

## Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC *Milling* Terhadap Kekasaran Permukaan Yang Akan Digunakan Untuk Membuat Cetakan Kampas Rem Depan

Fadel Ramiro<sup>1\*</sup>, Eko Yudo<sup>1</sup>, Sukanto<sup>1</sup>

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

\*E-mail: fadelramiro72@gmail.com

Received: 7 Januari 2025; Received in revised form: 8 Januari 2025; Accepted: 16 Januari 2025

### Abstract

This study aims to determine the optimal parameters in the CNC Milling process to produce low surface roughness and improve the quality of brake pad molds. By applying the Taguchi method, the results showed that the process parameters have a significant effect on surface roughness. Data analysis revealed that increasing feed speed and depth were positively correlated with surface roughness. Of the parameters tested, feed speed had the largest contribution of 40.46%, followed by feed depth of 14.01%, and spindle speed of 12.36%. The optimal parameter combination proposed to achieve the best surface roughness is a feed speed of 100 mm/min, a feed depth of 0.2 millimeters, and a spindle rotation of 3343 RPM. These findings provide an important contribution to the automotive industry to improve the efficiency and quality of brake pad production, a component that plays a crucial role in vehicle safety.

**Keywords:** CNC Milling; Surface Roughness; Brake Pads; Taguchi Method; Parameter Optimization.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter optimal dalam proses CNC *Milling* guna menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah dan meningkatkan kualitas cetakan kampas rem. Dengan menerapkan metode *Taguchi*, hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter proses memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan. Analisis data mengungkapkan bahwa peningkatan kecepatan dan kedalaman pemakanan berkorelasi positif dengan kekasaran permukaan. Dari parameter yang diuji, kecepatan pemakanan memiliki kontribusi terbesar sebesar 40,46%, diikuti oleh kedalaman pemakanan sebesar 14,01%, dan kecepatan *spindel* sebesar 12,36%. Kombinasi parameter optimal yang diusulkan untuk mencapai kekasaran permukaan terbaik adalah kecepatan pemakanan 100 mm/menit, kedalaman pemakanan 0,2 milimeter, dan putaran *spindel* 3343 RPM. Temuan ini memberikan kontribusi penting bagi industri otomotif untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi kampas rem, komponen yang berperan krusial dalam keselamatan kendaraan.

**Kata kunci:** CNC Milling; Kekasaran Permukaan; Kampas Rem; Metode Taguchi; Optimalisasi Parameter.

### 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan performa dan efisiensi di berbagai sektor, termasuk industri otomotif yang menjadi kebutuhan utama masyarakat. Seperti pada kendaraan yang proses optimasinya berfokus pada peningkatan kinerja mesin dan keselamatan. Namun, hal ini perlu diimbangi dengan sistem keamanan yang memadai guna mencegah kecelakaan. Salah satu aspek penting dalam keamanan kendaraan adalah sistem pengereman, di mana menurut Manik (2022), kampas rem

menjadi komponen krusial karena harus mampu mendukung gaya dan kecepatan kendaraan [1]. Kampas rem berfungsi mengurangi kecepatan kendaraan dan kegagalan fungsinya dapat membahayakan pengemudi serta pengguna jalan lainnya [2].

Kualitas kampas rem ditentukan oleh lapisan gesek yang digunakan serta harus memiliki sifat mekanis seperti koefisien gesekan, keausan, kekuatan tarik, kekerasan, dan kekasaran permukaan [3]. Bimantoro dan Darmanto (2022) menyatakan bahwa tingkat keausan lapisan gesek menjadi indikator

efisiensi kampas rem. Semakin rendah tingkat keausan, semakin panjang masa pakainya. Keausan disebabkan oleh interaksi gesekan antara lapisan gesek kampas rem dan piringan rem yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan kendaraan [4].

