ilmu yang mempelajari bentuk dan karakteristik permukaan mikrostruktur. Dalam topografi struktur mikro, matematika geometri dan fisika digunakan untuk memahami dan mengukur sifat permukaan mikro seperti bentuk, ketebalan, dan tekstur. Aplikasi dari topografi struktur mikro dapat ditemukan dalam berbagai bidang, seperti teknik mesin, teknologi semikonduktor, dan ilmu material. Misalnya, dalam industri semikonduktor, topografi struktur mikro digunakan untuk karakterisasi dan pengembangan proses manufaktur semikonduktor, seperti proses *wafer* dan *lithography*. Di bidang teknik

mesin, topografi struktur mikro digunakan untuk memahami dan mengoptimalkan sifat tribologis, seperti gesekan, keausan, dan pelumasan pada permukaan mikro (Syarifuddin, 2020).



Gambar 5. Topografi Permukaan Spesimen (Syarifuddin, 2020)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Pengaruh Tekanan Gas terhadap Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan (*surface roughness*) pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta, yaitu untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan pada permukaan hasil potongan setelah dilakukan pemotongan dengan CNC *plasma cutting* dengan variasi tekanan udara yaitu 4 bar, 4,5 bar dan 5 bar. Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan mesin Surface Roughness Tester SJ 210 menggunakan standart ISO 1997. Benda uji yang digunakan memiliki dimensi 70 mm x 20 mm x 2 mm, kemudian dilakukan pengukuran pada tiga titik benda uji (1, 2, 3) dengan panjang area pengujian sebesar 23,3 mm setiap titik untuk mendapatkan nilai rata-rata kekasaran.

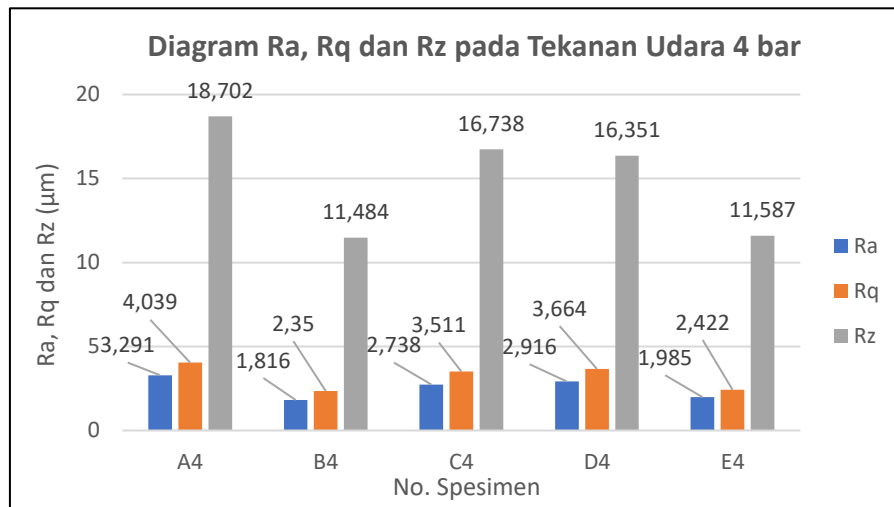
- a. Pengujian Kekasaran Permukaan dengan Tekanan Udara 4 bar

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 4 bar

Spesimen	Kekasaran Permukaan		
	Ra (μm)	Rq (μm)	Rz (μm)
A4	3,291	4,039	18,702
B4	1,816	2,35	11,484
C4	2,738	3,511	16,738
D4	2,916	3,664	16,351
E4	1,985	2,422	11,587
Rata-rata	2,549	3,197	14,972

Berdasarkan Tabel 2. didapatkan nilai kekasaran rata-rata dari 5 spesimen dengan Rq sebesar 3,197 μm , nilai Rz sebesar 14,972 μm , dan Ra sebesar 2,549 μm , sehingga dapat diartikan bahwa Ra yang didapatkan masuk ke dalam kualitas N8 dengan spesifikasi 2,4 – 4,8

(standar ISO 1997).



