

PENGARUH VARIASI PARAMETER KECEPATAN *TORCH*, TEKANAN OKSIGEN dan JARAK *NOZZLE* TERHADAP *MATERIAL REMOVAL RATE* PADA PROSES OTOMASI GAS *CUTTING*

Robi Subastian¹, Hari Arbiantara Basuki², Andi Sanata²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: hariarbi@yahoo.com

ABSTRAK

The number of industries that make the construction of buildings, bridges and construction of industrial machinery can not be separated from the metal cutting process, to produce optimal output, the work process is done automatically. Gas Cutting is a metal cutting technique that uses a combination of oxygen and fuel gas. The purpose of this study is to determine the most optimal combination of low carbon steel cutting fabrication processes with variations in the parameters of Torch Speed (mm / min), Oxygen Pressure (Kg / cm²), Nozzle Distance (mm) to produce the largest MRR using the taguchi method . From the research conducted, the most optimal combination of parameters on MRR is torch speed level 3 of 475 mm / min, oxygen pressure at level 3 of 7.5 kg / cm² and nozzle distance at level 2 of 6 mm. with the contribution of torch speed contribution of 87.39%, oxygen pressure of 10.35%, the effect of the nozzle distance parameter of 1.17%.

Kata kunci : *Gas cutting*, *MRR*, *Taguchi*.

PENDAHULUAN

Di era yang serba otomatis ini segala pekerjaan dituntut untuk memiliki *output* dan proses pengerjaan yang optimal, salah satunya yaitu pada proses pengelasan logam [1] (Sunny dkk., 2015). Pengelasan sangat erat kaitannya pada dunia industri khususnya dibidang penyambungan serta pemotongan logam. Teknik pengelasan ini telah banyak digunakan pada berbagai industri untuk keperluan penyambungan serta pemotongan konstruksi bangunan maupun pada konstruksi mesin yang digunakan pada industri di seluruh penjuru dunia [2] (Akbar dan Kusharjanta, 2015). Metode-metode pemotongan logam atau baja yang sering digunakan saat ini adalah dengan menggunakan las gas atau gas *cutting* [3] (Zaenuri dan Murni, 2015).

Dasar pemotongan pada las gas hampir sama dengan proses pengelasan *oxy-fuel welding* pada umumnya [4] (Patel dkk., 2015). Hanya saja pada proses pemotongan, logam terlebih dahulu dipanaskan hingga berwarna merah atau mendekati titik leburnya lalu logam yang hampir meleleh tersebut di tekan menggunakan oksigen yang memiliki tekanan tertentu sesuai dengan ketebalan logam hingga terjadi reaksi oksidasi antara oksigen dan logam yang akan dipotong sampai terbuangnya logam tersebut dan terjadilah proses pemotongan [5] (Harish dan Babu, 2017).

Pada penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan pemotongan logam dengan metode gas *cutting* oleh [6] Ramakrishna (2018), yaitu tentang pengoptimalan MRR (*Material*

Removal Rate) pada pemotongan baja karbon SA516 Grade 70 dengan menggunakan mesin otomatis *Oxy-Fuel cutting* . Hasil paling optimal yang didapat yaitu kecepatan potong 450 mm/menit, *stand-off distance* 8 mm, dan tekanan oksigen 5,5 kg/cm² dan didapat MRR (*Material Removal Rate*) sebesar 5,924 gr/detik (Ramakrishna dkk., 2018). Sedangkan pada penelitian gas *cutting* logam *mild steel* yang dilakukan oleh [1] Sunny (2015) didapat MRR paling optimal sebesar 31,57 mm³/detik dengan kecepatan potong 315 mm/menit dan *stand-off distance* 3 mm [1] (Sunny dkk., 2015).

