

## Optimalisasi Parameter Pada Mesin CNC Milling Terhadap MRR Menggunakan Material S50C Dengan Metode Taguchi

Afgi Finofal<sup>1</sup>, Eko Yudo<sup>1\*</sup>, Sukanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : yudamessi2207@gmail.com

Received:9 Januari 2025; Received in revised form:16 Januari 2025; Accepted:17 Januari 2025

### Abstract

*This study aims to analyze the effect of process parameters on the Material Removal Rate (MRR) in CNC milling machining of S50C steel material. The process parameters examined include spindle speed (RPM), cutting speed (Vc), and depth of cut. The experimental design uses the Taguchi method with an L9 (3<sup>3</sup>) Orthogonal Array matrix, including three repetitions to ensure data reliability. The analysis results show that the depth of cut has the most significant impact on increasing MRR, contributing 86.14%. The optimal MRR value is achieved with the process parameter combination of spindle speed at 3,184 rpm, cutting speed at 105 m/min, and depth of cut at 0.6 mm. Selecting the appropriate process parameters can enhance the efficiency of material removal in CNC milling machining. This research provides guidance for practitioners to determine optimal parameters to achieve maximum results in material processing.*

**Keywords:** MRR; CNC; S50C; Taguchi.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter proses terhadap Material Removal Rate (MRR) dalam pemesinan CNC Milling pada material baja S50C. Parameter proses yang dikaji meliputi kecepatan spindle (RPM), Kecepatan pemotongan (feeding), dan kedalaman pemotongan (depth of cut). Desain percobaan menggunakan metode Taguchi dengan matriks Orthogonal Array L9 (3<sup>3</sup>), yang mencakup pengulangan sebanyak tiga kali untuk memastikan keandalan data. Dari Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa kedalaman pemotongan memiliki pengaruh paling signifikan terhadap peningkatan MRR, dengan kontribusi sebesar 86,14%. Hasil Analisa Nilai MRR optimal diperoleh pada setingan kombinasi parameter proses kecepatan spindle diatur sebesar 3.184 rpm, kecepatan pemotongan 105 m/min, dan kedalaman pemotongan 0.6 mm. pemilihan parameter proses yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penghilangan material dalam proses pemesinan CNC Milling. Penelitian ini memberikan panduan bagi praktisi untuk menentukan parameter yang optimal guna mencapai hasil maksimal dalam pengolahan material.

**Kata kunci:** MRR; CNC; S50C; Taguchi.

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, hasil produksi perlu diimbangi dengan peningkatan kualitas, terutama dalam proses produksi yang menggunakan Mesin-mesin perkakas seperti Mesin Bubut, Mesin skrap, Mesin Frais, dan Mesin Bor. Penemuan mesin-mesin produksi ini Dapat mempermudah produksi komponen-komponen mesin. Dengan adanya mesin perkakas produksi, pembuatan komponen mesin menjadi lebih efisien dan memiliki tingkat ketelitian yang sangat tinggi[1]. Salah satu penerapan yang dilakukan adalah melalui tugas akhir yang dapat berupa penelitian atau rancang bangun serta analisis dalam kehidupan sehari-hari dan industri. Dengan demikian, hasil kerja yang dilakukan memiliki bukti nyata yang dapat dilihat

dan dirasakan manfaatnya. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian antara pembuatan laporan akhir tersebut dengan kebutuhan sehari-hari, media pembelajaran, dan industri.

Dalam industri manufaktur, proses permesinan non-konvensional Computer Numeric Control (CNC) digunakan untuk mengerjakan produk dengan bentuk permukaan yang kompleks dan presisi yang tinggi. Oleh karena itu, proses ini memerlukan Material Removal Rate yang tinggi, kekasaran permukaan hasil potongan yang halus, dan tingkat presisi yang tinggi[2].

Metal Removal Rate (MRR) adalah jumlah material yang dibuang dalam satuan waktu (mm<sup>3</sup>/min) dengan memaksimalkan masukan yang ada. Semakin tinggi nilai MRR, semakin tinggi pula produktivitas yang dicapai. Namun, perhitungan MRR ini dapat berlawanan dengan

kondisi mesin itu sendiri, seperti daya spindle atau konsumsi daya, serta kondisi alat potong yang digunakan[3].