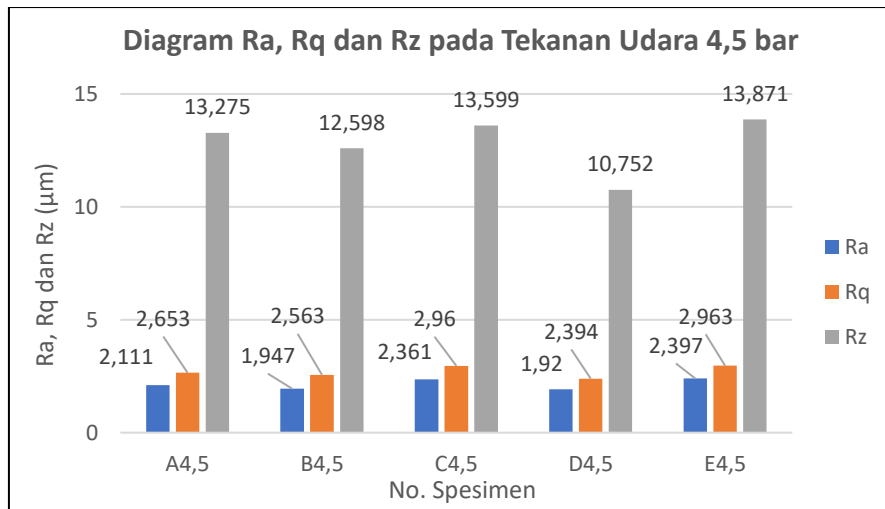
Gambar 5. Diagram Ra, Rq dan Rz pada Tekanan Udara 4 bar

b. Pengujian Kekasaran Permukaan dengan Tekanan Udara 4,5 bar

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 4,5 bar

No. Spesimen	Kekasaran Permukaan		
	Ra (µm)	Rq (µm)	Rz (µm)
A4,5	2,111	2,653	13,275
B4,5	1,947	2,563	12,598
C4,5	2,361	2,96	13,599
D4,5	1,92	2,394	10,752
E4,5	2,397	2,963	13,871
Rata-rata	2,147	2,707	12,819

Berdasarkan Tabel 3. didapatkan nilai kekasaran rata-rata dari 5 spesimen dengan Rq sebesar 3,197 µm, nilai Rz sebesar 14,972 µm, dan Ra sebesar 2,147 µm, sehingga dapat diartikan bahwa Ra yang didapatkan masuk ke dalam kualitas N7 dengan spesifikasi 1,2 – 2,4 (standar ISO 1997).



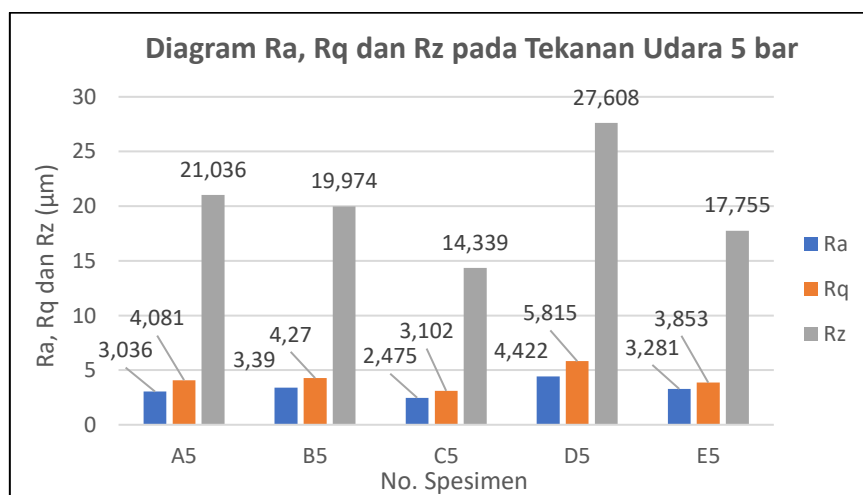
Gambar 6. Diagram Ra, Rq dan Rz pada Tekanan Udara 4,5 bar

c. Pengujian Kekasaran Permukaan dengan Tekanan Udara 5 bar

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 5 bar

No. Spesimen	Kekasaran Permukaan		
	Ra (µm)	Rq (µm)	Rz (µm)
A5	3,036	4,081	21,036
B5	3,39	4,27	19,974
C5	2,475	3,102	14,339
D5	4,422	5,815	27,608
E5	3,281	3,853	17,755
Rata-rata	3,321	4,224	20,142