Metode Taguchi digunakan untuk memperoleh hasil kombinasi parameter paling optimal yang dapat dikendalikan melalui perencanaan percobaan dengan memperhatikan biaya yang kecil namun tetap memenuhi permintaan konsumen, salah satu penerapan pada proses pemotongan logam.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi parameter optimal kecepatan *torch*, jarak *nozzle* dan tekanan oksigen terhadap nilai MRR logam *Mild steel* yang dianalisa menggunakan metode taguchi.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat pelaksanaan penelitian ini di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

Alat

- Alat otomatis pengelasan
 - Tabung oksigen
 - Tabung asetilen
 - Selang las
 - Brander
 - Nozzle tip
 - Meteran
 - Jangka Sorong
 - Peralatan safety
- Bahan
- Oksigen
 - Asetilen
 - Baja karbon rendah (*Mild steel*)

Prosedur Penelitian

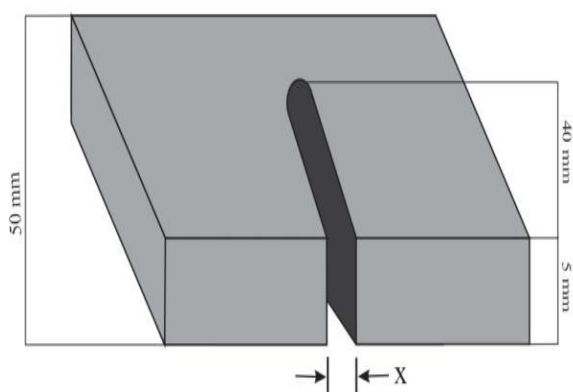
- a) Persiapkan peralatan pemotongan serta benda kerja;
- b) Setting variasi parameter yang telah ditetapkan seperti tekanan oksigen, jarak *nozzle* ke benda kerja dan kecepatan *torch* pada mesin otomatis.;
- c) Lakukan pekerjaan menurut tabel kode sampel dengan pengulangan 3 kali;
- d) Hitung besar MRR setiap pengujian sampel selesai dilakukan.

Pengambilan data

Data hasil percobaan dihitung dengan menghitung volume yang terbuang dari logam yang telah dipotong seperti pada gambar 1 dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Volume pemuangan material} = \text{Panjang hasil potongan} \times \text{ketebalan benda kerja} \times \text{lebar celah pemotongan (X)}$$

$$\text{MRR} = \frac{\text{Volume} \times \text{densitas}}{\text{waktu pemotongan}}$$



Gambar 1. Besar volume yang terbuang

a. Metode Analisis

Desain eksperimen yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Taguchi orthogonal array (L9) yang mempunyai kombinasi 3 parameter dengan setiap parameter memiliki 3 level yang telah ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya

oleh [6] Ramakrishna (2018) dimana didapat hasil MRR optimal dengan menggunakan kecepatan torch sebesar 450mm/min, tekanan oksigen 5,5 kg/cm² dan jarak nozzle 8 mm. Tabel 1 menampilkan nilai masing-masing level dari variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Variabel Bebas

Kode	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Torch	425 mm/min	450 mm/min	475 mm/min
B	Tekanan Oksigen	6,5 Kg/cm ²	7 Kg/cm ²	7,5 Kg/cm ²
C	Jarak Nozzle	4 mm	6 mm	8 mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Eksperimen

Berikut hasil percobaan yang telah dilaksanakan dengan 3 kali replikasi pada tiap kombinasi dan didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 sebagai berikut

Tabel 2. Data Hasil Eksperimen

Komb.	MRR			Rata-rata
	I	II	III	
1	0,431	0,394	0,398	0,407
2	0,459	0,426	0,459	0,448
3	0,577	0,525	0,485	0,529
4	0,579	0,579	0,613	0,59
5	0,642	0,665	0,681	0,678
6	0,69	0,667	0,721	0,681
7	0,703	0,77	0,736	0,731
8	0,804	0,843	0,795	0,814
9	0,887	0,93	0,965	0,927
Rata-rata total				0,645

2. Perhitungan S/N Rasio

Pada metode taguchi ada 3 pemilihan karakteristik pemilihan respon yaitu smaller the better, nominal the best, larger the better pada penelitian ini nilai MRR semakin besar semakin baik maka pemilihan karakteristik S/N rasio yaitu larger the better. Contoh perhitungan S/N rasio

nilai MRR dengan karakteristik semakin besar semakin baik pada kombinasi yang pertama yaitu sebagai berikut.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$S/N = -10 \log \left\{ \frac{1}{3} \left[\left(\frac{1}{0,431^2} \right) + \left(\frac{1}{0,394^2} \right) + \left(\frac{1}{0,398^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = -7,81469$$

Perhitungan S/N rasio untuk setiap respon di semua kombinasi ditunjukkan pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Data hasil Perhitungan S/N rasio

