

PENGARUH PARAMETER PEMOTONGAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ASTM A36 PADA PROSES *LASER CUTTING*

Garinda Baday Fazrin^{*1}, Benny Haddli Irawan^{1*} Mufti Fathonah Muvariz^{2*}

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail:garindafazrin@gmail.com

Abstrak

Pemotongan logam adalah proses penting dalam industri manufaktur. *Laser cutting* menggunakan teknologi sinar *laser* untuk menghasilkan potongan yang lebih presisi dan akurat secara dimensi. Namun, masalah seperti cacat permukaan hasil pemotongan dengan kekasaran yang tidak sesuai standar kualitas dapat terjadi akibat variasi parameter yang tidak tepat. Penggunaan parameter seperti kecepatan potong, tinggi nozel, dan tekanan gas sangat berpengaruh pada hasil kekasaran permukaan yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter pemotongan terhadap pelat baja ASTM A36 guna mencapai kekasaran permukaan yang minimum. Metodologi penelitian ini adalah eksperimen langsung dengan menggunakan *matriks orthogonal L9 (3³)* untuk menentukan parameter pemotongan. Spesimen Pelat baja ASTM A36 dengan ukuran (50 mm x 50 mm x 5 mm) dipotong dengan variasi kecepatan potong (0.2-0.6 m/menit), Tinggi nozel (1-2 mm), dan tekanan gas (2-4 bar) dengan daya tetap 1000 *watt*. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan *Surface Roughness Tester merk Mitutoyo*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong dan tekanan gas yang lebih tinggi meningkatkan kekasaran yang lebih besar akibat kenaikan suhu dan viskositas lelehan, sementara pengaturan tinggi nozel yang tepat menghasilkan potongan yang lebih halus. Hasil optimal ditemukan pada kecepatan potong 0.2 m/menit, tinggi nozel 1.5 mm, dan tekanan gas 3 *bar*, dengan kekasaran permukaan rata-rata 2,982 μm (kelas N8). Spesimen Kekasaran tertinggi mencapai 7,861 μm (kelas N9). Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam mengoptimalkan proses pemotongan laser pada pelat baja ASTM A36, yang dapat diterapkan dalam industri manufaktur untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas hasil potongan.

Kata kunci: Laser Cutting, variasi Parameter, ASTM A36, kekasaran permukaan

Abstract

Metal cutting is a crucial process in the manufacturing industry. Laser cutting uses laser technology to achieve more precise and dimensionally accurate cuts. However, issues such as surface defects and roughness that do not meet quality standards can arise due to inappropriate parameter variations. Parameters like cutting speed, nozzle height, and gas pressure significantly influence the resulting surface roughness. This study aims to determine the effect of cutting parameters on ASTM A36 steel plates to achieve minimal surface roughness. The research methodology involves direct experimentation using an L9 (3³) orthogonal matrix to determine the cutting parameters. ASTM A36 steel plate specimens (50 mm x 50 mm x 5 mm) were cut with varying cutting speeds (0.2-0.6 m/min), nozzle heights (1-2 mm), and gas pressures (2-4 bar) at a constant power of 1000 watts. Surface roughness was measured using a Mitutoyo Surface Roughness Tester. The results showed that higher cutting speeds and gas pressures increased surface roughness due to higher temperatures and melt viscosity, while optimal nozzle height adjustment resulted in smoother cuts. The optimal result was found at a cutting speed of 0.2 m/min, nozzle height of 1.5 mm, and gas pressure of 3 bar, producing an average surface roughness of 2,982 μm (N8 class). The highest roughness observed was 7,861 μm (N9 class). This study makes a significant contribution to optimizing the laser cutting process for ASTM A36 steel plates, which can be applied in the manufacturing industry to improve production efficiency and cut quality.

Keywords: Laser Cutting, Parameter Variation, ASTM A36, Surface Roughness.