Berdasarkan Tabel 4. didapatkan nilai kekasaran rata-rata dari 5 spesimen dengan Rq sebesar 4,224 µm, nilai Rz sebesar 20,142 µm, dan Ra sebesar 3,321 µm, sehingga dapat diartikan bahwa Ra yang didapatkan masuk ke dalam kualitas N8 dengan spesifikasi 2,4 – 4,8 (standar ISO 1997).

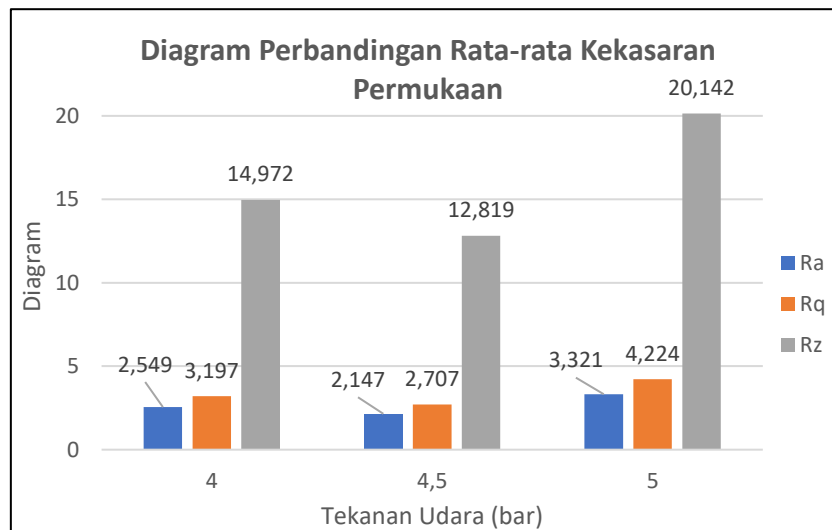


Gambar 7. Diagram Ra, Rq dan Rz pada Tekanan Udara 5 bar

d. Rekapitulasi Pengujian Kekasaran Permukaan

Tabel 5. Rekapitulasi Rata-rata Nilai Kekasaran Permukaan

Variasi Tekanan Udara (bar)	Kekasaran Permukaan		
	Ra (μm)	Rq (μm)	Rz (μm)
4	2,549	3,197	14,972
4,5	2,164	2,707	12,819
5	3,321	4,224	20,142



Gambar 8. Diagram Perbandingan Rata-rata Kekasaran Permukaan

Berdasarkan Tabel 5. dan Gambar 8. dapat disimpulkan bahwa nilai kekasaran permukaan yang paling baik didapatkan pada variasi tekanan udara 4,5 bar dengan hasil Ra sebesar 2,147 μm , Rq sebesar 2,707 μm , dan Rz 12,819 μm . Sedangkan, nilai kekasaran permukaan yang paling kasar didapatkan pada variasi tekanan udara 5 bar dengan hasil Ra sebesar 3,321 μm , Rq sebesar 4,224 μm , dan Rz 20,142 μm .

3.2 Analisis Pengaruh Tekanan Gas terhadap Topografi Permukaan

Pengujian topografi permukaan pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta menggunakan alat uji *Scanning Electron Microscopy*, yaitu untuk mengetahui bentuk topografi permukaan sekaligus nilai kekasaran permukaan yang lebih detail pada permukaan hasil potongan setelah dilakukan pemotongan dengan *CNC plasma cutting* dengan variasi tekanan udara yaitu 4 bar, 4,5 bar dan 5 bar.