Penelitian oleh Svanh (2003) menunjukkan bahwa permukaan yang lebih kasar memberikan koefisien gesekan lebih tinggi. Selain itu, proses manufaktur juga berpengaruh signifikan terhadap kualitas kampas rem [5]. Dengan kemajuan teknologi, proses manufaktur menjadi lebih efisien. Selain itu, penelitian oleh Barasa (2014) menunjukkan bahwa pada kampas rem berbahan komposit pengisi palma slag, kekerasan tertinggi dan keausan terendah dicapai dengan tekanan pemadatan 380 bar dan suhu sintering 150 °C [6].

Penelitian oleh Guna (2024) menemukan bahwa densitas dan kekerasan lapisan gesek optimal diperoleh pada sampel dengan matriks 95%, densitas 2,106 g/cm<sup>3</sup> dan suhu 550 °C, menghasilkan kekerasan sebesar 61,6 HB [7]. Sementara itu, Pratiwi (2012) menekankan pentingnya ketelitian dalam pembuatan cetakan untuk memastikan kualitas produk [8]. Selain itu, penelitian oleh Dylan (2023) juga menyoroti pentingnya ketelitian selama proses pencampuran dalam pembuatan kampas rem dengan metode komposit [9].

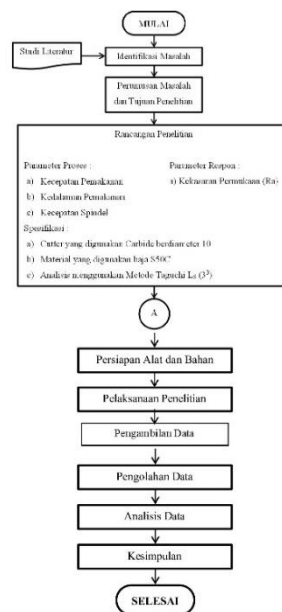
Menurut Adiningtia (2022), proses produksi sangat memengaruhi kualitas akhir produk [10]. Di era modern ini, teknologi canggih seperti mesin CNC (*Computer Numerical*

*Control*) digunakan dalam proses pembuatan cetakan kampas rem. Mesin CNC memiliki keunggulan dibandingkan mesin konvensional, seperti presisi tinggi, kemampuan mengolah bentuk kompleks, kontrol langsung, dan pemantauan melalui komputer. Mahendra (2022) menambahkan bahwa semakin kecil tingkat kekasaran permukaan produk, semakin baik kualitasnya [11].

Oleh sebab itu, penelitian yang berjudul *Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Yang Akan Digunakan Untuk Membuat Cetakan Kampas Rem Depan* ini dilakukan dengan tujuan menemukan parameter optimal dalam proses pemesinan CNC *Milling* untuk menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang rendah, sehingga meningkatkan kualitas cetakan kampas rem.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui sejumlah tahapan yang disusun secara sistematis untuk mempermudah proses pelaksanaannya. Penelitian ini menggunakan metode *Taguchi* untuk mengolah hasil perhitungan. Selain itu, terdapat tahapan penelitian yang merinci langkah-langkah yang akan dilakukan selama proses penelitian, sehingga pelaksanaannya dapat berlangsung secara terorganisir dan sistematis. Tahapan-tahapan tersebut digambarkan melalui diagram alir yang disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahap Penelitian

2.1. Identifikasi Masalah

Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang akan dibahas berdasarkan data yang diperoleh dari studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, seperti artikel, jurnal, buku, serta dokumen daring. Tujuan dari proses ini adalah untuk melengkapi data yang dibutuhkan dalam penelitian sekaligus memperkuat argumen terkait permasalahan yang sedang diteliti.

2.2. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Tahapan ini perlu dirancang dengan jelas agar tujuan penelitian dapat ditentukan secara terarah dan akurat. Proses perumusan masalah memiliki peran penting dalam membantu mengidentifikasi solusi untuk permasalahan yang akan diteliti. Pada penelitian ini, fokus permasalahan adalah optimalisasi parameter proses mesin CNC *Milling* guna menghasilkan cetakan kampas rem dengan tingkat kekasaran permukaan yang optimal.