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan alat-alat yang lebih canggih dan efisien meningkat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di industri [1]. Dalam industri, pemotongan logam adalah salah satu proses yang paling umum dilakukan dalam proses manufaktur, terutama ketika menggunakan material pelat baja sebagai bahan baku [2]. Kemajuan ini termasuk metode pemotongan menggunakan mesin potong hidrolik dan proses panas seperti pemotongan api, pemotongan plasma (*arc*) CNC, pemotongan *laser cutting* CNC, dan pemotongan dengan air bertekanan tinggi, juga dikenal sebagai pemotongan *waterjet* [3]. Dari beberapa metode pemotongan logam yang disebutkan di atas, *laser cutting* adalah salah satu dari banyak kemajuan teknologi yang telah sering di gunakan dalam industri pemotongan logam.

Laser cutting adalah teknik pemotongan *sheet metal* yang menggunakan media *laser* dan *gas cutting*. *Output laser* daya tinggi ditransmisikan melalui optik yang dipadukan dengan sistem *CNC (Computer Numerical Control)* [4]. Bahan di area pengerjaan mencair atau menguap karena energi panas yang dihasilkan oleh pemotong laser. Gas (atau campuran) seperti oksigen, *CO2*, *nitrogen*, atau *helium* digunakan untuk mengeluarkan bahan yang menguap dari arah gerak pemotong [5]. Kelebihan menggunakan *laser cutting* adalah dapat menyelesaikan pekerjaan yang sangat detail dan memerlukan ketelitian tinggi, seperti membuat produk terlihat lebih cantik. Akibatnya, *laser cutting* banyak digunakan untuk membuat *furniture*, seni, dan aksesoris, seperti yang dibuat oleh PT. Tranalab Manufacturing Indonesia.

PT. Tranalab Manufacturing Indonesia adalah perusahaan yang bergerak dalam produksi *furniture*. Salah satu bagian yang sering dilakukan dalam membuat *bracket*, *cover*, dan rangka penguat *furniture* yaitu menggunakan proses pemotong *laser cutting*. Pelat baja karbon rendah ASTM A36, yang memiliki kandungan karbon sekitar 0.2% dipilih karena mudah didapat dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, tergantung pada ketebalan dan fungsinya. Mesin *Cutting Max Series Flat* digunakan untuk memotong pelat baja. Parameter seperti *cutting speed*, *nozzle height*, dan *gas pressure* adalah beberapa dari banyak faktor yang memengaruhi proses pemotongan [1].

Masalah yang sering terjadi pada saat memotong pelat baja ASTM A36 dengan menggunakan mesin *Max Series Flat Laser Cutting* adalah cacat pemotongan yang tidak memenuhi standar kualitas yang diinginkan. Cacat tersebut antara lain permukaan kasar yang menghalangi produk terpotong pada saat proses pemotongan [6]. Hal ini terjadi karena tidak adanya acuan parameter tetap yang digunakan disana, Selama ini pada setiap proses pemotongan operator langsung mencari/ melakukan *setting* pada saat melakukan proses pemotongan sehingga menyebabkan parameter pemotongan yang kurang tepat, Hal ini terjadi karena pemilihan material untuk mesin dalam tahap penyesuaian terhadap kemampuan mesin. Untuk hasil kekasaran yang diinginkan di butuhkan parameter yang sesuai standar yang telah di tentukan. Berikut contoh hasil pemotongan dengan menggunakan *Max Series Flat Laser Cutting* seri milik PT. Tranalab Manufacturing Indonesia pada Tabel 1 di bawah ini

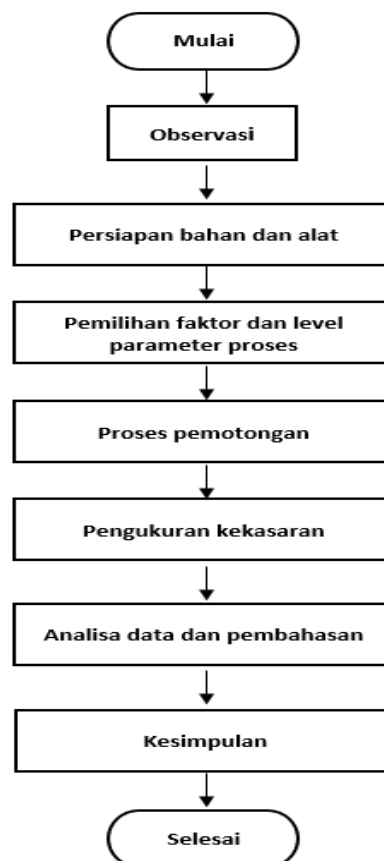
Tabel 1. Hasil gambar cacat pemotongan di perusahaan

