

# Optimasi Proses *Cutting* Material Akrilik pada CNC Laser G-Weike LC6090 dengan Metode *Simplex Centroid Design* dan Optimasi Plot Multirespon

Tian Marcelina<sup>1</sup>, Dewa Kusuma Wijaya<sup>1\*</sup>, Rudi Tjahyono<sup>1</sup>, Herwin Suprijono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Dian Nuswantoro Semarang, 50131

\*Korespondensi penulis: dewa.kuja@dsn.dinus.ac.id

(Received: 09-04-2021; Revised: 20-04-2021; Accepted: 27-04-2021)

**Abstract.** Operation of the G-Weike LC6090 CNC laser machine for cutting process uses the appropriate parameter settings in order to cut material optimally. It is known that CNC laser parameter settings on the machine are carried out by estimation or assumption because there is no reference or tabulation of parameter level settings on the machine which causes cutting process on the CNC laser to be less than optimal. Machine setting errors can result in mismatches of process results, so that the setting process is repeated on a trial error basis. This research is a continuation of previous research related to the optimization of the engraving process. This research focuses on optimizing the parameter setting level of the G-Weike LC6090 CNC laser machine for cutting process. The material used is acrylic with 3mm, 5mm, and 10mm thickness. The setting parameters used are cutting speed and laser power. The optimization method uses a combination of Simplex Centroid Design and multi-response plot optimization. The response parameters used are actual processing time, dimensions of the length and width of the cut. The results of this study indicate that the optimal level of cutting process settings for 3mm thickness acrylic is 1.93037mm / s for speed and 56.6963% for power. Acrylic with a thickness of 5mm obtained an optimal level setting of 2.6mm / s for speed and 55% for power. 10mm thick acrylic obtained the optimal setting level of 1.1535mm / s for speed and 59.539% for power. 59.539% for power.

**Keywords:** CNC laser, cutting, optimization, Simplex Centroid Design, multi-response plot.

**Abstrak.** Operasional mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk proses *cutting* menggunakan seting parameter yang sesuai agar dapat memotong material secara optimal. CNC laser tersebut diketahui seting parameter pada mesin dilakukan secara perkiraan atau asumsi dikarenakan tidak adanya acuan tabulasi *level* parameter seting pada mesin tersebut yang menyebabkan proses *cutting* pada CNC laser tersebut kurang optimal. Kesalahan seting mesin dapat mengakibatkan ketidaksesuaian hasil proses, sehingga proses seting diulang kembali secara *trial error*. Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian sebelumnya terkait optimasi proses *engraving*. Penelitian ini berfokus terhadap optimasi *level* seting parameter mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk proses *cutting*. Material yang digunakan adalah akrilik berketebalan 3 mm, 5 mm, dan 10 mm. Parameter seting yang digunakan adalah kecepatan potong (*speed*) dan kekuatan laser (*power*). Metode optimasi menggunakan kombinasi *Simplex Centroid Design* dan optimasi plot multirespon. Parameter respon yang digunakan adalah waktu aktual proses, dimensi panjang dan lebar dari hasil potong. Hasil penelitian ini menunjukkan *level* seting proses *cutting* yang optimal untuk akrilik berketebalan 3 mm sebesar 1.93037 mm/s untuk *speed* dan 56.6963% untuk *power*. Akrilik berketebalan 5mm diperoleh *level* seting optimal sebesar 2.6 mm/s untuk *speed* dan 55% untuk *power*. Akrilik berketebalan 10mm diperoleh *level* seting optimal sebesar 1.1535mm/s untuk *speed* dan 59.539% untuk *power*.

**Kata kunci:** CNC laser, *cutting*, optimasi, *simplex centroid design*, plot multirespon.

## PENDAHULUAN

Penggunaan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) telah diimplementasikan secara luas pada era industri modern saat ini untuk menggantikan peran manusia dalam suatu proses permesinan. Permesinan CNC banyak memberikan manfaat secara luas, salah satunya adalah kualitas dari hasil pengerjaan yang sangat presisi dan akurat. Jenis mesin CNC sendiri semakin bervariasi, diantaranya adalah CNC *turning*, CNC *milling*, CNC *router*, CNC *laser* bahkan proses pengelasan juga sudah mulai menggunakan permesinan CNC yaitu CNC *welding* dan masih banyak jenis CNC lainnya. Selain beberapa jenis CNC tersebut, prinsip kerja CNC juga diimplementasikan pada mesin 3D printer dengan berbagai variasi jenisnya.

Operasionalitas mesin CNC biasanya dimulai dari tahapan perancangan menggunakan CAD (*Computer Aided Design*) dimana pada proses ini desain dari objek akan dibuat terlebih dahulu menggunakan bantuan *software* gambar computer baik dalam format 2D ataupun 3D sesuai kebutuhan pengguna. Tahapan selanjutnya adalah dilakukan perancangan menggunakan CAM (*Computer Aided Machining*) dimana pada tahapan ini desain yang telah dibuat sebelumnya akan dirancang alur proses pengerjaannya (*toolpath*) dan dibuat *syntax* program permesinan menggunakan bahasa permesinan. Salah satu bahasa permesinan CNC yang kita kenal adalah *gcode*.

Mesin CNC yang akan dioperasikan tentunya harus sudah disiapkan data program *input* dari hasil perancangan CAD. Data program tersebut kemudian akan diinput ke mesin CNC melalui panel kontrol yang ada di mesin tersebut ataupun ke dalam komputer sebagai kontrol mesin apabila di beberapa tipe mesin CNC tidak menggunakan panel kontrol. Selanjutnya akan dilakukan *input* seting parameter mesin CNC yang tentunya berbeda di setiap jenis mesin CNC. Mesin CNC kemudian akan membaca *gcode* dari data tersebut untuk kemudian memproses sesuai dengan program yang sudah ditetapkan.



