

Optimasi Parameter Mesin Laser *Cutting* terhadap Kekasaran dan Laju Pemotongan pada Aluminium 5083 Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi *Grey Analysis Method*

Fenisia Yushi D.¹, Pranowo Sidi.², dan Irma Rustini A.³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan

Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : fenisiayuhsidewinta@gmail.com

Abstrak

Kemajuan teknologi menuntut untuk terus dilakukan perbaikan terhadap kualitas suatu produk melalui sebuah penelitian. kualitas produk salah satunya untuk mendapatkan nilai optimasi parameter CNC laser cutting. Optimasi Parameter adalah teknik yang digunakan pada proses manufaktur untuk menghasilkan kualitas produk terbaik Melalui sebuah penelitian. Pada mesin laser cutting terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi kekasaran dan laju pemotongan pada material aluminium 5083. Parameter tersebut adalah titik fokus sinar laser, cutting speed, tekanan gas cutting dan nozzle distance. Masing-masing parameter memiliki 4 level dan pada penelitian ini menggunakan matriks orthogonal L16 (4⁴). Metode TAGUCHI dan ANOVA digunakan untuk menganalisis data hasil percobaan. Optimasi kekasaran minimum permukaan dan laju pemotongan minimum pada proses laser cutting dilakukan dengan menggunakan Grey relational analysis (GRA). Eksperimen konfirmasi digunakan untuk membuktikan hasil optimal yang telah didapatkan dari metode Taguchi Grey relational analysis (GRA). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa Taguchi Grey relational analysis efektif digunakan untuk mengoptimasi parameter pemesinan pada laser cutting dengan multi respon.

Kata kunci: *kekasaran, laju pemotongan, laser cutting, aluminium 5083, taguchi GRA*

1. PENDAHULUAN

Mesin *Laser Cutting* yang banyak digunakan dalam dunia industri untuk Proses Pemotongan Plat logam dan dapat mengatasi ketidak mampuan proses dari mesin – mesin konvensional biasa. Media potong yang digunakan laser *cutting* adalah sinar laser yang dibantu dengan gas *cutting* yang berfungsi sebagai media pemotongan *sheetmetal*. Mesin CNC laser *cutting*, Trumpf, Jerman merupakan *cutting machine* berbasis computer dengan menggunakan *software* TruTops dalam proses pemograman.

Penelitian ini dengan latar belakang Masalah yang sering terjadi dalam proses cutting laser adalah Kecacatan pemotongan. kecacatan tersebut diantaranya surface kasar sampai tidak terpotongnya produk (line cutting) pada proses pemotongan. sehingga perlunya optimasi parameter untuk mengatasi masalah tersebut. Untuk mencapai hasil pemotongan dengan kekasaran minimum akan mempengaruhi laju pemotongan yaitu waktu yang lebih lama. Tetapi jika waktu pemotongan semakin cepat menyebabkan nilai kekasaran yang tinggi dikarenakan sinar laser yang terlalu cepat untuk memotong material. Untuk mendapatkan hasil produk dengan kekasaran minimum dapat dicapai dengan mengoptimalkan parameter yang mempengaruhi, yaitu titik focus sinar laser, tekanan gas cutting, dan cutting speed (Anonimous,2010a) Sehingga dibutuhkan optimasi parameter permesinan untuk mendapatkan laju pemotongan minimum dengan kekasaran permukaan minimum.

Proses pemesinan dilakukan pada material Aluminium 5083 dengan menggunakan parameter titik fokus sinar laser, tekanan gas cutting, cutting speed dan nozzle distance. Metode yang digunakan adalah Taguchi Grey relational analysis.

Material yang digunakan adalah jenis Aluminium 5083. Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silicon. Aluminium 5083 merupakan paduan Al-Mg merupakan salah satu paduan aluminium yang sering digunakan untuk aplikasi teknik dibidang industri. Untuk karakteristik material aluminium 5083 ditunjukkan pada tabel 1.