	<i>Power</i> yang tidak sesuai mengakibatkan hasil Visual tidak bagus, dan Kasar		<i>Gas pressure</i> yang terlalu kecil menyebabkan tidak terpotongnya produk
	<i>Cutting speed</i> yang terlalu cepat menyebabkan sisi yang tidak rata		<i>Nozzle height</i> , yang tidak tepat menyebabkan hasil di sisi pemotongan tidak rata

Data tabel 1 diatas menunjukkan bahwa hasil pemotongan yang dilakukan masih belum mencapai kualitas yang di inginkan, perlu dilakukannya proses lanjutan seperti menggerinda sisi-sisi plat yang kasar agar *surface* yang dihasilkan lebih baik. Berdasarkan masalah diatas maka perlu dilakukannya penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh parameter pemotongan terhadap pelat baja ASTM A36. Hasil pemotongan diukur menggunakan *Surface Roughness tester merk Mitutoyo*, dan diambil kesimpulan data nilai kekasaran yang terbaik kemudian akan direkomendasikan sebagai acuan parameter yang akan digunakan PT. Tranalab Manufacturing Indonesia pada saat melakukan pengerjaan *Laser Cutting*. Penellitian ini terfokus pada proses pemotongan menggunakan *Max Series Flat Laser Cuting* di PT. Tranalab Manufacturing Indonesia, dan terbatas pada berubahnya variabel parameter pada *cutting speed, nozzle height, gas pressure*. Penelitian paramater pemotongan dalam penelitian ini di batasi hanya pada parameter *cutting speed nozzle height, gas presssure*

2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen langsung dengan penentuan parameter menggunakan *matrix Orthogonal Array*. Pengujian susunan orthogonal membantu memaksimalkan cakupan pengujian dengan memasang dan menggabungkan input serta menguji sistem dengan jumlah kasus pengujian yang relatif lebih sedikit untuk menghemat waktu. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan baja *ASTM A36*. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan proses yang dilakukan. Metodologi penelitian digambarkan seperti pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Mulai

Pada proses ini penulis memulai untuk mengerjakan penelitian.

2.2 Observasi

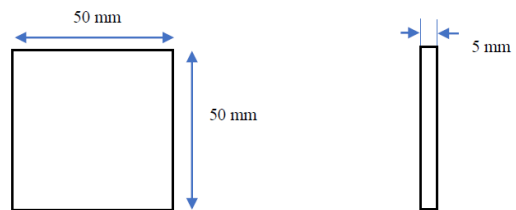
Pada tahap observasi, penulis melakukan peninjauan lapangan untuk mendapatkan sebuah fakta yang ada. Tujuan dari tahap ini ialah untuk mendapatkan informasi akurat dan keadaan sebenarnya yang terjadi dilapangan sehingga penulis dapat lebih mudah dalam merumuskan masalah dan mendapatkan solusi yang tepat.

2.3 Persiapan bahan dan alat

Alat yang digunakan berupa Mesin *Max Series Flat Laser Cutting* dengan kapasitas max power 1000 watt yang ada di PT. Tranalab Manufacturing Indonesia. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja karbon ASTM A36 dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 5mm. di tujukan pada nomor



Gambar 2. Mesin *Laser Cutting Max Series Flat Laser Cutting*



Gambar 3. Dimensi benda kerja

2.4 Pemilihan faktor dan level parameter proses

Parameter pemotongan ditentukan dengan melakukan percobaan variasi *cutting speed*, *nozzle height*, *gas pressure*. Setiap parameter terdiri dari 3 level yang digunakan untuk memperoleh desain faktorial (*Orthogonal Array*) agar mendapatkan variasi parameter yang optimum dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai level dan parameter proses pemotongan *laser cutting* yang diuji