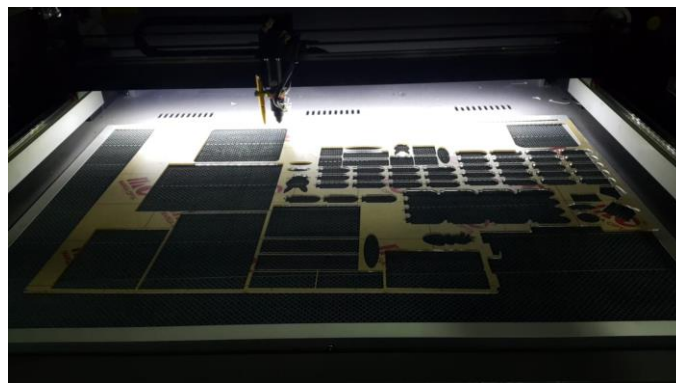
GAMBAR 1. CNC Laser G-Weike LC6090.

Penelitian ini menggunakan salah satu jenis mesin CNC yaitu CNC laser dengan merk G-Weike tipe LC6090 sebagai objek. Operasionalitas mesin CNC laser g-Weike LC6090 sendiri seperti mesin CNC pada umumnya sesuai penjelasan di atas. Mesin CNC laser ini mampu melakukan 2 jenis proses permesinan yaitu potong (*cutting*) dan ukir (*engraving*). Proses *cutting* adalah proses yang digunakan untuk memotong material, sedangkan proses *engraving* adalah proses yang digunakan untuk menggores permukaan material sehingga hasil proses menjadi seperti ukiran. Material yang dapat diproses permesinan CNC laser G-weike LC6090 ini bervariasi diantaranya adalah akrilik, polikarbonat, PET, HDPE, LDPE, *plyboard*, MDF, LDF, HDF, dan lain sebagainya dengan ketebalan tertentu. Namun, mesin ini tidak dapat digunakan untuk memproses material logam oleh karena kemampuan daya laser yang tidak diperuntukkan untuk logam. Khusus material akrilik,

sesuai informasi dari produsen mesin bahwa mesin CNC tersebut hanya mampu melakukan proses *cutting* dengan ketebalan maksimal 10 mm atau 1 cm.

Kajian penelitian ini akan menggunakan objek permesinan CNC laser G-Weike LC6090 untuk proses *cutting* terhadap material berjenis akrilik dengan ketebalan yang bervariasi, yaitu 3 mm, 5 mm, dan 10 mm. Pemilihan ketebalan material akrilik tersebut disesuaikan dengan ketersediaan bahan akrilik yang ada di pasaran dan paling sering digunakan pada produk-produk berbasis akrilik.

Penelitian ini akan berfokus pada upaya optimasi proses *cutting* material akrilik dengan ketebalan bahan 3mm, 5mm, dan 10mm. Optimasi proses *cutting* ini perlu dilakukan oleh karena mesin CNC tersebut pada operasionalnya tidak memiliki acuan tabulasi seting pada setiap parameter *input* mesinnya. Hal ini menyebabkan operator mesin tersebut sejauh ini ketika melakukan seting mesin hanya berdasarkan perkiraan atau asumsi saja. Hal ini tentu saja membuat proses permesinan *cutting* menjadi kurang optimal, dibuktikan dengan tabung CO<sub>2</sub> penghasil laser yang lekas habis oleh karena seting penggunaan daya laser yang berlebih untuk memotong material atau bahkan material yang tidak terpotong oleh karena seting daya laser yang terlalu rendah, sehingga menyebabkan cacat (*defect*) material yang kemudian sebagian besar tidak dapat dimanfaatkan kembali dan dibuang.



**GAMBAR 2.** Proses *cutting* material akrilik.

Parameter seting mesin CNC G-Weike LC6090 ini untuk proses *cutting* adalah untuk proses *cutting* pada kekuatan daya laser (*power*) dan kecepatan gerak potong (*speed*). Mesin CNC tersebut mampu melakukan proses *cutting* secara optimal untuk material akrilik apabila diketahui nilai seting *power* dan *speed* yang tepat, tentu saja material akrilik yang berbeda ketebalan nilai tingkat (*level*) setingnya juga berbeda-beda.

Penelitian ini menggunakan optimasi berbasis DoE (*Design of Experiment*) dengan metode SCD (*Simplex Centroid Design*) dan teknik optimasi plot multirespon. Seperti yang kita ketahui bahwa pemanfaatan DoE ini mampu mereduksi jumlah suatu pengujian ilmiah di dalam mencari solusi yang optimal. Adapun parameter respon yang digunakan pada penelitian ini adalah aktual waktu proses *cutting*, dimensi aktual panjang dan lebar hasil proses. Penelitian terkait optimasi untuk proses *cutting* material dengan menggunakan mesin CNC pernah dilakukan sebelumnya namun menggunakan CNC berjenis router terhadap material kayu mahoni, pada penelitian tersebut metode optimasi yang digunakan adalah *full factorial design* dan plot multirespon [1, 2]. Optimasi permesinan CNC laser sendiri pernah dilakukan untuk proses *cutting* material berjenis PMMA (*polymethyl methacrylate*) dengan ketebalan 6 mm [3]. Penelitian lanjutan untuk proses *cutting* mesin CNC laser juga telah dilakukan terhadap material tipe komposit Al6061 – SiCp – Al<sub>2</sub>O dengan menggunakan metode *Response Surface* dan *Grey Relational Analysis* untuk menentukan *level* seting optimal permesinan [4]. Penelitian ini menggunakan bahan akrilik, dimana akrilik merupakan salah satu material dengan tipe polimer. Optimasi proses *cutting* mesin CNC dengan bahan polimer sendiri juga pernah dilakukan [5], bahkan menggunakan bahan polimer berjenis polikarbonat [6].