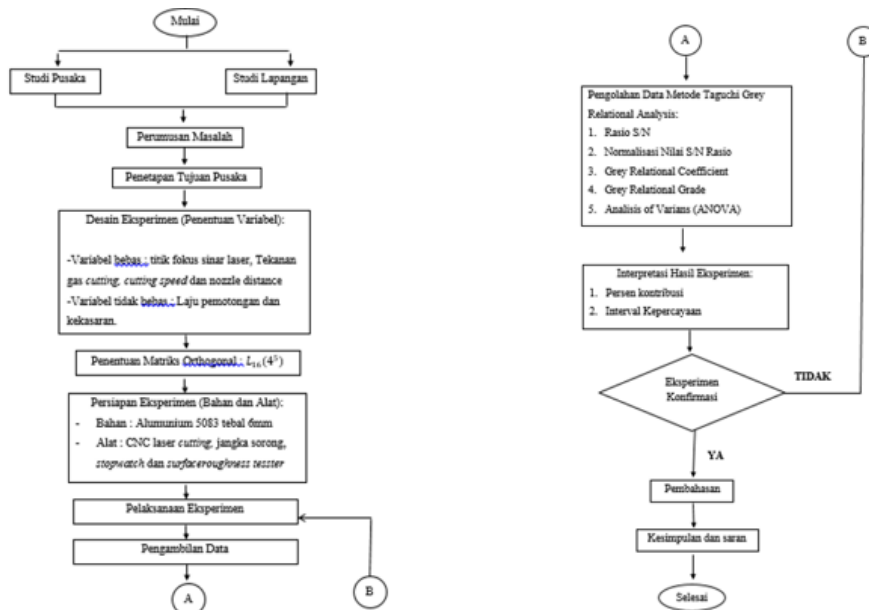
Tabel 1 Komposisi 5083 (%)

Elemen	Si	Fe	Cu	MN	Mn	Zn	Ti	Cr
Aluminium 5083	0,4	0,4	0,1	1	4,9	0,25	0,15	0,25

Sumber: (<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2804.Html>)

2. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukuan pada penelitian ini berdasarkan pada Diagram Alir dibawah ini.



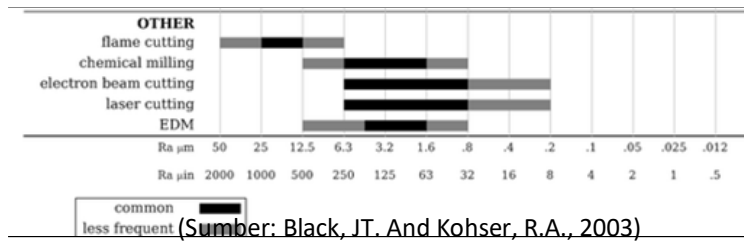
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

2.1 Kekasaran Permukaan

(Rochim, T 1993) Kekasaran Permukaan, menurut istilah keteknikan, permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Setiap proses pengerjaan mempunyai ciri tertentu atas permukaan benda kerja yang dihasilkan. Oleh karena itu dalam memilih proses pengerjaan aspek kekasaran permukaan perlu dipertimbangkan. Untuk memeriksa kualitas permukaan akhir benda kerja yang dihasilkan dalam jumlah banyak cocok digunakan parameter Ra dikarenakan penggunaan parameter Ra lebih peka jika terjadi penyimpangan pada proses pemesinan dibandingkan dengan parameter-parameter kekasaran permukaan yang lain

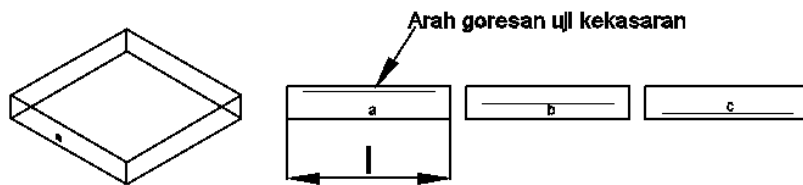
Untuk nilai kekasaran dalam pengerjaan memiliki nilai yang berbeda-beda ditunjukkan pada tabel 2. Misalnya untuk pengerjaan menggunakan laser cutting didapat range nilai kekasaran yang dihasilkan adalah 0,8 – 6.3 μm .

Tabel 2 Nilai Kekasaran yang Dicapai oleh Berapa Pengerjaan.