Faktor	Parameter proses	Level 1	Level 2	Level 3
A	<i>Cutting speed</i> (m/min)	0.2	0.4	0.6
B	<i>Nozzle Height</i> (mm)	1	1.5	2
C	<i>Gass pressure</i> (bar)	2	3	4

2.4.1 Desain faktorial

Penentuan faktor menggunakan *orthogonal array* berfungsi untuk mendapatkan acuan dalam pembuatan dan pengujian spesimen. Penelitian dilakukan dengan menggunakan desain *Orthogonal Array (OA) L9 (3³)*, karena terdapat 3 faktor dan 3 level yang digunakan dalam pengujian sehingga didapatkan jumlah spesimen sebanyak 9 percobaan dan akan diuji untuk mendapatkan optimasi dari proses pemotongan mesin *laser cutting* [4]. Susunan parameter dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Proses *Laser Cutting L9 (3³) Orthogonal Array (OA)*

No Spesimen	<i>Cutting Speed</i> (m/min)	<i>Nozzle Height</i> (mm)	<i>Gas Preasure</i> (Bar)
1	0.2	1	2
2	0.2	1.5	3
3	0.2	2	4
4	0.4	1	2
5	0.4	1.5	3
6	0.4	2	4
7	0.6	1	2
8	0.6	1.5	3
9	0.6	2	4

2.5 Proses pemotongan

Selanjutnya akan dilakukan proses pemotongan pelat baja ASTM A36 berdasarkan parameter yang telah ditetapkan.

2.6 Pengukuran kekasaran

Setelah dilakukannya proses pemotongan, pelat baja ASTM A36 akan diukur nilai kekasarannya menggunakan *surface Roughness Tester Merk Mitutoyo*.



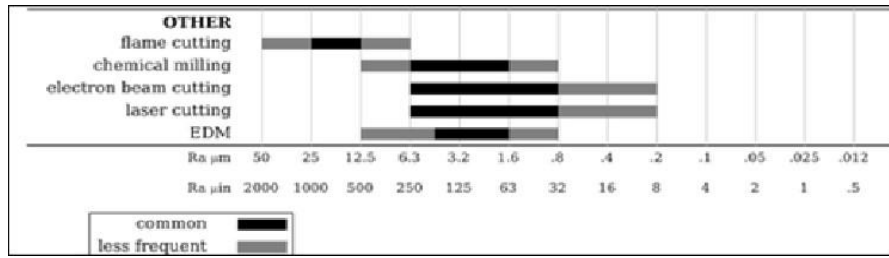
Gambar 4. *Surface Roughness tester merk Mitutoyo*

Menurut ISO 1302 - 1978, kekasaran permukaan diartikan sebagai simpangan rata-rata aritmetika dari garis rata-rata profil permukaan. Definisi ini digunakan untuk menetapkan nilai rata-rata kekasaran permukaan, atau sering disebut Ra. Dalam praktik industri, kebutuhan kekasaran permukaan dapat bervariasi antar perusahaan, tergantung spesifikasi produk yang diinginkan. ISO mengklasifikasikan kualitas kekasaran permukaan ke dalam beberapa tingkat kualitas (N), mulai dari yang paling halus, yaitu N1 dengan Ra $0,025 \mu\text{m}$, hingga yang kasar, yaitu N12 dengan Ra $50 \mu\text{m}$. Klasifikasi ini membantu standar industri dalam menentukan kualitas permukaan sesuai kebutuhan. Berikut adalah nilai kekasaran menurut ISO 1302 – 1978 pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai kekasaran menurut ISO 1302 – 1978 [7]

Kelas Kekasaran	Harga Ra (μm)	Toleransi (μm) (+50% & - 25%)	Panjang sampel (μm)
N1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	0,05	0,04 – 0,08	0,25
N3	0,1	0,08 – 0,15	
N4	0,2	0,15 – 0,03	
N5	0,4	0,03 – 0,06	0,8
N6	0,8	0,06 – 1,2	
N7	1,6	1,2 – 2,4	
N8	3,2	2,4 – 4,8	
N9	6,3	4,8 – 9,6	2,5
N10	12,5	9,6 – 18,75	
N11	25	18,75 – 37,5	
N12	50	37,5 – 75,0	8