Mengacu terhadap parameter seting penelitian ini yaitu *power* dan *speed*, penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan untuk optimasi parameter tersebut pada mesin CNC laser namun ditujukan untuk proses *engraving* pada material kayu [7], dengan parameter yang sama penelitian dikembangkan menggunakan metode *Response Surface* untuk optimasi proses *engraving* material kayu [8]. Pengembangan parameter berupa kekasaran (*roughness*) dan laju pemotongan diterapkan pula pada proses *cutting* untuk material SUS316L menggunakan metode optimasi Taguchi *Grey Relational Analysis* [9]. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya dengan mesin CNC dan bahan material yang sama namun ditujukan untuk proses *engraving*, dimana pada penelitian tersebut metode optimasi yang digunakan adalah *Simplex Centroid Design* dan optimasi plot multirespon [10]. Diharapkan hasil kajian penelitian ini dapat menghasilkan nilai *level* seting yang optimal untuk proses *cutting* mesin CNC G-Weike LC6090 terhadap material akrilik dengan ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 10 mm, sehingga dapat menjadi acuan tabulasi ketika mesin tersebut dioperasikan untuk memproses *cutting* material akrilik agar dapat lebih efektif dan efisien serta menghasilkan produk proses yang berkualitas dan masa pakai (*lifetime*) mesin dapat lebih lama.

## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *Simplex Centroid Design* dan teknik optimasi plot multirespon untuk melakukan optimasi *level* seting *power* dan *speed* dari mesin CNC laser Gweike-LC6090 terhadap material akrilik dengan ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 10 mm. Adapun tahapan penelitian terangkum secara ringkas sebagai berikut:

1. Menentukan jenis material yaitu akrilik dan ketebalan material tersebut, dalam hal ini dipilih material akrilik dengan ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 10 mm.
2. Membuat desain menggunakan bantuan *software* CAD sebagai desain sampel uji penelitian. Sampel uji penelitian ini berupa persegi dengan dimensi panjang 3cm dan lebar 3 cm.
3. Mengidentifikasi dan menentukan parameter seting mesin CNC, yaitu *speed* sebagai variabel  $X_1$  dan *power* sebagai variabel  $X_2$  beserta rentang *level* yang tersedia pada panel kontrol parameter seting mesin tersebut. Adapun rentang *level* dari parameter ditunjukkan pada tabel 1.

**TABEL 1.** Rentang nilai *level* parameter *setting* proses *cutting* mesin CNC G-Weike LC6090.

Parameter	Level setting									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Speed</i> (mm/s)	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8
<i>Power</i> (%)	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68

4. Menentukan komposisi uji menggunakan metode *Simplex Centroid Design*, diketahui bahwa dengan 2 buah parameter seting mesin maka akan dihasilkan komposisi uji sebanyak 5 set untuk masing-masing ketebalan akrilik dengan masing-masing komposisi level setingnya.
5. Setelah jumlah komposisi uji ditetapkan dan desain sampel dibuat maka dilanjutkan dengan perancangan CAM menggunakan bantuan *software* bawaan mesin yaitu RDWorks. Pada proses CAM ini *toolpath* desain dibuat dan nilai parameter seting di-inputkan sesuai set komposisi *level* yang telah ditetapkan untuk setiap ketebalan material akrilik yang digunakan. Selanjutnya program *gcode* dihasilkan untuk kemudian dilakukan operasi permesinan.
6. Program yang telah dibuat selanjutnya di-input kan ke mesin CNC laser G-Weike LC6090 melalui panel kontrol yang tersedia pada mesin tersebut dan proses *cutting* dilakukan.
7. Setiap selesai melakukan proses *cutting* per sampel uji-nya maka segera dilakukan pengukuran waktu aktual proses menggunakan alat ukur stopwatch berakurasi tinggi. Selanjutnya setelah keseluruhan proses *cutting* selesai dilakukan terhadap semua sampel uji maka dilanjutkan proses pengukuran hasil dimensi aktual panjang dan lebar

- dar hasil proses tersebut menggunakan alat ukur digital vernier caliper merk Insize berakurasi tinggi.
- Hasil keseluruhan uji tersebut kemudian dicatat untuk setiap material akrilik dengan ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 10 mm. Selanjutnya dilakukan analisa untuk mengetahui model matematis seting proses cutting dari hasil uji tersebut berdasarkan parameter seting untuk tiap ketebalan akrilik.