2.3. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan kerangka dasar yang digunakan untuk melaksanakan penelitian secara sistematis. Berdasarkan hasil studi literatur, kekasaran

permukaan pada produk CNC *milling* menjadi aspek penting yang dipengaruhi oleh kombinasi parameter yang tidak sesuai. Dalam penelitian ini, dilakukan optimalisasi parameter kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan kecepatan *spindel* sebagai variabel bebas. Variabel bebas adalah faktor yang memengaruhi variabel terikat, yaitu kekasaran permukaan, yang menjadi objek pengamatan utama dalam penelitian ini. Selain itu, variabel kontrol juga diterapkan untuk memastikan konsistensi selama penelitian berlangsung.

Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi material baja S50C dan *cutter* Endmill Carbide dengan diameter 10 mm, yang digunakan secara konstan di setiap pengujian. Penelitian juga mempertimbangkan adanya variabel gangguan, seperti area pengukuran kekasaran permukaan benda uji, yang dapat memengaruhi hasil namun tidak dapat sepenuhnya dikendalikan. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan replikasi benda uji guna meminimalkan kemungkinan hasil yang tidak valid dan memastikan keandalan data yang diperoleh.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas ditentukan berdasarkan data manual mesin yang menggunakan *cutter Endmill Carbide* berdiameter 10 mm dan material baja S50C.

Tabel 1. Parameter Variabel Bebas

Variabel Bebas	Satuan	Level		
		1	2	3
(A) Kecepatan Pemakanan	mm/menit	100	105	110
(B) Kedalaman Pemakanan	mm	0,2	0,4	0,6
(C) Kecepatan <i>Spindel</i>	RPM	3184	3343	3503

2. Desain Penelitian

Desain penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *matriks ortogonal 3<sup>3</sup>* menggunakan metode *Taguchi L9* dengan

rancangan acak. Berdasarkan Tabel 1. penyusunan perlakuan variabel bebas untuk setiap spesimen.

Tabel 2. Desain Penelitian

Nomor Spesimen	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan <i>Spindel</i>	Nilai Kekasaran Permukaan
1	100	0.2	3184	
2	100	0.4	3343	
3	100	0.6	3503	
4	105	0.2	3343	
5	105	0.4	3503	
6	105	0.6	3184	
7	110	0.2	3503	
8	110	0.4	3184	
9	110	0.6	3343	

#### 2.4. Persiapan Alat dan Bahan

Penelitian ini memanfaatkan alat dan bahan yang masing-masing memiliki fungsi spesifik. Mesin CNC *Milling* tipe *Lagun MV-40m* digunakan sebagai alat utama dalam proses pemesinan. Untuk mengukur kekasaran permukaan hasil pemotongan, digunakan alat uji kekasaran permukaan yaitu *surface roughness tester Mitutoyo*. Selain itu, *holder cutter Endmill* berdiameter 10 mm digunakan untuk menahan mata potong *cutter* agar proses pemotongan dapat dilakukan dengan presisi.

Dalam hal bahan, penelitian ini menggunakan material baja S50C sebagai sampel yang akan diproses dengan parameter yang telah ditentukan. Mata potong yang digunakan adalah *insert carbide* berdiameter 10 mm, dengan ketentuan bahwa setiap sampel akan dipotong menggunakan mata potong baru untuk memastikan hasil yang valid dan konsisten.

#### 2.5. Pelaksanaan Penelitian

Setelah persiapan alat dan bahan selesai, langkah berikutnya adalah melaksanakan tahap penelitian yang melibatkan pemrosesan bahan material menjadi sampel uji. Proses ini dilakukan di Laboratorium Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, dimulai dengan pemotongan material sesuai ukuran yang diperlukan untuk sampel percobaan. Selanjutnya, program CNC disusun berdasarkan spesifikasi material sampel dan parameter yang telah ditetapkan, kemudian diunggah ke mesin CNC. Setelah itu, *cutter* dipasang pada mesin CNC sesuai dengan jenis dan ukuran yang tepat untuk proses pemotongan. Proses pemesinan pun dilakukan pada benda kerja mengikuti parameter yang telah ditentukan, untuk memastikan hasil pemotongan sesuai dengan

tujuan penelitian dan memperoleh data yang valid dan akurat.