(Sumber: Black, J.T. And Kohser, R.A., 2003)

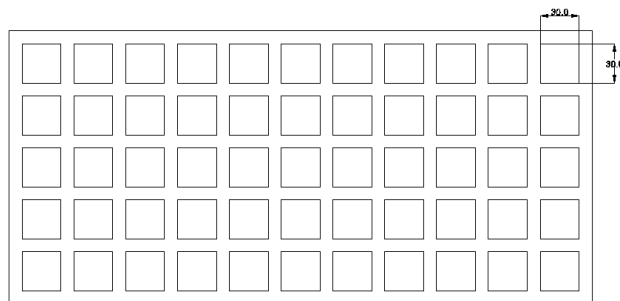
Pengujian kekasaran yang dilakukan pada eksperimen ini dengan menggunakan pengujian Ra (penyimpangan aritmatika) yaitu dengan alat uji kekasaran permukaan merk Mitutoyo SJ 201. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan disalah satu sisi pemotongan. Karena salah satu sisi sudah mewakili satu parameter. Pengukuran dilakukan 3 kali yaitu pertama dilakukan pada sisi satu yang berada diatas, sisi dua yang berada dibawah dan sisi berikutnya berada ditengah benda kerja. Dari pengukuran kekasaran tersebut didapatkan nilai rata-rata hasil kualitas kekasaran permukaan pemotongan. Langkah selanjutnya didapatkan nilai rata-rata kekasaran permukaan yang nantinya digunakan sebagai nilai terhadap respon kekasaran. Arah dan bentuk pengujian kekasaran dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Pengukuran kekasaran (pada ke salah satu sisi pemotongan)

2.2 Laju Pemotongan (Move Removal Rate)

Nilai kekasaran yang dicari akan mempengaruhi nilai laju pemotongan. Laju pemotongan yang tidak tepat akan menghasilkan produk yang kurang presisi. Laju pemotongan (MRR) pada mesin CNC laser cutting merupakan fungsi dari sinar laser dalam melelehkan material saat proses pemotongan. Pada mesin CNC laser cutting laju pemotongan didapatkan berdasarkan banyaknya material yang terbuang atau leleh (slag) dalam satuan waktu. Untuk mencari banyaknya material yang terbuang didapat dari fungsi pengurangan antara volume sisa dari produk dengan volume produk yang didapat per satuan waktu (waktu aktual pengerjaan). Rancangan bentuk pemotongan yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Layout pelaksanaan eksperimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan matriks orthogonal L16 (4⁴) dengan taguchi *grey relational analysis method*. sehingga untuk menentukan kombinasi parameter yang optimal respon laju pemotongan dan kekasaran dengan langkah – langkah berikut:

1. Mengkonversi data eksperimen menjadi nilai S / N.
2. Normalisasikan rasio S / N.
3. Hitung grey relational coefficients
4. Menghitung nilai grey relational grade dengan menggunakan analisis komponen utama.
5. Pilih tingkat optimal parameter pemotongan.
6. Lakukan percobaan konfirmasi.

3.1 Kombinasi optimal dari parameter pemotongan

Karakteristik yang diperoleh dari hasil eksperimen awalnya dikonversi menjadi rasio S / N untuk mencari hasil yang diinginkan dengan kinerja terbaik dan varian terkecil. Dengan demikian, untuk mendapatkan optimasi parameter permesinan yang minimum pada respon laju pemotongan dan kekasaran permukaan. Hasil percobaan disubstitusi menjadi Persamaan 1 untuk menghitung rasio S / N laju pemotongan dan kekasaran yang ditunjukkan pada Tabel 3