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_1X_2 \tag{1}$$

- Dimana:
- $Y$  = Respon
  - $X_1$  = Variabel *speed*
  - $X_2$  = Variabel *power*
  - $a$  = Nilai koefisien  $X_1$
  - $b$  = Nilai koefisien  $X_2$
  - $c$  = Nilai koefisien korelasi variabel  $X_1$  dan  $X_2$ .
- Setelah model matematis diperoleh, selanjutnya dilakukan teknik optimasi plot multirespon untuk diketahui hasil nilai level seting proses cutting yang optimal beserta plot grafik optimalnya menggunakan bantuan *software* optimasi.
  - Setelah hasil level seting optimal diperoleh, selanjutnya dilakukan validasi aktual dengan cara meng-*input*-kan nilai *level* seting tersebut ke mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk kemudian dilakukan pengukuran ulang untuk mengetahui besaran nilai *error* model yang dihasilkan dengan cara mengukur nilai deviasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan penelitian ini akan menampilkan uji komposisi dari parameter seting mesin CNC G-Weike LC6090, model matematis, optimasi plot multirespon dan hasil validasi nilai *level* seting optimal dari proses *cutting* material akrilik untuk ketebalan bahan 3 mm, 5 mm, dan 10 mm. Sampel uji yang digunakan pada penelitian ini adalah bangun datar berupa persegi dengan dimensi panjang 3 cm dan lebar 3 cm.

### Akrilik Ketebalan 3 mm

Material akrilik dengan ketebalan 3 mm terlebih dahulu akan ditentukan komposisi uji berdasarkan kombinasi rentang seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Selanjutnya, dihasilkan 5 set nilai normalisasi komposisi uji seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL 2. Normalisasi komposisi uji akrilik tebal 3 mm.

Komposisi	Speed ( $X_1$ )	Power ( $X_2$ )
1	3	7
2	9	1
3	5	5
4	7	3
5	1	9

### Uji Komposisi Seting

Setelah diperoleh set komposisi uji dengan nilai normalisasinya, selanjutnya nilai tersebut akan dikonversi ke nilai parameter *level* seting aktual pada mesin CNC laser G-Weike LC6090 yang telah ditetapkan sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.

TABEL 3. Aktual *level setting* komposisi uji akrilik tebal 3 mm.

Komposisi	$X_1$ (mm/s)	$X_2$ (%)
1	1.4	62
2	2.5	50
3	1.8	58
4	2.2	54
5	1	66

Hasil konversi nilai parameter *level* seting aktual untuk set komposisi uji di atas selanjutnya akan diimplementasikan ke mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk dilakukan proses *cutting* sampel uji terhadap material akrilik ketebalan 3 mm. Oleh karena terdapat 5 set

sampel uji maka akan dihasilkan 5 sampel hasil pengujian proses *cutting*. Hasil uji tersebut akan diukur berdasarkan parameter multirespon yang telah ditetapkan yaitu waktu proses aktual dalam satuan menit, dimensi aktual panjang dan lebar hasil proses. Hasil pengukuran tersebut ditunjukkan pada tabel 4.

**TABEL 4.** Hasil uji komposisi proses *cutting* akrilik tebal 3 mm.

Komposisi	X <sub>1</sub> (mm/s)	X <sub>2</sub> (%)	Waktu Proses (menit)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
1	1.4	62	1.004167	2.98	2.98
2	2.5	50	0.8	0	0
3	1.8	58	1.001167	3	2.95
4	2.2	54	0.916667	2.98	2.97
5	1	66	2	3	2.96

Pada tabel 4 ditunjukkan bahwa pada komposisi uji ke-1 dengan nilai *level setting* parameter X<sub>1</sub> sebesar 1.4 dan X<sub>2</sub> sebesar 62 maka didapatkan hasil aktual waktu proses *cutting* sebesar 1.004167 menit, dimensi aktual panjang 2.98 cm, dan lebar 2.98 cm. Komposisi uji ke-5 dengan nilai *level setting* parameter X<sub>1</sub> sebesar 1 dan X<sub>2</sub> sebesar 66 maka didapatkan hasil aktual waktu proses *cutting* sebesar 2 menit, dimensi aktual panjang 3 cm, dan lebar 2.96 cm.

**Model Matematis**

Setelah nilai respon diketahui dari hasil pengukuran terhadap 5 set komposisi uji di atas, maka selanjutnya dilakukan analisis hasil respon tersebut agar didapatkan formulasi model matematis proses *cutting* material akrilik ketebalan 3 mm.

$$\text{Waktu Proses } (Y_1) = 0.103156 X_1 + 0.227531 X_2 + (-0.029943) X_1X_2 \tag{2}$$

$$\text{Panjang } (Y_2) = -0.091729 X_1 + 0.208271 X_2 + 0.106429 X_1X_2 \tag{3}$$

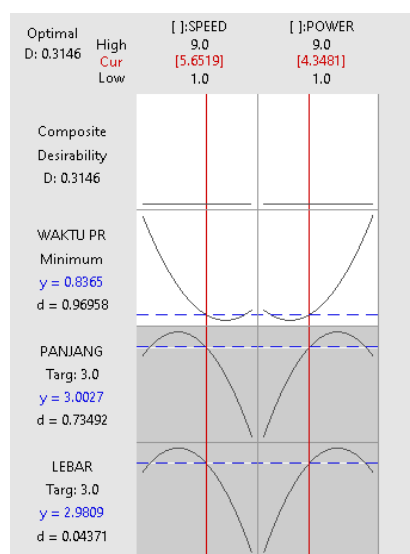
$$\text{Lebar } (Y_3) = -0.091068 X_1 + 0.205432 X_2 + 0.105893 X_1X_2 \tag{4}$$

**Optimasi**

Setelah model matematis diketahui, selanjutnya dilakukan optimasi menggunakan model matematis tersebut berdasarkan fungsi tujuan (*objective function*) dan batasan (*constraint*) yang dikehendaki. Optimasi yang digunakan adalah plot multirespon seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

**TABEL 5.** Optimasi plot multirespon akrilik ketebalan 3 mm.

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Y <sub>1</sub>	Minimize	-	0.8	2	1	1
Y <sub>2</sub>	Target	2.98	3	3.01	1	1
Y <sub>3</sub>	Target	2.98	3	3.01	1	1



**GAMBAR 3.** Grafik plot multirespon *level setting* optimal akrilik ketebalan 3 mm.

Dimensi aktual panjang dan lebar dikehendaki nilai target sebesar 3 dengan batas atas maksimal sebesar 3.01 dan batas bawah minimal 2.98. Hasil nilai optimal *level* parameter seting terhadap parameter respon diketahui dengan plot grafik multirespon seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.