Dalam proses Milling, kualitas suatu produk pemesinan sangat dipengaruhi oleh parameter yang dianggap sebagai tujuan manufaktur, terutama pada Material Removal Rate (MRR). Dalam proses ini, MRR dipertimbangkan sebagai faktor yang secara langsung mempengaruhi waktu pemesinan. Pemesinan non-konvensional juga memerlukan waktu yang sesingkat mungkin agar dapat memproduksi produk sebanyak mungkin. Untuk memaksimalkan laju pembuangan material (MRR) dan meminimalkan waktu pemesinan CNC, dilakukan penelitian dengan menggunakan metode Taguchi. Parameter yang divariasikan meliputi Kecepatan spindle, Kecepatan Pemotongan, dan kedalaman pemotongan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari parameter yang optimal dan mengetahui pengaruh masing-masing parameter terhadap MRR.

Mesin CNC adalah salah satu mesin yang banyak digunakan pada industri manufaktur. Mesin ini dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang dapat membaca bahasa pemrograman berkode G, M, T, A, dan kode lainnya, dan menjalankan proses sesuai dengan perancangan dan program yang telah dibuat[4]. Mesin CNC Milling adalah perangkat Pemangkas yang dikendalikan oleh komputer dan dengan secara otomatis menjalankan proses produksi sesuai dengan instruksi yang diprogramkan dalam Perangkat lunaknya. Mesin ini dapat memenuhi berbagai jenis bahan yang digunakan[5].

Proses milling adalah suatu proses Pemesinan yang faktor utamanya adalah gesekan antara pahat dengan benda kerja. Selama proses milling terjadi beberapa gerakan yang saling berkaitan. Proses milling pada umumnya menghasilkan bentukan bidang datar (bidang datar ini terbentuk karena pergerakan dari meja mesin) dimana proses pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak antara alat potong (cutter) yang berputar pada spindle dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin[6].

Secara umum, cara kerja mesin CNC milling adalah dengan membaca program CNC yang dibuat oleh programmer, baik dengan mengetik langsung pada mesin maupun menggunakan perangkat lunak pemrograman CNC yang lebih dikenal sebagai G-Code. Program tersebut kemudian dijalankan oleh programmer untuk menggerakkan alat-alat dalam mesin agar membentuk sesuai dengan yang telah diprogramkan. Eksperimen adalah modifikasi kondisi yang dilakukan secara sengaja dan terkontrol untuk menentukan peristiwa atau kejadian serta mengamati peristiwa tersebut[7].

Material Removal Rate (MRR) atau laju pembuangan material adalah jumlah material yang dihilangkan dari benda kerja per satuan waktu. Tingkat pembuangan material dapat dihitung berdasarkan volume material yang dibuang atau melalui perbedaan berat benda kerja sebelum dan sesudah proses Pemesinan. MRR sangat dipengaruhi oleh parameter proses. Semakin tinggi kecepatan pemotongan dalam proses CNC milling, maka semakin tinggi pula laju pembuangan material. Besarnya MRR terjadi di barang kerja berbanding lurus dengan tingginya feed rate[8].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Material

Material yang digunakan pada penelitian ini meliputi baja S50C dengan ukuran 50 x 13 x 20 mm dan menggunakan alat potong insert carbide APMT1135 PDER.

### 2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi mesin CNC Milling Lagun MC-750 dan timbangan digital untuk mengukur berat benda kerja sebelum dan sesudah proses pemesinan.

### 2.3 Tahap Penelitian

Setelah melalui pemilihan material dan alat potong, selanjutnya akan dilakukan tahap penelitian sebagai berikut.

#### 1. Penentuan parameter

Penentuan faktor parameter dan variabelnya dapat dilihat pada table di bawah ini

Tabel 1. Penentuan Parameter

Parameter	Level		
	1	2	3
<b>A</b> Kecepatan Spindle (RPM)	3.184	3.343	3.503
<b>B</b> Kecepatan pemotongan (m/min)	100	105	110
<b>C</b> Kedalaman pemotongan (mm)	0.2	0.4	0.6

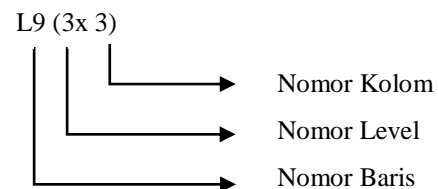
2. Pemilihan matrik *Orthogonal Array*

Matriks orthogonal Array merupakan suatu matriks dengan beberapa baris dan kolom. Setiap kolom mewakili faktor atau kondisi yang dapat berubah dari satu eksperimen ke eksperimen lainnya. Setiap kolom mewakili faktor-faktor dari percobaan yang dilakukan. Array ini disebut orthogonal karena setiap level dari setiap faktor seimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor eksperimental lainnya. Orthogonal Array adalah matriks faktor dan level yang tidak memiliki

Dimana :

1. Notasi L
- Menyatakan informasi tentang Orthogonal array.
2. Nomor baris
- Menunjukkan jumlah percobaan yang diperlukan saat menggunakan Orthogonal array.
3. Nomor kolom

pengaruh dari faktor atau level lain. Cara penomoran array orthogonal adalah sebagai berikut.



Menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam Orthogonal array.

4. Nomor level
- Menunjukkan jumlah level faktor.

Matriks orthogonal array yang digunakan adalah L9 (3<sup>3</sup>) seperti pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. *Orthogonal Array*

Nomor Percobaan	Parameter		
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Tabel 3. Parameter

No	Kecepatan Spindle (Rpm)	Kecepatan Pemotongan (m/min)	kedalaman Pemotongan (mm)
1.	3.184	100	0.2
2.	3.184	105	0.4
3.	3.184	110	0.6
4.	3.343	100	0.4
5.	3.343	105	0.6
6.	3.343	110	0.2
7.	3.503	100	0.6
8.	3.503	105	0.2
9.	3.503	110	0.4

2.4 Menghitung Rasio S/N Larger is Better

Nilai S/N dihitung untuk mengidentifikasi karakteristik MRR, dengan prinsip bahwa semakin tinggi nilai MRR, semakin optimal hasilnya. Perhitungan S/N untuk kategori "larger is better" dilakukan menggunakan rumus yang dapat dilihat pada rumus di bawah ini.

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} \dots \dots \dots (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian ini diolah dengan mengintegrasikan variabel-variabel proses yang terdapat pada mesin CNC Milling Lagun MC-750. Variabel-variabel yang memengaruhi MRR yaitu meliputi kecepatan putaran spindle (A), kecepatan pemotongan (B), dan kedalaman pemotongan (C). Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan Metode Taguchi, sebagaimana disajikan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian

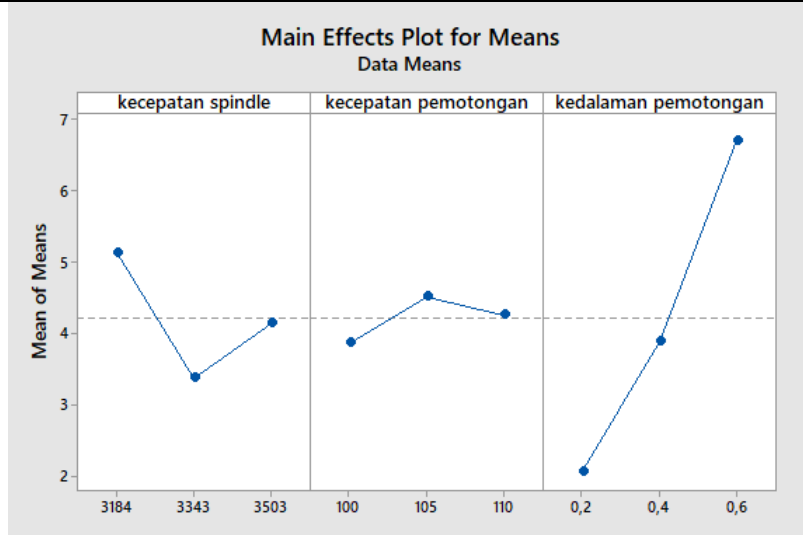
Eksperimen	Matriks Orthogonal L <sub>9</sub>			Data awal	Replikasi			Jumlah	Mean
	Kecepatan Spindle (RPM)	Faktor Kecepatan Pemotongan (m/min)	Kedalaman Pemotongan (mm)		1	2	3		
1	3184	100	0.2	2.41	3.41	1.25	2.14	6.80	2.267
2	3184	105	0.4	4.47	4.22	5.45	6.60	16.27	5.423
3	3184	110	0.4	5.61	7.36	8.28	7.52	23.16	7.720
4	3343	100	0.4	1.93	3.36	1.98	2.87	8.21	2.737
5	3343	105	0.6	5.94	6.30	5.47	5.59	17.36	5.787
6	3343	110	0.2	1.16	1.85	1.10	1.80	4.75	1.583
7	3503	100	0.6	6.36	6.38	7.81	5.63	19.82	6.607
8	3503	105	0.2	1.19	2.18	2.13	2.72	7.03	2.343
9	3503	110	0.4	1.97	3.49	3.19	3.77	10.45	3.483

Tabel 5. Respon MRR Terhadap Means

Level	Kecepatan Spindle	Kecepatan Pemotongan	Kedalaman Pemotongan
1	5.138	3.870	2.064
2	3.370	4.517	3.883
3	4.143	4.264	6.704
Delta	1.768	0.647	4.640
Rank	2	3	1