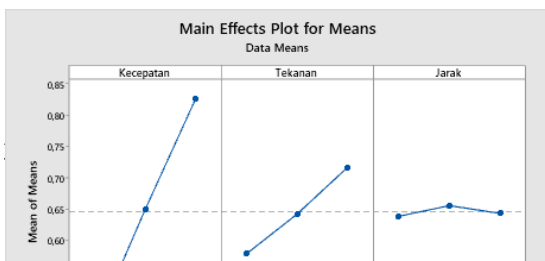
Komb.	Besar MRR			S/N
	1	2	3	
1	0,431	0,394	0,398	-7,81469
2	0,459	0,426	0,459	-6,99068
3	0,577	0,525	0,485	-5,59628
4	0,579	0,579	0,613	-4,58742
5	0,642	0,665	0,681	-3,58176
6	0,69	0,667	0,721	-3,20272
7	0,703	0,77	0,736	-2,67650
8	0,804	0,843	0,795	-1,79587
9	0,887	0,93	0,965	-0,67081
		Max		-0,67081
		Min		-7,81469

Dari tabel 3 diatas didapat nilai S/N rasio terbesar pada kombinasi ke 9 dengan nilai -0,67081. Dengan karakteristik yang dipilih yaitu larger the better maka kombinasi ke 9 merupakan kombinasi yang paling baik.

3. Kombinasi variasi optimal

Nilai yang paling optimal didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata tiap level. Nilai rata-rata tertinggi merupakan nilai yang paling optimal pada parameter yang digunakan. Berikut nilai yang paling optimal :

- a. Kecepatan *Torch* : 475 mm/min
- b. Tekanan Oksigen : 7,5 Kg/cm²
- c. Jarak *Nozzle* : 6 mm



Gambar 2. Plot nilai masing-masing level faktor

Dari gambar 2 diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Semakin tinggi kecepatan maka MRR yang dihasilkan semakin besar.
2. Semakin besar tekanan oksigen MRR yang dihasilkan semakin besar.
3. Jarak nozzle tidak berpengaruh signifikan terhadap MRR yang dihasilkan

4. ANOVA, Uji F, dan Persentase Kontribusi

ANOVA digunakan untuk mengetahui kontribusi setiap parameter terhadap keluaran yang diteliti. Hasil perhitungan ANOVA didapatkan dari *software* Mini Tab. Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan ANOVA.

Tabel 4. Hasil Perhitungan ANOVA

Sumber	D	SS	MS	F _{hitung}
Kecepatan <i>Torch</i>	2	39,27	19,63	244,46
Tekanan Oksigen	2	5,24	2,62	32,68
Jarak <i>Nozzle</i>	2	0,15	0,08	0,96
Residual	2	0,16	0,0803	
Total	8	44,75		

Dapat disimpulkan pada tabel nilai F_{hitung} > F_{tabel} maka nilai tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan. Nilai F_{tabel} pada penelitian ini sebesar 19,00. Dapat dilihat bahwa kecepatan torch dan tekanan oksigen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai material removal rate. Parameter jarak nozzle tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai material removal rate.

Persen kontribusi dari tiap variabel bebas yang digunakan pada proses otomasi gas cutting ini terdapat pada tabel 5 di bawah ini dengan contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$SS'_A = SS_A - MS_e(DK_A)$$

$$SS'_A = 39,27 - 0,0803(2)$$

$$SS'_A = 39,27 - 0,16106$$

$$SS'_A = 39,109$$

$$\rho_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho_A = \frac{39,109}{44,75} \times 100\%$$

$$\rho_A = 87,39 \%$$

Tabel 5. Persen kontribusi tiap Variabel bebas

Simbol	Variabel Bebas	SS'	P
A	Kecepatan Torch	39,109	87,39 %
B	Tekanan Oksigen	5,0794	10,35 %
C	Jarak Nozzle	0,0058	1,17 %
R	Residual Total		1,09 % 100%

Dari tabel 5 diatas diketahui bahwa variabel kecepatan torch memiliki pengaruh terbesar terhadap variabel output dengan persen kontribusi 87,39 % kemudian tekanan oksigen 10,35 % dan jarak nozzle 1,17 %.