Grafik plot multirespon pada gambar 3 menunjukkan *level setting* optimal pada proses *cutting* material akrilik ketebalan 3mm, diketahui untuk nilai *level* optimal seting *speed* sebesar 1.93037 dan *power* sebesar 56.6963 akan diperoleh hasil aktual waktu proses sebesar 0.83655 menit, dimensi aktual panjang 3.00265 cm dan lebar 2.98087 cm dari hasil prosesnya.

### Akrilik Ketebalan 5 mm

Material akrilik dengan ketebalan 5mm terlebih dahulu akan ditentukan komposisi uji berdasarkan kombinasi rentang seperti yang ditunjukkan pada table 1. Selanjutnya, akan dihasilkan sebanyak 5 set nilai normalisasi komposisi uji seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

**TABEL 6.** Normalisasi komposisi uji akrilik tebal 5 mm.

Komposisi	Speed (X <sub>1</sub> )	Power (X <sub>2</sub> )
1.	7	3
2.	3	7
3.	5	5
4.	9	1
5.	1	9

### Uji Komposisi Seting

Setelah diperoleh set komposisi uji dengan nilai normalisasinya, selanjutnya nilai tersebut akan dikonversi ke nilai parameter *level* seting aktual pada mesin CNC laser G-Weike LC6090 yang telah ditetapkan sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada tabel 7.

**TABEL 7.** Aktual *level setting* komposisi uji akrilik tebal 5 mm.

Komposisi	X <sub>1</sub> (mm/s)	X <sub>2</sub> (%)
1	2.2	59
2	1.4	67
3	1.8	63
4	2.6	55
5	1	68

Hasil konversi nilai parameter *level* seting aktual untuk set komposisi uji di atas selanjutnya akan diimplementasikan ke mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk dilakukan proses *cutting* sampel uji terhadap material akrilik ketebalan 5mm. Oleh karena terdapat 5 set sampel uji maka akan dihasilkan 5 sampel hasil pengujian proses *cutting*. Hasil uji tersebut akan diukur berdasarkan parameter multirespon yang telah ditetapkan yaitu waktu proses aktual dalam satuan menit, dimensi aktual panjang dan lebar hasil proses. Hasil pengukuran tersebut ditunjukkan pada tabel 8.

**TABEL 8.** Hasil uji komposisi proses *cutting* akrilik tebal 5 mm.

Komposisi	X <sub>1</sub> (mm/s)	X <sub>2</sub> (%)	Waktu proses (menit)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
1	2.2	59	0.916667	3	2.99
2	1.4	67	1.004333	3	2.94
3	1.8	63	1.0015	2.99	2.94
4	2.6	55	0.8	3	2.99
5	1	68	2.000167	3	2.91

Pada tabel 8 ditunjukkan bahwa pada komposisi uji ke-1 dengan nilai *level setting* parameter X<sub>1</sub> sebesar 2.2 dan X<sub>2</sub> sebesar 59 maka didapatkan hasil aktual waktu proses *cutting* sebesar 0.916667 menit, dimensi aktual panjang 3 cm, dan lebar 2.99 cm. Komposisi uji ke-5 dengan nilai *level setting* parameter X<sub>1</sub> sebesar 1 dan X<sub>2</sub> sebesar 68 maka didapatkan hasil aktual waktu proses *cutting* sebesar 2.000167 menit, dimensi aktual panjang 3 cm, dan lebar 2.91 cm.



**Model Matematis**

Setelah nilai respon diketahui dari hasil pengukuran terhadap 5 set komposisi uji di atas, maka selanjutnya dilakukan analisis hasil respon tersebut agar didapatkan formulasi model matematis proses *cutting* material akrilik ketebalan 5mm.

$$\text{Waktu Proses } (Y_1) = 0.103142 X_1 + 0.227542 X_2 + (-0.029935) X_1X_2 \tag{5}$$

$$\text{Panjang } (Y_2) = 0.300407 X_1 + 0.300407 X_2 + (-0.000357) X_1X_2 \tag{6}$$

$$\text{Lebar } (Y_3) = 0.300346 X_1 + 0.289846 X_2 + 0.000179 X_1X_2 \tag{7}$$

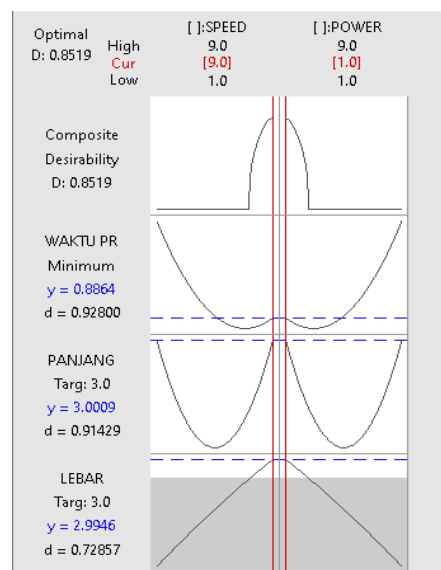
**Optimasi**

Setelah model matematis diketahui, selanjutnya dilakukan optimasi mennggunakan model matematis tersebut berdasarkan *objective function* dan *constraint* yang dikehendaki. Optimasi yang digunakan adalah plot multirespon seperti yang ditunjukkan pada tabel 9.