Menunjukkan bahwa rata-rata respon setiap parameter mewakili urutan ranking parameter yang mempunyai pengaruh paling besar terhadap MRR. Urutan parameter yang mempunyai pengaruh paling besar terhadap MRR adalah Kedalaman pemotongan dengan nilai selisih 4.640, kecepatan spindle dengan nilai

selisih 1.768, dan parameter terakhir Kecepatan Pemotongan dengan nilai selisih 0.647. Berdasarkan Tabel 5. dibuat grafik yang menunjukkan besarnya hasil MRR pada setiap level untuk setiap parameter dibandingkan dengan nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Mean terhadap MRR dari tiap Parameter Dan Level

### 3.1. Analisis Varian Rata-rata/Means

Untuk menentukan faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi nilai rata-rata, analisis perbedaan juga dapat dilakukan. Demikian pula,

faktor-faktor yang mempengaruhi nilai-nilai MRR dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Hasil Anova

Factor	Type	Levels	Values
Kecepatan Spindle	Fixed	3	3184;3343;3503
Kecepatan Pemotongan	Fixed	3	100;105;110
Kedalaman pemotongan	Fixed	3	0,2;0,4;0,6

Tabel 7. Analysis of Variance

Source	D	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kecepatan Spinde	2	4.712	12.12%	4.712	2.3560	6.90	0.050
Kedalaman pemotongan	2	32.799	84.37%	32.799	16.3993	48.06	0.002
Error	4	1.365	3.51%	1.365	0.3412		
Total	8	38.8755	100.00%				

### 3.2. Perhitungan Rasio S/N Dari Respon

Metode untuk mengubah data berulang menjadi ukuran varians disebut rasio signal-to-noise. Rasio ini bergantung pada jenis karakteristik kualitas dari setiap jawaban. Tujuan peningkatan kualitas properti adalah untuk memaksimalkan variasi MRR benda kerja.

Diharapkan kualitas pembongkaran benda kerja sangat baik. Karakteristik MRR menunjukkan bahwa semakin tinggi laju pelepasan benda kerja, semakin baik. Hasil perhitungan untuk menentukan nilai rasio S/N dapat dilihat pada tabel 8 .

Tabel 8. Ratio S/N untuk Respon MRR

No	Parameter Kecepatan Spindle (RPM)	Kecepatan Pemoangan (m/min)	Kedalaman Pemoangan (mm)	Data Awal	Nilai MMR			S/N
					1	2	3	
1	3184	100	0.2	2.41	3.41	1.25	2.14	5.022
2	3184	105	0.4	4.47	4.22	5.45	6.60	14.247
3	3184	110	0.6	5.61	7.36	8.28	7.52	17.722
4	3343	100	0.4	1.93	3.36	1.98	2.87	8.110
5	3343	105	0.6	5.94	6.30	5.47	5.59	15.197
6	3343	110	0.2	1.16	1.85	1.10	1.80	3.218
7	3503	100	0.6	6.36	6.38	7.81	5.63	16.162
8	3503	105	0.2	1.19	2.18	2.13	2.72	7.239
9	3503	110	0.4	1.97	3.49	3.19	3.77	10.781

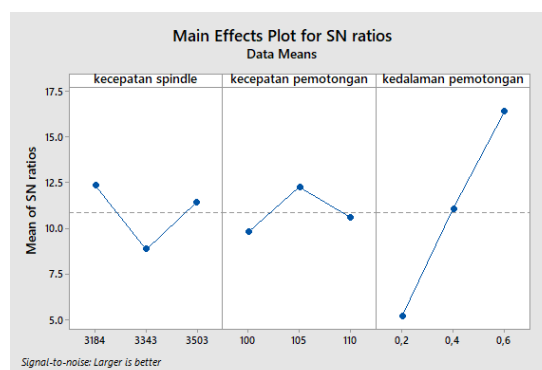
Dari Tabel 8 dapat mencari nilai dari rasio S/N pada tiap parameter dan dapat diperoleh hasil perhitungan respon dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Respon Rasio S/N Parameter Terhadap Mean

Level	Kecepatan spindle	Kecepatan pemoangan	Kedalaman pemoangan
1	5.138	3.87	2.064
2	3.37	4.517	3.883
3	4.143	4.264	6.704
Delta	1.768	0.647	4.64
Rank	2	3	1