Pengujian topografi permukaan dilakukan menggunakan mesin *Scanning Electron Microscopy*. Benda uji yang digunakan memiliki dimensi 20 mm x 20 mm x 2 mm, kemudian dilakukan pengukuran pada tiga titik benda uji (1, 2 dan 3) dengan besar area pengujian sebesar 530 μm setiap titik untuk mendapatkan nilai rata-rata kekasaran. Selanjutnya, akan diambil bentuk topografi permukaan yang ditunjukkan dengan gambar *heatmap* yang nantinya akan

dianalisa warnanya untuk menentukan variasi yang menghasilkan bentuk topografi permukaan paling baik.

a. Pengujian Topografi Permukaan Tekanan Gas 4,5 bar

Tabel 6. Tabel Rata-rata Topografi Permukaan Variasi 4,5 bar

Titik	Garis	Ra (μm)
1	1	1,97
	2	2,01
	3	2,18
2	1	2,5
	2	1,53
	3	2,59
3	1	1,78
	2	2,08
	3	1,98
Rata-rata		2,07

Berdasarkan tabel 6., maka didapatkan nilai rata-rata topografi permukaan untuk hasil potongan spesimen dengan variasi tekanan udara 4,5 bar sebesar 2,07 μm .

b. Pengujian Topografi Permukaan Tekanan Gas 5 bar

Tabel 7. Tabel Rata-rata Topografi Permukaan Variasi 5 bar

Titik	Garis	Ra (μm)
1	1	3,8
	2	3,57
	3	3,74
2	1	2,03
	2	1,96
	3	2,53
3	1	3,54
	2	3,09
	3	4,86
Rata-rata		3,24

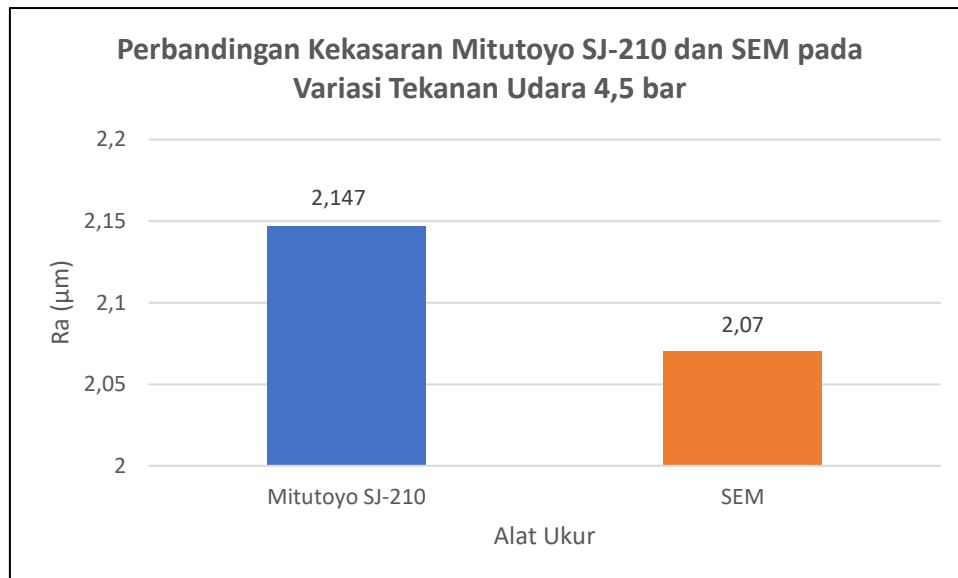
Berdasarkan tabel 7., maka didapatkan nilai rata-rata topografi permukaan untuk hasil potongan spesimen dengan variasi tekanan udara 5 bar sebesar 3,24 μm .

3.3 Perbandingan Pengujian Kekasaran Permukaan dengan Menggunakan alat *Surface Roughness Tester Type MITUTOYO SJ210* dan Alat *SEM*

a. Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan Spesimen 4,5 bar

Tabel 8. Perbandingan Nilai Kekasaran Mitutoyo SJ-210 dan alat SEM pada variasi 4,5 bar

Variasi	Alat	Kekasaran (Ra) (μm)	Selisih Nilai Kekasaran (%)
4,5 bar	Mitutoyo SJ-210	2,147	3,71
	SEM	2,07	