Parameter Ra digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan akhir pada benda kerja karena Ra lebih sensitif terhadap variasi yang mungkin terjadi selama proses pemesinan dibandingkan parameter kekasaran lainnya. Dalam proses pengerjaan, nilai kekasaran yang dihasilkan dapat bervariasi, ditunjukkan pada gambar 5. Nilai kekasaran pada umumnya dalam pengerjaan menggunakan laser cutting didapat range nilai kekasaran yang dihasilkan adalah $0,8 - 6,3 \mu\text{m}$ [8]. Berikut adalah nilai kekasaran berdasarkan proses pemesinan pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5 Nilai kekasaran berdasarkan proses pemesinan [9]

2.7 Analisa data dan pembahasan

Setelah data didapatkan analisis data dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan pelat baja ASTM A36.

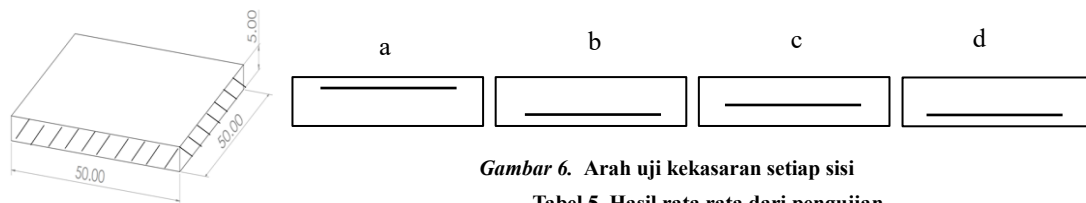
2.8 Kesimpulan

Dari hasil analisa diambil kesimpulan serta evaluasi dari percobaan yang sudah dilakukan.

3 Analisa Data dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Kekasaran







Setelah dilakukan pemotongan, dilakukan pengujian kekasaran di pada setiap spesimen yang terdapat 4 sisi (a, b, c, dan d), setiap sisi dilakukan 3 kali pengukuran agar data yang dihasilkan valid. Selanjutnya data diambil untuk mencari rata – rata nilai kekasaran permukaan pada spesimen [6]. Hasil Pengujian setiap pemotongan digambarkan seperti pada gambar 6 di bawah ini. Hasil rata-rata dari pengujian yang dilakukan akan dikategorikan kepada kelas kekasaran sesuai kelas kekasaran permukaan menurut ISO 1302 – 1978 pada Tabel 5 di bawah ini