**TABEL 9.** Optimasi plot multirespon akrilik ketebalan 5 mm.

<i>Response</i>	<i>Goal</i>	<i>Lower</i>	<i>Target</i>	<i>Upper</i>	<i>Weight</i>	<i>Importance</i>
<b>Y<sub>1</sub></b>	Minimize	-	0.8	2.00016666	1	1
<b>Y<sub>2</sub></b>	Target	2.98	3	3.01	1	1
<b>Y<sub>3</sub></b>	Target	2.98	3	3.01	1	1

Pada optimasi plot multirespon seperti yang diketahui dari tabel 9, parameter respon menggunakan waktu proses aktual, dimensi actual panjang dan lebar hasil proses. Waktu proses aktual memiliki fungsi tujuan minimasi dengan nilai batas atas adalah 2.00012 dan dikehendaki nilai target 0.8. Dimensi actual panjang dan lebar dikehendaki nilai target sebesar 3 dengan batas atas maksimal sebesar 3.01 dan batas bawah minimal 2.98. Hasil nilai optimal *level* parameter *setting* terhadap parameter respon diketahui dengan plot grafik multirespon seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



**GAMBAR 4.** Grafik plot multirespon *level setting* optimal akrilik ketebalan 5 mm.

Grafik plot multirespon pada gambar 4 menunjukkan *level setting* optimal pada proses *cutting* material akrilik ketebalan 3 mm, diketahui untuk nilai *level* optimal seting *speed* sebesar 2.6 mm/s dan *power* sebesar 55% akan diperoleh hasil actual waktu proses sebesar 0.88641 menit, dimensi actual panjang 3.00086 cm dan lebar 2.99457 cm dari hasil prosesnya.

**Akrilik Ketebalan 10 mm**

Material akrilik dengan ketebalan 10 mm terlebih dahulu akan ditentukan komposisi uji berdasarkan kombinasi rentang seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 di atas. Selanjutnya,



akan dihasilkan sebanyak 5 set nilai normalisasi komposisi uji seperti yang ditunjukkan pada tabel 10.

**TABEL 10.** Normalisasi komposisi uji akrilik tebal 10 mm.

Komposisi	Speed (X <sub>1</sub> )	Power (X <sub>2</sub> )
1	9	1
2	7	3
3	3	7
4	1	9
5	5	5

### Uji Komposisi Setting

Setelah diperoleh set komposisi uji dengan nilai normalisasinya, selanjutnya nilai tersebut akan dikonversi ke nilai parameter *level setting* aktual pada mesin CNC laser G-Weike LC6090 yang telah ditetapkan sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada tabel 11.

**TABEL 11.** Aktual *level setting* komposisi uji akrilik tebal 10 mm.

Komposisi	X <sub>1</sub> (mm/s)	X <sub>2</sub> (%)
1	1.8	57.6
2	1.6	58.2
3	1.2	59.4
4	1	60
5	1.4	58.8

Hasil konversi nilai parameter *level setting* aktual untuk set komposisi uji di atas selanjutnya akan diimplementasikan ke mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk dilakukan proses *cutting* sampel uji terhadap material akrilik ketebalan 10mm. Oleh karena terdapat 5 set sampel uji maka akan dihasilkan 5 sampel hasil pengujian proses *cutting*. Hasil uji tersebut akan diukur berdasarkan parameter multirespon yang telah ditetapkan yaitu waktu proses aktual dalam satuan menit, dimensi aktual panjang dan lebar hasil proses. Hasil pengukuran tersebut ditunjukkan pada tabel 12.

**TABEL 12.** Hasil uji komposisi proses *cutting* akrilik tebal 10 mm.

Komposisi	X <sub>1</sub> (mm/s)	X <sub>2</sub> (%)	Waktu Proses (menit)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
1	1.8	57.6	1.001167	0	0
2	1.6	58.2	1.0025	0	0
3	1.2	59.4	1.666667	3	2.98
4	1	60	1.983333	2.97	2.99
5	1.4	58.8	1.004333	2.98	2.97

Pada tabel 12 ditunjukkan bahwa pada komposisi uji ke-1 dengan nilai *level setting* parameter X<sub>1</sub> sebesar 1.8 dan X<sub>2</sub> sebesar 57.6 maka didapatkan hasil aktual waktu proses *cutting* sebesar 1.001167 menit, dimensi aktual panjang 0 cm, dan lebar 0 cm yang artinya material akrilik ketebalan 10 mm tersebut tidak terpotong. Material akrilik dengan ketebalan 10 mm tersebut mulai dapat terpotong pada komposisi uji ke-3 dengan nilai *level setting* parameter X<sub>1</sub> sebesar 1.2 dan X<sub>2</sub> sebesar 59.4 maka didapatkan hasil aktual waktu proses *cutting* sebesar 1.666667 menit, dimensi aktual panjang 3 cm, dan lebar 2.98 cm. Komposisi uji ke-5 dengan nilai *level setting* parameter X<sub>1</sub> sebesar 1.4 dan X<sub>2</sub> sebesar 58.8 maka didapatkan hasil aktual waktu proses *cutting* sebesar 2.98 menit, dimensi aktual panjang 2.98 cm, dan lebar 2.97 cm.