$$S/N = -10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (1)$$

Tabel 3 Nilai Rasio S/N laju pemotongan dan kekasaran

NO	Kombinasi Parameter				Rasio S/N Laju pemotongan	Rasio S/N Kekasaran
	(A) mm	(B) bar	(C) (m/menit)	(D) mm		
1	-7,5	15	0,9	1,8	-21,7457	-3,6829
2	-7,5	17	1	2	-22,0828	-6,1455
3	-7,5	18	1,1	2,2	-22,2807	-4,7780
4	-7,5	19	1,2	2,4	-21,8803	-5,7395
5	-9	15	1	2,2	-23,5704	-4,6489
6	-9	17	0,9	2,4	-20,1669	-7,1263
7	-9	18	1,2	1,8	-22,7870	-10,6494
8	-9	19	1,1	2	-24,2759	-11,4369
9	-10,5	15	1,1	2,4	-22,6953	-8,0515
10	-10,5	17	1,2	2,2	-24,7341	-11,4269
11	-10,5	18	0,9	2	-24,2992	-13,3572
12	-10,5	19	1	1,8	-24,3128	-13,4101
13	-12	15	1,2	2	-25,5805	-13,8910
14	-12	17	1,1	1,8	-24,5125	-16,9449
15	-12	18	1	2,4	-23,2025	-12,5835
16	-12	19	0,9	2,2	-20,9599	-14,2389

Semua urutan rasio S / N pada Tabel 3 kemudian diganti menjadi Persamaan 2 untuk dinormalisasi. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 4. Agar secara obyektif kepentingan relatif untuk setiap karakteristik kinerja dalam grey relational analysis, analisis komponen utama diperkenalkan secara khusus di sini untuk menentukan nilai pembobotan yang sesuai untuk setiap karakteristik kinerja. Elemen dari array untuk karakteristik kinerja ganda yang tercantum dalam Tabel 4 dengan nama kolom GRD untuk mewakili grey coefficient dari setiap karakteristik kinerja.

$$Xi^*(k) = \frac{XO^*(k) - \text{Min } XO^*(k)}{\text{Max } XO^*(k) - \text{Min } XO^*(k)} \quad (2)$$

Tabel 4 Hasil Nilai *Grey relational grade* (GRC)

Kombinasi Eksperimen	Normalisasi Rasio S/N		<i>Grey Relational Coefficient</i>		GRG $\gamma(X0, Xi)(k)$ (Y3)
	Laju pemotongan	Kekasaran	Laju pemotongan	Kekasaran	
A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	0,7084	1,0000	1,0000	0,6316	0,8526
A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	0,6461	0,8143	0,7292	0,5855	0,6717
A ₁ B ₃ C ₃ D ₃	0,6095	0,9174	0,8583	0,5615	0,7396
A ₁ B ₄ C ₄ D ₄	0,6835	0,8449	0,7633	0,6124	0,7029
A ₂ B ₁ C ₂ D ₃	0,3713	0,9272	0,8728	0,4430	0,7009
A ₂ B ₂ C ₁ D ₄	1,0000	0,7404	0,6582	1,0000	0,7949
A ₂ B ₃ C ₄ D ₁	0,5160	0,4747	0,4877	0,5081	0,4959
A ₂ B ₄ C ₃ D ₂	0,2410	0,4153	0,4610	0,3971	0,4354
A ₃ B ₁ C ₃ D ₄	0,5330	0,6706	0,6028	0,5170	0,5685
A ₃ B ₂ C ₄ D ₃	0,1563	0,4161	0,4613	0,3721	0,4256
A ₃ B ₃ C ₁ D ₂	0,2367	0,2705	0,4067	0,3958	0,4023
A ₃ B ₄ C ₂ D ₁	0,2342	0,2665	0,4054	0,3950	0,4012
A ₄ B ₁ C ₄ D ₂	0,0000	0,2303	0,3938	0,3333	0,3696
A ₄ B ₂ C ₃ D ₁	0,1973	0,0000	0,3333	0,3838	0,3535
A ₄ B ₃ C ₂ D ₄	0,4393	0,3289	0,4269	0,4714	0,4447
A ₄ B ₄ C ₁ D ₃	0,8535	0,2040	0,3858	0,7734	0,5409

Tabel respon metode Taguchi digunakan untuk menghitung rata-rata nilai grey relational untuk setiap parameter pemotongan. Hal ini dilakukan dengan menyortir nilai grey relational analysis sesuai dengan parameter pemotongan di setiap kolom dari susunan matriks ortogonal. Dengan menggunakan metode yang sama, perhitungan dilakukan untuk setiap tingkat parameter pemotongan dan tabel respon dibuat seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Pada dasarnya, semakin besar nilai grey relational adalah semakin baik karakteristik dual responnya. Dari tabel respon untuk nilai GRA yang ditunjukkan pada Tabel dengan menggunakan alpha sebesar 05, kombinasi terbaik dari parameter pemotongan adalah titik fokus sinar laser, *nozzle distance*, *cutting speed* dan tekanan gas *cutting*