Dari Tabel 9, terlihat bahwa nilai rasio signal-to-noise yang diperoleh pada setiap tingkat parameter menentukan peringkat parameter yang memiliki pengaruh terbesar terhadap laju penghilangan material. Urutan parameter yang memiliki dampak terbesar terhadap MRR adalah kedalaman pemoangan dengan selisih 4.64,

kecepatan spindle dengan selisih 1.768, dan Kecepatan Pemoangan dengan selisih 0.647. Berdasarkan Tabel 9 dibuat grafik yang menunjukkan MRR maksimum pada setiap level untuk setiap parameter dibandingkan dengan nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Respon Rasio S/N Untuk Masing-masing Dari level tiap parameter

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan, proses optimasi, percobaan konfirmasi dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Kontribusi dari variabel-variabel proses dalam mengurangi variansi respon MRR benda kerja yaitu Kedalaman Pemakanan memiliki nilai

persen kontribusi paling besar yaitu 86.14%, dan diikuti oleh putaran spindle dengan kontribusi sebesar 8.95% serta persen kontribusi terkecil yaitu kecepatan pemoangan sebesar 4.33%. Setting kombinasi level variabel-variabel proses yang tepat pada Mesin CNC Milling Lagun MC 750,

sehingga dapat mengoptimalkan respon MRR benda kerja yang optimal adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan Spindle diatur sebesar 3184 rpm

- b. Kecepatan Pemoangan 105 m/min
- c. Kedalaman Pemoangan 0.6 mm

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Jekki Dodi Parlindungan, "ANALISA MATERIAL REMOVAL RATE (MRR) BAJA SKD11 PADA PROSES CNC TURNING DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI." Politeknik manufaktur negeri Bangka belitung, 2022.
- [2] Agus Saputra, "Penerapan Teknik CNC dalam Proses Manufaktur." Universitas Medan Area, 2021.
- [3] Sigit Wijanarko<sup>1</sup>, Paulus Wisnu Anggoro<sup>2</sup>, dan Baju Bawono<sup>3</sup>, "ANALISIS PROSES ROUGHING MILLING TERHADAP METAL REMOVAL RATE." Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2020.
- [4] R. Hermana, Y. Setyoadi, and M. F. Aza, "KAJI EKSPERIMENTAL PEMBANDINGAN KETELITIAN MESIN CNC MILLING DENGAN KONTROL SMC DAN MESIN CNC MILLING DENGAN KONTROL ESP32 WIFI," Majalah Ilmiah Gema Maritim, vol. 24, no. 2, pp. 105–113, Sep. 2022, doi: 10.37612/GEMA MARITIM.V24I2.299.
- [5] M. Jufrizaldy, M. D. Prodi, and I. Teknologi Rekayasa Manufaktur, "RANCANG BANGUN MESIN CNC MILLING MENGGUNAKAN SYSTEM KONTROL GRBL UNTUK PEMBUATAN LAYOUT PCB," Jurnal Mesin Sains Terapan, vol. 4, no. 1, pp. 37–44, Feb. 2020, doi: 10.30811/JMST.V4I1.1743.
- [6] Isya Prakoso, "Analisa Pengaruh Kecepatan Feeding Terhadap Kekasaran Permukaan Draw Bar Mesin Milling Aciera dengan Proses CNC Turning," Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, vol. 3, no. 3, pp. 1–6, 2014.
- [7] Dhanu Widhiantoro, "Pengaruh Spindle Speed dan Feed Rate terhadap Kekasaran Permukaan AL 6061 Melalui Proses CNC Milling Sinumeric Type 802S," Universitas Negeri Semarang, 2017.
- [8] Purna Septiaji. "ANALISA PERHITUNGAN MRR, OVERCUT, DAN KETIRUSAN PADA STAINLESS STEEL 304 DAN ALUMINIUM 1100 DENGAN PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN GAP PADA PROSES ELECTRO-CHEMICAL MACHINING (ECM) MENGGUNAKAN ELEKTRODA TERISOLASI." Research Repository, 2016: 1.
- [9] Pratama, C., & Susanti, N. A. (2022). Pengaruh Umur Pahat Terhadap Laju Pembuangan Material Baja St 70 Pada Bubut CNC Dengan Program Absolut Menggunakan Metode Taguchi. Jurnal Teknik Mesin, 10(03), 47-54.
- [10] Noviana, A. (2024). Optimasi Parameter Pemesinan Menggunakan Metode Taguchi Untuk Nilai Kekasaran Permukaan Dan Laju Penghilangan Material Pada Proses Bubut Material Brass 36000 (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).
- [11] Mukholladun, W. (2016). Optimalisasi Laju Pembuangan Material Aisi 1045 Pada Bubut Dengan Variasi Laju Pemakanan Dan Kedalaman Potong.