### Model Matematis

Setelah nilai respon diketahui dari hasil pengukuran terhadap 5 set komposisi uji di atas, maka selanjutnya dilakukan analisis hasil respon tersebut agar didapatkan formulasi model matematis proses *cutting* material akrilik ketebalan 10 mm.

$$\text{Waktu Proses } (Y_1) = 0.106644 X_1 + 0.238069 X_2 + (-0.023057) X_1X_2 \quad (8)$$

$$\text{Panjang } (Y_2) = -0.136179 X_1 + 0.310821 X_2 + 0.053929 X_1X_2 \quad (9)$$

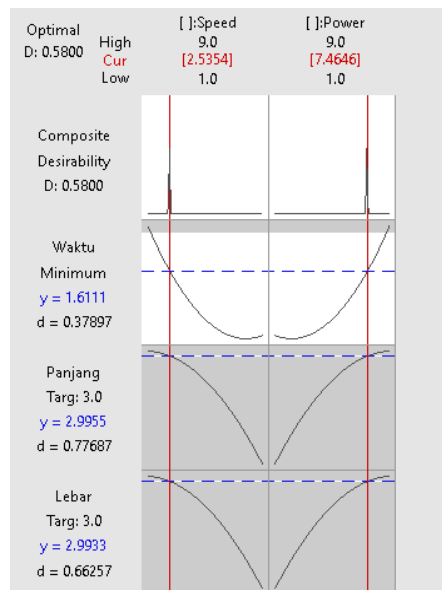
$$\text{Lebar } (Y_3) = -0.13445 X_1 + 0.31355 X_2 + 0.05250 X_1X_2 \quad (10)$$

### Optimasi

Setelah model matematis diketahui, selanjutnya dilakukan optimasi menggunakan model matematis tersebut berdasarkan *objective function* dan *constraint* yang dikehendaki. Optimasi yang digunakan adalah plot multirespon seperti yang ditunjukkan pada tabel 13.

TABEL 13. Optimasi plot multirespon akrilik ketebalan 10 mm.

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Y <sub>1</sub>	Minimize	-	0.8	2.00016666	1	1
Y <sub>2</sub>	Target	2.98	3	3.01	1	1
Y <sub>3</sub>	Target	2.98	3	3.01	1	1



GAMBAR 5. Grafik plot multirespon level setting optimal akrilik ketebalan 10 mm.

Pada optimasi plot multirespon seperti yang diketahui dari tabel 13, parameter respon menggunakan waktu proses aktual, dimensi actual panjang dan lebar hasil proses. Waktu proses aktual memiliki fungsi tujuan minimasi dengan nilai batas atas adalah 2.00012 dan dikehendaki nilai target 0.8. Dimensi actual panjang dan lebar dikehendaki nilai target sebesar 3 dengan batas atas maksimal sebesar 3.01 dan batas bawah minimal 2.98. Hasil nilai optimal *level* parameter seting terhadap parameter respon diketahui dengan plot grafik multirespon seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Grafik plot multirespon gambar 5 menunjukkan *level setting* optimal pada proses *cutting* material akrilik ketebalan 3 mm, diketahui untuk nilai *level* optimal seting *speed* sebesar 1.1535 mm/s dan *power* sebesar 59.539% akan diperoleh hasil aktual waktu proses sebesar 1.6111 menit, dimensi actual panjang 2.99554 cm dan lebar 2.99325 cm dari hasil prosesnya.

### Validasi Model Matematis

Validasi model digunakan untuk mengetahui seberapa akuratnya model matematis yang diperoleh dari hasil implementasi metode *Simplex Centroid Design* dan optimasi plot multirespon dalam menentukan nilai *level* parameter seting yang optimal dan hasil prediksi responnya terhadap hasil aktual setelah nilai *level* parameter seting diimplementasikan. Untuk mengetahui nilai akurasi model matematis maka akan diukur nilai standar *error* model seperti yang ditunjukkan pada tabel 14, 15, dan 16.

TABEL 14. Level setting optimal proses cutting akrilik tebal 3 mm.

Faktor	Level Seting	Respon	Prediksi	Hasil Uji	Standar Error
Speed	1.93037	Waktu Proses	0.83655	1.0005	0.057865
Power	56.6963	Panjang	3.00265	3	0.000937
		Lebar	2.98087	2.99	0.003228

**TABEL 15.** *Level setting* optimal proses *cutting* akrilik tebal 5 mm.

Faktor	Level Seting	Respon	Prediksi	Hasil Uji	Standar Error
<i>Speed</i>	2.6	Waktu Proses	0.88641	0.783333	0.036443
<i>Power</i>	55	Panjang	3.00086	3	0.000304
		Lebar	2.99457	3	0.00192

**TABEL 16.** *Level setting* optimal proses *cutting* akrilik tebal 10 mm.

Faktor	Level Seting	Respon	Prediksi	Hasil Uji	Standar Error
<i>Speed</i>	1.1535	Waktu Proses	1.6111	0.783333	0.275863
<i>Power</i>	59.539	Panjang	2.99554	3	0.001577
		Lebar	2.99325	2.98	0.004685