Tabel 5 level optimal untuk respon gabungan

Level faktor	A	B	C	D
1	-2,6308	4,5054	-4,1563	-6,1104
2	-4,5987	5,4752	-5,3784	-6,8078
3	-7,0414	5,9151	-5,9447	-4,6163
4	-7,5134	5,8886	-6,3049	-4,2497
Rangking	1	4	3	2

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat pada penelitian yang berjudul “optimasi parameter mesin laser *cutting* terhadap kekasaran dan Laju pemotongan pada Aluminium 5083 menggunakan desain eksperimen

Taguchi *Grey relational analysis method*” adalah Pengaturan parameter yang tepat untuk titik fokus sinar laser, tekanan gas, *cutting speed*, *Nozzle distance* pada proses laser cutting untuk pemotongan aluminium 5083 sehingga dapat mengoptimalkan respon kekasaran yang minimum dan respon laju pemotongan yang minimum adalah pada titik fokus sinar laser dengan nilai -7,5 mm, *cutting speed* dengan nilai 0,9 m/min dan *nozzle distance* dengan nilai 2,4 mm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. (2010a) '*Operator Manual Laser Cutting*', TRUMPF, Jerman.
- Anonimous. (2010b) '*TruLaser 3030 lean Edition*', TRUMPF, Jerman.
- Black, J.T. dan Konhser, R.A. (2003) '*Degarmo's Materials and Processes in Manufacturing*', John Wiley and sons Inc., Hoboken.
- Jangra, K., Jain., A dan Grover, S. (2010). '*Optimization of multiple-machining characteristics in wire electrical discharge machining of punching die using Grey relational analysis*'. *Journal of Scientific and Industrial Research*, Vol 69, pp 606-612
- Juhana, O. dan Suratman, M. (2000) '*Menggambar Teknik Mesin dengan Standart ISO*', Pustaka Grafika, Bandung.
- Muliyannah, D. (2011) '*Optimasi Kualitas Garitan dengan Rancangan Kuat dari Eksperimen selama ND: YAG Laser Cutting Lembaran Paduan Aluminium Tipis untuk Profil Straight*', Tugas akhir, Universitas Sultan Agung Tirtayasa Banten. Banten.
- Park, S., H. (1996) '*Robust Design And Analysis For Quality Engineering*', Chapman And Hall. London.
- Prihadianto, B. (2015) '*Optimasi parameter pemotongan polymethyl methacrylate pada mesin laser cutting co2*', Tesis, Universitas Gajah Mada Jogjakarta. Jogjakarta.
- Purwanti, E. P. dan Pilarian, F. (2012) '*Optimasi Parameter Proses pemotongan Stainless Steel SUS 304 untuk kekasaran permukaan dengan metode Respon surface*', Tugas akhir, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Putra, V. (2015) '*Optimasi Parameter Mesin Wire EDM terhadap Waktu dan Kekasaran Pemotongan Material SKD 61 dengan Metode Grey relational analysis*', Tugas akhir, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Rakasita, R. (2014) '*Optimasi Parameter Mesin laser cutting terhadap kekasaran dan laju pemotongan pada sus 316L menggunakan taguchi Grey Relational Analysis method*', Tugas akhir, Jurusan teknik desain dan manufaktur politeknik perkapalan negeri Surabaya.
- Rochim, T. (1993) '*Teori dan Teknologi Proses Permesinan*', Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Soejanto, I. (2009) '*Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*', Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Shivapragash, B., Chandrasekaran, K., Parthasarathy, C dan Samuel, M. (2013). Multiple response optimizations in drilling using Taguchi and Grey Relational Analysis. *International Journal of Modern Engineering Research*, Vol 3, pp 765-768
- Azom. (<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2804.Html>) Diakses Tanggal 18 November 2016
- Micquality. http://www.micquality.com/reference_tables/taguchi.html Diakses Tanggal 26 Desember 201