#### 2.6. Pengambilan Data

Tahap pengujian bertujuan untuk mengukur nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses pemesinan. Kekasaran rata-rata dihitung dengan mencari nilai rata-rata jarak absolut antara profil yang diukur dan profil tengah. Dalam perhitungan  $R_a$ , area lembah di bawah profil tengah diproyeksikan ke atas dan dihitung rata-ratanya bersama area di atas profil tengah. Hasil pengujian dicatat pada Tabel 2. dengan melakukan tiga kali replikasi.

#### 2.7. Analisis Data

Setelah data hasil pengujian diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan menyajikan data sesuai dengan tata letak yang ditetapkan dalam desain penelitian. Analisis data dilakukan menggunakan metode *Taguchi dan ANOVA*.

#### 2.8. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahap akhir dalam suatu penelitian. Kesimpulan diperoleh melalui analisis data yang telah dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah diajukan sebelumnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengambilan Data Pengujian

Setelah sampel menjalani proses pemesinan CNC *Milling* dengan parameter yang telah ditentukan, langkah berikutnya adalah mengukur kekasaran permukaan hasil pemesinan tersebut. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Roughness Tester Mitutoyo* pada tiga titik yang berbeda di permukaan sampel. Berdasarkan desain penelitian  $L9(3^3)$ , hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 3, di mana nilai dari setiap variasi dihitung rata-ratanya seperti yang tertera.

Tabel 3. Hasil Penelitian

No.	Faktor			Hasil	Replikasi		Mean
	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel		1	2	
1	100	0.2	3184	0.289	0.314	0.303	0.302
2	100	0.4	3343	0.302	0.313	0.324	0.313
3	100	0.6	3503	0.479	0.467	0.494	0.480
4	105	0.2	3343	0.368	0.391	0.324	0.361
5	105	0.4	3503	0.48	0.468	0.525	0.491
6	105	0.6	3184	0.38	0.413	0.407	0.400
7	110	0.2	3503	0.491	0.468	0.445	0.468
8	110	0.4	3184	0.511	0.537	0.485	0.511
9	110	0.6	3343	0.521	0.544	0.546	0.537

### 3.2. Pengolahan Data Taguchi

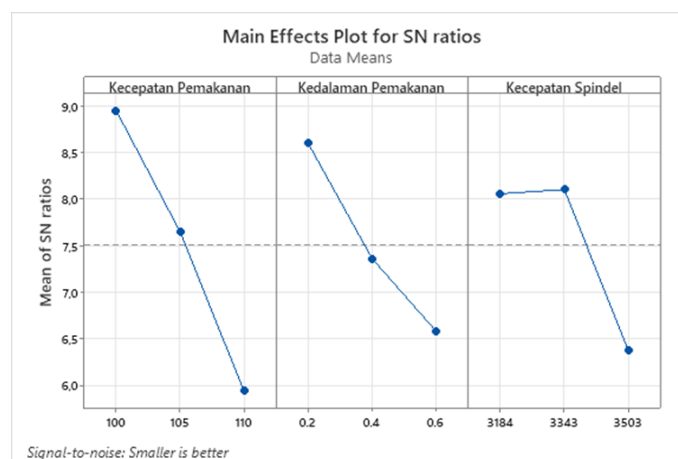
Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Taguchi yang melibatkan matriks ortogonal  $L9(3^3)$ . Dengan demikian, dilakukan perhitungan Rasio *Signal to Noise* (S/N) untuk setiap spesimen dengan tiga kali replikasi. Selanjutnya, metode Taguchi diterapkan bersama dengan ANOVA (*analisis varians*) untuk memperkirakan nilai rasio S/N guna mengidentifikasi kombinasi parameter proses yang dapat menghasilkan performa yang optimal, sehingga juga dapat menentukan kondisi hasil yang terbaik.