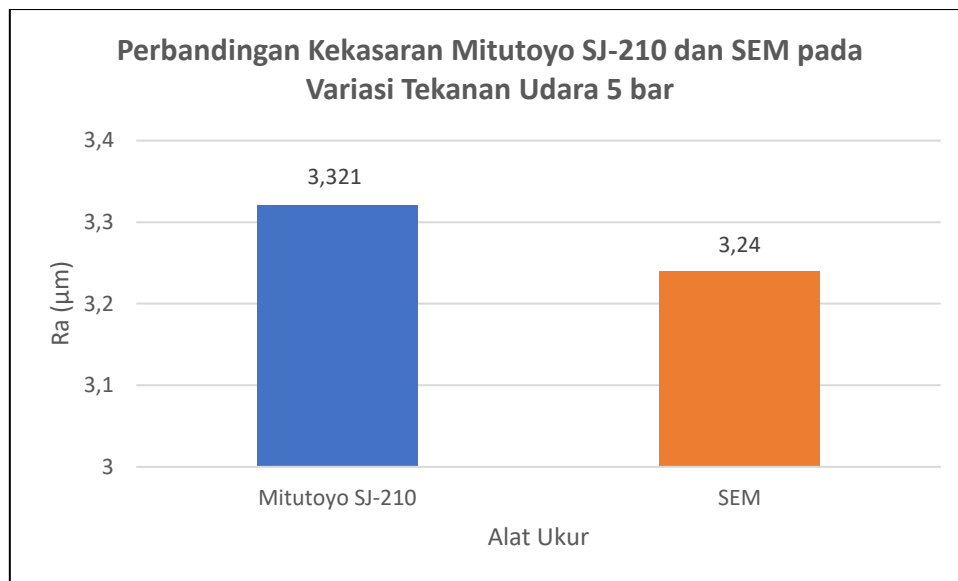
Gambar 9. Diagram Perbandingan Kekasaran Mitutoyo SJ-210 dan SEM pada Variasi Tekanan 4,5 bar

Diagram perbandingan di atas menunjukkan perbedaan nilai kekasaran permukaan dari spesimen hasil potongan plasma pada variasi tekanan udara 4,5 bar setelah diuji dengan 2 alat ukur yang berbeda yaitu, Mitutoyo SJ-210 dan SEM. Hasil dari alat ukur Mitutoyo SJ-210 menunjukkan kekasaran rata-rata sebesar 2,147 μm sedangkan alat SEM menunjukkan nilai kekasaran rata-rata sebesar 2,07 μm . Selisih dari kedua hasil tersebut adalah 0,077 μm atau sebesar 3,71%.

b. Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan Spesimen 5 bar

Tabel 9. Perbandingan Nilai Kekasaran (Ra) Mitutoyo SJ-210 dan Alat SEM pada Variasi Tekanan Udara 5 bar

Variasi	Alat	Kekasaran (Ra) (μm)	Selisih Nilai Kekasaran (%)
5 bar	Mitutoyo SJ-210	3,321	2,5
	SEM	3,24	

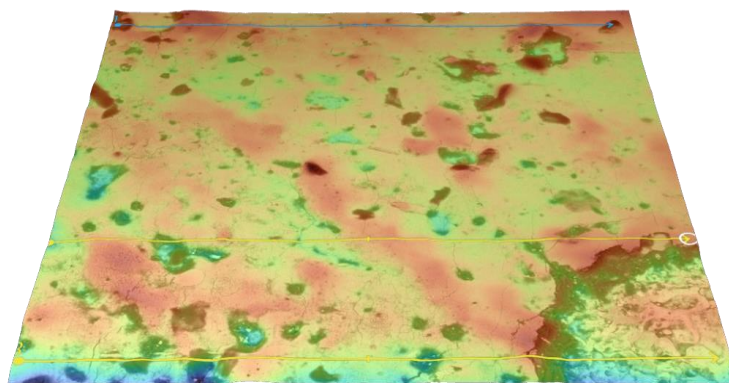


Gambar 10. Diagram Perbandingan Kekasaran Mitutoyo SJ-210 dan SEM pada Variasi Tekanan 5 bar

Diagram perbandingan di atas menunjukkan perbedaan nilai kekasaran permukaan dari spesimen hasil potongan plasma pada variasi tekanan udara 5 bar setelah diuji dengan 2 alat ukur yang berbeda yaitu, Mitutoyo SJ-210 dan SEM. Hasil dari alat ukur Mitutoyo SJ-210 menunjukkan kekasaran rata-rata sebesar 3,321 μm sedangkan alat SEM menunjukkan nilai kekasaran rata-rata sebesar 3,24 μm . Selisih dari kedua hasil tersebut adalah 0,081 μm atau sebesar 2,5%.