5. Pembahasan

a. Kecepatan Torch

Semakin tinggi kecepatan torch maka akan meningkatkan hasil produksi gram karena panas yang dihasilkan dari kecepatan yang semakin tinggi membuat daerah disekitar alur potong tidak mengalami peleburan sehingga gram yang dihasilkan akan terbuang sempurna. Berbeda dengan jalur potong dengan kecepatan potong yang rendah membuat daerah disekitar jalur potong terjadi peleburan sehingga gram yang dihasilkan tidak terbuang melainkan meleleh di bawah celah potongan.

b. Tekanan Oksigen

Semakin besar tekanan oksigen yang digunakan maka suhu api yang keluar akan meningkat pula dimana hal ini akan mengoksidasi logam yang dipotong sehingga slag atau lelehan logam akan dengan mudah untuk dihilangkan dengan oksigen bertekanan yang keluar dari bagian tengah lubang nozzle.

c. Jarak Nozzle

MRR dengan parameter jarak sejauh 8 mm terjadi panas lidah api yang tidak terdistribusi secara merata. Suhu pada ujung lidah api cenderung lebih rendah daripada daerah sekitar ujung nozzle, sehingga semakin lebar jarak nozzle dengan spesimen panas yang diterima spesimen untuk pemotongan lebih rendah. MRR dengan parameter jarak sejauh 4 mm terjadi panas yang terlalu tinggi sehingga slag yang dihasilkan tidak terbuang secara optimal dikarenakan menempel

pada bagaian bawah spesimen. MRR dengan parameter jarak sejauh 6 mm menghasilkan panas yang diterima logam spesimen untuk proses pemotongan terjadi secara optimal.

KESIMPULAN

Hasil analisa menggunakan metode taguchi mengenai optimasi proses gas cutting didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Pengaruh parameter kecepatan torch terhadap *Material Removal Rate* menghasilkan pembuangan gram paling besar pada level 3 dengan besar kecepatan 475 mm/min dan persentase kontribusi sebesar 87,39 %, pengaruh parameter tekanan oksigen terhadap *Material Removal Rate* menghasilkan pembuangan gram paling besar pada level 3 dengan tekanan sebesar 7,5 kg/cm² dan besar persentase kontribusi sebesar 10,35 %, pengaruh parameter jarak nozzle terhadap *Material Removal Rate* menghasilkan pembuangan gram paling besar pada level 2 dengan jarak 6 mm dan besar persentase kontribusi sebesar 1,17%.
2. Parameter dengan MRR paling optimal didapatkan pada kecepatan torch level 3 sebesar 475 mm/min, tekanan oksigen pada level 3 sebesar 7,5 kg/cm² dan jarak nozzle pada level 2 sebesar 6 mm.

SARAN

Pada penelitian selanjutnya untuk proses pemotongan dilakukan selama proses berlangsung, perlu diteliti juga faktor-faktor yang masih belum digunakan, agar diperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya serta lebih diperbanyak lagi variasi respon yang diteliti agar hasil yang diperoleh bisa lebih baik menggunakan metode taguchi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar, S. F., Dan B. Kusharjanta. 2005. Pemotongan Plat Baja Dengan Gas Cutting Machine. *Mekanika* 3
- [2] Harish, M., Dan P. K. Babu. 2017. Analysis Of Oxy-Fuel Cutting Process Parameters Using Grey-Taguchi Technique For Mild Steel Hrc350. *International Journal Of Innovative Technology And Research* 5: 5777-5783
- [3] Patel, M. Ajay, Dhaval Shah, Mudit Kothari. 2015. Design and Manufacturing of Automated Gas Profile Cutting Machine using PLC. *International Journal for Scientific Research & Development* 3: 2321-2613
- [4] Ramakrishna, C. S., K.S.Raghuram, Dan B. A. Ben. 2018. Process Modelling And Simulation Analysis Of CNC Oxy-Fuel Cutting Process On

SA516 Grade 70 Carbon Steel. *Materials Today: Proceedings* 5 5: 7818–7827.

[5] Sunny, S., S. Jayesh, MRR Optimizer Group. 2015. Optimization of Various Gases Cutting Process By Changing Various Parameters. *International Research Journal of Engineering and Technology* 2: 67-73

[6] Zaenuri, M., Dan Murni. 2015. Rancang Bangun Las Potong Portable (Design Of Portable Welding Machine). 1-5.