Pada tabel 14, 15, dan 16 di peroleh bahwa untuk material akrilik ketebalan 3 mm hasil validasi dengan prediksinya untuk semua parameter responnya terlihat tidak berbeda secara signifikan, hal ini ditunjukkan dengan nilai standar *error* yang mendekati 0 yang artinya model matematis hasil optimasi tersebut adalah baik dan implementasi nilai *level setting* optimal pada mesin mampu memberikan *output* hasil yang cukup presisi. Material akrilik dengan ketebalan 5 mm dari hasil tabel di atas diketahui penggunaan metode optimasi mampu menghasilkan model matematis yang lebih baik, hal ini ditunjukkan dari nilai standar *error* yang lebih kecil dari setiap parameter responnya yang menunjukkan hasil prediksi model dengan aktualnya tidak berbeda secara signifikan. Selanjutnya untuk akrilik dengan ketebalan 10 mm terlihat untuk parameter respon waktu proses terdapat deviasi antara hasil prediksi model matematis dengan implementasi aktual nilai level setingnya namun tidak terlalu signifikan karena masih berada pada nilai ambang batas, sementara untuk parameter respon lain antara prediksi model dengan aktualnya terlihat baik oleh karena tidak berbeda secara signifikan ditunjukkan dengan nilai standar *error* yang kecil.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menggunakan metode *Simplex Centroid Design* dan optimasi plot multirespon untuk mengetahui nilai *level setting* optimal dari mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk proses *cutting* material akrilik, diketahui bahwa untuk akrilik ketebalan 3mm nilai *level seting* optimal sebesar 1.93037 mm/s untuk *speed* dan 56.6963% untuk *power*. Akrilik ketebalan 5mm diketahui nilai *level seting* optimal adalah sebesar 2.6 mm/s untuk *speed* dan 55% untuk *power*. Akrilik ketebalan 10mm diketahui nilai *level seting* optimal adalah sebesar 1.1535 mm/s untuk *speed* dan 59.539% untuk *power*. Hasil validasi model matematis yang diperoleh dari metode penelitian ini mampu memberikan nilai standar *error* yang kecil, artinya hasil prediksi model matematis dengan implementasi aktual dari nilai *level setting* optimal tersebut mampu memberikan *output* hasil yang tidak berbeda secara signifikan untuk semua parameter responnya sehingga nilai *level seting* optimal tersebut dapat dijadikan acuan tabulasi seting mesin CNC laser G-Weike LC6090 untuk proses *cutting* material akrilik dengan ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 10 mm. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan optimasi menggunakan metode yang lain untuk proses *cutting* dengan material dan ketebalan yang sama atau dapat dilanjutkan dengan penggunaan metode pada penelitian ini untuk proses *cutting* teradap jenis material yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. K. Wijaya, H. Suprijono, and D. S. Nugroho, "Optimasi Proses Cutting Mesin CNC Router G-Weike WK1212 dengan Metode Full Factorial Design dan Optimasi Plot Multi Respon," *J. PASTI*, vol. 14, no. 1, pp. 1–14, May 2020, doi: 10.22441/pasti.2020.v14i1.001.

- [2] H. Suprijono and D. K. Wijaya, "Optimasi Permesinan CNC Router untuk Proses Cutting Material Kayu Mahoni Menggunakan Mata Pahat End Mill 3mm Tungsten Carbide," *J. Tek. Ind.*, vol. 10, no. 3, pp. 227–239, 2020, doi: 10.25105/jti.v10i3.8408.
- [3] M. F. Chen, Y. Sen Ho, W. T. Hsiao, T. H. Wu, S. F. Tseng, and K. C. Huang, "Optimized laser cutting on light guide plates using grey relational analysis," *Opt. Lasers Eng.*, vol. 49, no. 2, pp. 222–228, 2011, doi: 10.1016/j.optlaseng.2010.09.008.
- [4] R. Adalarasan, M. Santhanakumar, and M. Rajmohan, "Optimization of laser cutting parameters for Al6061/SiCp/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite using grey based response surface methodology (GRSM)," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 73, pp. 596–606, 2015, doi: 10.1016/j.measurement.2015.06.003.
- [5] I. A. Choudhury and S. Shirley, "Laser cutting of polymeric materials: An experimental investigation," *Opt. Laser Technol.*, vol. 42, no. 3, pp. 503–508, 2010, doi: 10.1016/j.optlastec.2009.09.006.
- [6] M. Moradi, O. Mehrabi, T. Azdast, and K. Y. Benyounis, "Enhancement of low power CO<sub>2</sub> laser cutting process for injection molded polycarbonate," *Opt. Laser Technol.*, vol. 96, pp. 208–218, 2017, doi: 10.1016/j.optlastec.2017.05.022.
- [7] C. Leone, V. Lopresto, and I. De Iorio, "Wood engraving by Q-switched diode-pumped frequency-doubled Nd:YAG green laser," *Opt. Lasers Eng.*, vol. 47, no. 1, pp. 161–168, 2009, doi: 10.1016/j.optlaseng.2008.06.019.
- [8] A. Roy, N. Kumar, S. Das, and A. Bandyopadhyay, "Optimization of Pulsed Nd:YVO<sub>4</sub> Laser Marking of AISI 304 Stainless Steel Using Response Surface Methodology," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 5244–5253, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.12.107.
- [9] R. R. K. BW, and A. I. Juniani, "OPTIMASI PARAMETER MESIN LASER CUTTING TERHADAP KEKASARAN DAN LAJU PEMOTONGAN PADA SUS 316L MENGGUNAKAN TAGUCHI GREY RELATIONAL ANALYSIS METHOD," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 2, p. 97, Jun. 2016, doi: 10.14710/jati.11.2.97-106.
- [10] D. K. Wijaya and D. N. Izzhati, "Optimasi Setup Proses Engraving CNC Laser Cutting Material Akrilik Menggunakan Simplex Centroid Design dan Optimasi Respon," *Din. Rekayasa*, vol. 15, no. 1, pp. 1–10, Feb. 2019, doi: 10.20884/1.dr.2019.15.1.243.