Gambar 6. Arah uji kekasaran setiap sisi

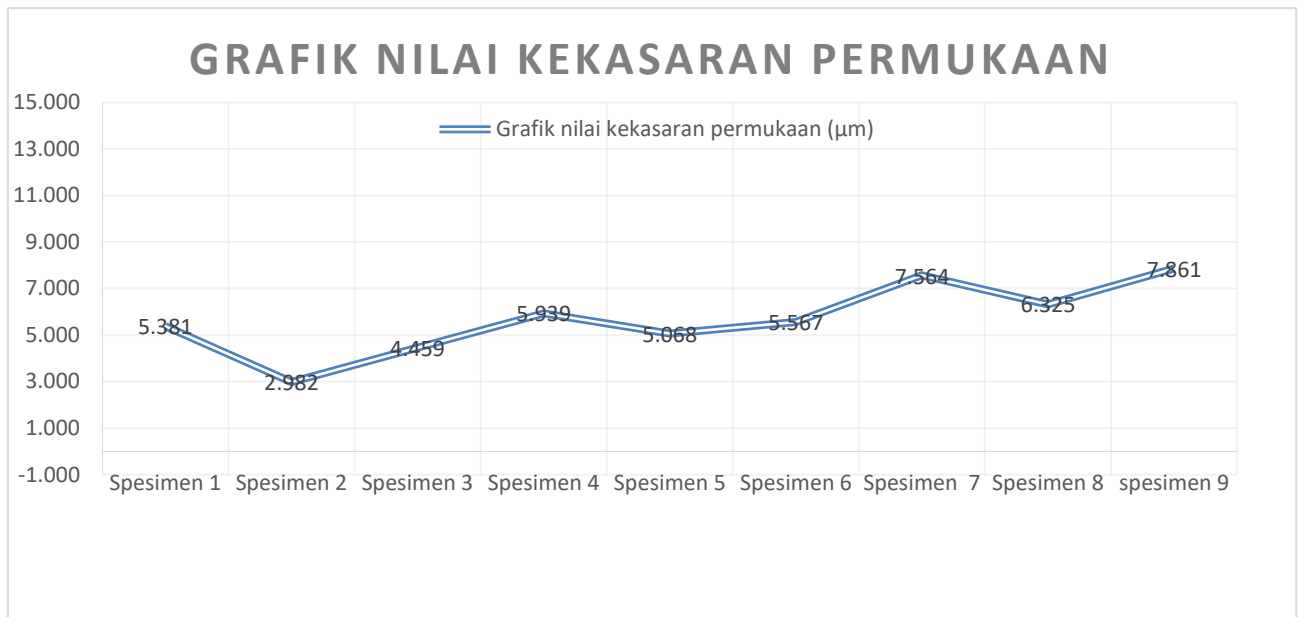
Tabel 5. Hasil rata rata dari pengujian

No	Foto Sampel	Nilai kekasaran (μm)		Rata rata kekasaran(μm)	Kelas kekakasaran(μm)
1		Sisi A	4.651	5.381	N9
		Sisi B	3.182		
		Sisi C	6.768		
		Sisi D	6.924		
2		Sisi A	2.676	2.982	N8
		Sisi B	2.516		
		Sisi C	2.243		
		Sisi D	4.492		
3		Sisi A	4.077	4.459	N8
		Sisi B	2.790		
		Sisi C	5.482		
		Sisi D	5.486		

4		Sisi A	7.620	5.939	N9
		Sisi B	3.856		
		Sisi C	4.821		
		Sisi D	7.459		
5		Sisi A	6.098	5.068	N8
		Sisi B	5.545		
		Sisi C	3.686		
		Sisi D	4.943		
6		Sisi A	4.350	5.567	N9
		Sisi B	4.597		
		Sisi C	7.361		
		Sisi D	5.960		
7		Sisi A	6.809	7.564	N9
		Sisi B	8.476		
		Sisi C	5.288		
		Sisi D	9.681		
8		Sisi A	6.552	6.325	N9
		Sisi B	6.814		
		Sisi C	5.006		
		Sisi D	6.927		
9		Sisi A	7.580	7.861	N9
		Sisi B	6.087		
		Sisi C	7.720		
		Sisi D	10.055		

Data pada tabel 5 diatas menunjukkan hasil pengukuran kekasaran permukaan (R_a) secara berulang dari setiap sisi (a, b, c, d) menggunakan 3 variasi yakni *cutting speed*, *nozzle height* dan *gass pressure*, dengan jumlah sampel sebanyak 9 spesimen. Setiap spesimen memiliki variasi kekasaran pada setiap sisi-sisinya. Misalnya, untuk sampel pertama, kekasaran berkisar dari 3.182 μm hingga 6.924 μm . Pada saat pemotongan terdapat hasil yang berbeda beda setiap sisi. Faktor yang menyebabkan setiap sisi berbeda adalah daya laser yang akan secara langsung mempengaruhi ketebalan pelat baja yang di potong, semakin tinggi energinya, semakin tebal ketebalan material yang dapat di potong. Faktor lainnya adalah dikarenakan struktur kandungan material baja, gas oksigen dan nitrogen, tegangan atau (*Volt*) yang tidak stabil, nozel yang kotor. Faktor-faktor tersebutlah menyebabkan setiap sisi pemotongan berbeda-beda hasil nilai kekasarannya, tetapi tetap dalam *range* atau nilai yang sama atau tidak beda jauh. Hal ini bisa terjadi juga karena getaran yang tidak terkendali pada mesin seperti eretan dan benda kerja yang bisa menyebabkan ketidakrataan pada permukaan potongan. Berikut hasil tingkat kekasaran pengukuran ke

dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Grafik nilai kekasaran

Pada Gambar 7 di atas menjelaskan tentang grafik hubungan antara pengaruh parameter seperti *nozzle height*, *cutting speed*, *gas pressure* dan *power* terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dengan proses pemotongan dengan 9 spesimen, dari variasi parameter menghasilkan nilai kekasaran pada permukaan yang nilainya terus mengalami perbedaan hasil di setiap spesimen.