3.4 Perbandingan Pengujian Topografi menggunakan mesin SEM

a. Pengujian Topografi Permukaan Spesimen Variasi 4,5 bar

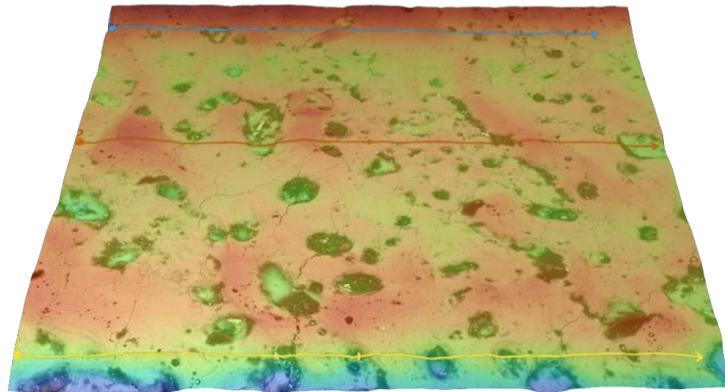


Gambar 11. Topografi Permukaan Spesimen 4,5 bar

Berdasarkan Gambar 11., spesimen dengan variasi pemotongan tekanan udara 4,5 bar memiliki topografi permukaan yang didominasi oleh warna hijau muda. Bercak warna merah juga terdapat di beberapa titik pada area pengujian tersebut menunjukkan area tersebut

memiliki ketinggian permukaan yang lebih tinggi dari area lainnya. Di bagian bawah area pengujian terdapat warna biru muda yang menunjukkan daerah terendah dari area pengujian. Hasil topografi tidak memiliki warna merah tua dan biru tua yang menunjukkan perbedaan ketinggian yang tidak terlalu signifikan dari seluruh area pengujian. Sehingga dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa spesimen memiliki topografi permukaan halus dan rata.

b. Pengujian Topografi Permukaan Spesimen Variasi 5 bar



Gambar 12. Topografi Permukaan Spesimen 5 bar

Berdasarkan Gambar 12. di atas, topografi permukaan spesimen variasi tekanan udara 5 bar didominasi warna hijau dengan beberapa bercak merah. Di ujung atas area uji terdapat daerah dengan warna merah pekat yang menunjukkan daerah tertinggi dari area pengujian tersebut, sedangkan di bagian bawah terdapat area berwarna biru tua yang menunjukkan daerah terendah dari permukaan spesimen. Perbedaan warna yang sangat signifikan ini menunjukkan perbedaan ketinggian yang sangat mencolok dari area tersebut. Perbedaan warna topografi permukaan di bagian atas dan bawah inilah yang membuat nilai kekasaran permukaan dari spesimen variasi tekanan udara 5 bar ini memiliki nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi tekanan udara yang lain.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Hasil penelitian pemotongan material baja ST37 dengan metode CNC plasma cutting dengan variasi tekanan udara 4 bar, 4,5 bar dan 5 bar yang diuji melalui pengujian mekanis, diantaranya pengujian kekasaran permukaan dan pengujian topografi permukaan menggunakan alat uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Data pengujian kekasaran permukaan dengan alat uji Mitutoyo SJ-210 *Surface Roughness*

Tester menunjukkan pemotongan dengan variasi tekanan udara 4 bar menghasilkan nilai kekasaran rata-rata Ra 2,549 μm , Rq 3,197 μm dan Rz 14,972 μm , variasi tekanan udara 4,5 bar menghasilkan nilai kekasaran rata-rata Ra 2,147 μm , Rq 2,707 μm dan Rz 12,819 μm , kemudian variasi tekanan udara 5 bar menghasilkan nilai kekasaran rata-rata Ra 3,321 μm , Rq 4,224 μm dan Rz 20,142 μm . Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa variasi 4,5 bar memiliki rata-rata nilai kekasaran paling rendah dibandingkan dengan variasi 4 bar, sedangkan variasi tekanan 5 bar memiliki rata-rata nilai kekasaran paling tinggi.