Acuan standar yang digunakan dalam mengukur tingkat kekasaran permukaan adalah *ISO 1302 – 1978*. Hasil optimal pengujian nilai kekasaran terdapat pada spesimen no 2 dengan *cutting speed* 0,2 m/min tinggi *nozzle* 1.5 mm, tekanan gas 3 bar hasil kelas N8, dengan nilai rata-rata kekasaran 2,982 μm . Sedangkan nilai kekasaran terbesar terdapat pada spesimen no 9, dengan nilai kekasaran rata-rata 7,861 μm kelas N9. Untuk standar pemotongan *laser cutting* berada di N6-N9, Dimana nilai kekasarannya semakin kecil semakin baik, Berdasarkan nilai kekasaran, dapat disimpulkan kelas N8 adalah hasil terbaik pada pengujian ini. Hasil terbaik akan direkomendasikan sebagai acuan parameter yang akan digunakan PT Tranalab Manufacturing Indonesia pada saat melakukan pengerjaan *Laser Cutting*.

Penggunaan mesin dengan kecepatan tinggi dan tekanan udara yang tinggi akan memberikan hasil potongan dengan kekasaran yang tinggi, seperti pada hasil spesimen no 9. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan potong cenderung meningkatkan kekasaran permukaan. Kecepatan potong yang lebih tinggi menyebabkan suhu pada daerah pemotongan semakin besar, yang pada akhirnya meningkatkan viskositas logam cair dan menyebabkan permukaan tidak rata. Viskositas sangat bergantung pada suhu [10]. Hal ini menunjukkan bahwa jika ketebalan pelat yang tepat maka hasil pemotongan dipengaruhi oleh parameter tekanan udara dan kecepatan potong. Kualitas hasil pemotongan dapat diperiksa dari kekasaran permukaan, lelehan samping, kerataan permukaan, dan material yang dihilangkan [11].

4 Kesimpulan

Variasi parameter pemotongan seperti *Cutting Speed*, *Nozzle height*, dan *Gas Pressure* memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan baja ASTM A36 yang dipotong menggunakan mesin *Max Series Flat Laser Cutting* di PT Tranalab Manufacturing Indonesia. Kecepatan pemotongan yang tinggi mengakibatkan kekasaran permukaan yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh peningkatan suhu leleh dan viskositas lelehan yang tinggi. Oleh karena itu, kecepatan potong yang optimal perlu ditentukan agar keseimbangan antara efisiensi dan kualitas permukaan dapat tercapai. Tinggi nozel memengaruhi fokus laser dan aliran gas., Dari hasil pada tinggi nozel 1 mm memiliki nilai kekasaran permukaan yang sedang, Tinggi nozel 1,5 mm memiliki kekasaran yang rendah, Dan untuk tinggi nozzle 2 mm memiliki nilai kekasaran yang tinggi. Untuk Pengaturan tinggi nozel yang tepat menghasilkan aliran gas yang efektif di tujukan pada spesimen no 2 dengan tinggi nozzle 1,5 mm nilai kekasaran 2.982 μm . Tekanan *gas* yang digunakan dalam proses pemotongan juga mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Tekanan *gas* yang tinggi menyebabkan pemotongan tidak sempurna dan menghasilkan kekasaran yang lebih tinggi. Hasil optimal ditemukan pada spesimen no 2 dengan *cutting speed* 0,2 m/min tinggi *nozzle* 1,5 mm, dan *gas Pressure* 3 bar, menghasilkan kekasaran permukaan rata-rata sekitar 2.982 μm (kelas N8). Spesimen dengan kekasaran terbesar mencapai rata-rata 7.861 μm (kelas N9), yang terjadi pada *cutting speed* dan *gas pressure* yang tinggi Berdasarkan nilai kekasaran, dapat disimpulkan kelas N8 adalah hasil terbaik pada pengujian ini Untuk standar pemotongan laser cutting berada di range N6-N9, Namun dimana nilai kekasarnya semakin kecil semakin baik. Hasil penelitian ini dapat diaplikasikan dalam industri manufaktur khususnya di PT Tranalab Manufacturing Indonesia yang memerlukan pemotongan laser dengan kualitas yang baik sesuai dengan standard *ISO 1302 – 1978*. Penggunaan parameter yang telah dioptimalkan dari penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi proses produksi dan mengurangi biaya material yang terbuang. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengoptimalkan proses pemotongan *laser* pada baja ASTM A36, yang dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi industri untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi

5 Daftar Pustaka

- [1] M. A. Hidayat, A. Farid, and P. Suwandono, “Analisa parameter pada pemotongan plate menggunakan CNC fiber laser cutting terhadap kekasaran permukaan,” Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin UM Metro, Turbo vol. 10, no. 2, 2021, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang, Malang, Indonesia hal 239-247 2021
- [2] Eko Slamet Riyadi, and Deqi Pajar Pratama, “Pengaruh Laju Kecepatan Potong Pada Proses Pemotongan Menggunakan Gas Cutting”, *JURNAL TIARSIE* Vol.16 No.4 SSNp 1411-2248 ISS Ne 2623-239 hal 107 - 112, desember. 2019
- [3] Rahmat Illahi,” *Analisa Pengaruh Variasi Kecepatan Potong Flame Cutting Pembuatan Joint Link ST52-3 Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro*”, skripsi, Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang, Indonesia hal 1-28,2020
- [4] Aditya.N Ilham W.P, Yohanes N, Adi N, “Analisis Proses Laser Cutting dengan Variasi Cutting Speed, Jarak Focusline, dan Gas Pressure terhadap Kekerasan dan Kekasaran Material MS SPHC”. *JMPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, Indonesia, Surakarta, Hal (160-169) Desember (2023)
- [5] Zhaenal Arifin. "Pengaruh Variasi Cutting Speed terhadap Kekasaran Permukaan SUS 304 pada Proses Laser Cutting Menggunakan Gas." Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, 2018.
- [6] Fenisia Yushi D.1, Pranowo Sidi.2, dan Irma Rustini A “Optimasi Parameter Mesin Laser Cutting terhadap Kekasaran dan Laju Pemotongan pada Aluminium 5083 Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi Grey Analysis Method, *Proceedings of the 1st Conference on Design and Manufacture and Its Application*, Surabaya, Indonesia, hal 330-335, 2017
- [7] Rio Marindana Ogana. "Pengaruh Variasi Cutting Speed Terhadap Kekasaran Permukaan SS 316L Pada Proses Laser Cutting" Thesis (Sarjana), Universitas Brawijaya, Fakultas Teknik, Malang, Indonesia, 2018
- [8] Rochim, T. ‘*Teori dan Teknologi Proses Permesinan*’, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia 1993, *Book*
- [9] Black, JHT. dan Konser, R.A” *Degarmo’s Materials and Processes in Manufacturing*”, Edition 12 John Wiley and sons Inc., Hoboken. Amerika serikat, 2017, *Book*.
- [10] Lan, H., Wang, W., Shangguan, Y., & Lin, S. “*Fundamental Studies On High Power Fiber Laser Cutting Performance Of 30 Mm Thick Carbon Steel Plate*”. In *Proceedings Of 2011 6th International Forum On Strategic Technology* (Vol. 1, Pp. 6-11), Ieee. August Harbin, Heilongjiang 2011
- [11] Ami. R. R, Samsudin A, Rusiyanto,” *Pengaruh Kecepatan Pemotongan dan Ketebalan Bahan Terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Menggunakan CNC PLASMA ARC Cutiing*” *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin* ISSN 2548-7590 (media online) Volume 4 Nomor 2. Indonesia, Semarang Oktober 2019, Hal 93-98