2. Data pengujian dengan alat uji *Scanning Electron Microscopy* menunjukkan hasil rata-rata nilai kekasaran pada variasi tekanan udara 4,5 bar, Ra sebesar 2,07 μm , hasil ini memiliki selisih sebesar 3,71% dari hasil dengan alat uji sebelumnya. Sedangkan variasi tekanan udara 5 bar memiliki rata-rata nilai kekasaran Ra sebesar 3,24 μm , hasil ini memiliki selisih sebesar 2,5% dari hasil dengan alat uji sebelumnya. Untuk bentuk topografi permukaan pada variasi tekanan udara 4,5 bar memiliki perbedaan warna yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan topografi permukaan dari variasi tekanan udara 5 bar yang cenderung memiliki bercak warna merah yang lebih banyak. Hal tersebut menunjukkan variasi tekanan udara 4,5 bar memiliki bentuk topografi permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan variasi tekanan udara 5 bar.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan beberapa saran supaya penelitian selanjutnya dapat lebih baik, diantaranya:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terutama untuk pemotongan dengan metode CNC *Plasma Cutting*.
2. Pengujian yang berbeda dapat diterapkan pada baja ST37 setelah dipotong menggunakan CNC *Plasma Cutting*.
3. Pembuatan spesimen uji dapat dilakukan dengan plat yang lebih tebal dan lebih panjang untuk mempermudah proses pengambilan data kekasaran menggunakan alat *Surface Roughness Tester*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, A.A. 2009. Pemesinan Non-Konvensional Plasma Arc Cutting. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Volume 9 nomor 2, halaman 51–56.
- Amri, A.A.N. dan Sumbodo, W. 2018. Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015. *Jurnal*

Dinamika Vokasional Teknik Mesin. Volume 3 nomor 2, halaman 110-115.

- Aziz, I. 2008. Pengaruh Kecepatan Potong dan Tekanan Gas Potong terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Plasma Arc Cutting. Tugas Akhir, Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang.
- Hamid, A. 2014. Variasi Kuat Arus dan Gas Flow Rate terhadap Lebar Kerf pada Pemotongan Aluminium 5083 Menggunakan Cutting Plasma. Tugas Akhir. Teknik Mesin Universitas Negeri Malang, Malang.
- Kristanto, A. 2010. Diktat Kuliah Proses Manufaktur. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan
- Munadi, Sudji. 1980. Dasar-dasar Metrologi Industri. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan
- Nugraha, M.P.W. 2019. Pengaruh Variasi Tekanan Udara terhadap Nilai Kekasaran Permukaan dan Lebar HAZ pada Proses Pemotongan Stainless Steel SUS 304 Dengan Menggunakan Plasma Cutting. Tugas Akhir. Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Poeng, R., Gede, I.N., & Hara, A. Pengaruh Pemotongan dengan dan Tanpa Cairan Pendingin terhadap Daya Potong pada Proses Turning. Jurnal Poros Teknik Mesin, Volume 5 nomor 2, halaman 81-82.
- Puspawan, Angky. 2014. *Analysis Compressor Isentropic Efficiency Type Sullair Screw Air Compressor in Factory of Hot Strip Mill*. Jurnal Ilmiah Sains Teknologi Murni Disiplin dan Antar Disiplin (Teknosia). Volume 2 nomor 14
- Rizkiawan, D. 2019. Pengaruh Variasi Tekanan Udara pada Pemotongan Plat Baja ST 37 Menggunakan CNC Plasma Cutting terhadap Struktur Mikro, Kerf, dan Kekerasan. Tugas Akhir. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Singh, V. 2011. *Analysis of Process Parameters of Plasma Arc Cutting using Design of Experiment. Thesis. National Institute of Technology, India*
- Supriyono, 2017. Material Teknik. Surakarta: Muhammadiyah University Press
- Surdia, Tata. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: PT. Pradya Paramita