### 3.3. Perhitungan S/N Rasio

Dalam menentukan rasio S/N, semakin rendah kekasaran permukaan, semakin baik kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, rasio S/N yang diterapkan pada penelitian ini adalah "lebih rendah lebih baik" atau "*Smaller is Better*". Rasio S/N berfungsi sebagai kriteria untuk memilih karakteristik kualitas yang diinginkan, dengan nilai referensi sebesar 0. Perhitungan rasio *signal-to-noise* digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap pengurangan respon kekasaran permukaan sampel serta mengubah data menjadi nilai yang mencerminkan variasi yang terjadi. Penyajian hasil perhitungan rasio S/N untuk setiap sampel terdapat di Tabel 5.

Tabel 4. S/N Rasio Kekasaran Permukaan

No Spesimen	Faktor			Rata-rata	S/N Rasio
	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel		
1	100	0.2	3184	0.302	10.395
2	100	0.4	3343	0.313	10.086
3	100	0.6	3503	0.480	6.373
4	105	0.2	3343	0.361	8.824
5	105	0.4	3503	0.491	6.168
6	105	0.6	3184	0.400	7.953
7	110	0.2	3503	0.468	6.588
8	110	0.4	3184	0.511	5.824
9	110	0.6	3343	0.537	5.399



Gambar 2. Main Effect Plot S/N Rasio

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada gambar 2, dapat disimpulkan bahwa tingkat kekasaran permukaan berbanding lurus dengan kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan yang diterapkan. Semakin tinggi kecepatan dan kedalaman pemakanan, semakin besar pula nilai *Signal to Noise* yang dihasilkan.

### 3.4. Penentuan Respon Yang dihasilkan

Setelah nilai Rasio S/N didapatkan, dilakukan penentuan tingkat respons parameter yang memengaruhi kekasaran permukaan berdasarkan Rasio S/N tersebut. Proses ini dilakukan dengan menghitung rata-rata nilai Rasio S/N untuk setiap parameter pada masing-masing level, seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Respon S/N Rasio

Level	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Putaran Spindel
1	8.951	8.602	8.057
2	7.648	7.359	8.103

Berdasarkan tabel 5, dapat disimpulkan bahwa parameter yang memiliki pengaruh terbesar adalah kecepatan pemakanan, diikuti oleh kedalaman pemakanan, dan terakhir adalah putaran *spindel*. Kombinasi parameter yang paling optimal ditemukan pada kecepatan pemakanan 100, kedalaman pemakanan 0,2 mm, dan putaran *spindel* sebesar 3343 RPM.

### 3.5. Analisis Of Varians (ANOVA)

ANOVA digunakan untuk menganalisis variabilitas di dalam kelompok maupun antar kelompok dengan menggunakan uji F. Metode ini berfungsi sebagai pengujian hipotesis untuk menentukan apakah rata-rata dari dua atau lebih kelompok memiliki kesamaan, berdasarkan hipotesis nol. Salah satu langkah penting dalam ANOVA adalah menentukan Derajat Kebebasan (*Degree of Freedom*) untuk setiap faktor. Proses perhitungan derajat kebebasan dilakukan sebagai berikut:

1. DOF Faktor A VA = 3 - 1 = 2
2. DOF Faktor B VA = 3 - 1 = 2
3. DOF Faktor C VA = 3 - 1 = 2
4. DOF Total  
VT = 9 - 1 = 8
5. DOF Error  
VE = 8 - 2 - 2 - 2 = 2

Setelah Derajat Kebebasan (DOF) diketahui, langkah berikutnya adalah menghitung Jumlah Kuadrat (*Sum of Squares*) untuk setiap parameter. Perhitungan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

#### 1. SS<sub>A</sub>

$$SS_A = \frac{A1^2}{nA1} + \frac{A2^2}{nA2} + \frac{A3^2}{nA3} - \frac{T^2}{N}$$

$$SS_A = \frac{(10.395+10.086+6.373)^2}{3} + \frac{(8.824+6.168+7.953)^2}{3} + \frac{(6.588+5.824+5.399)^2}{3} - \frac{67.609^2}{9}$$

$$SS_A = 240.37 + 175.49 + 105.74 - 507.886 = 13.711$$

#### 2. SS<sub>B</sub>

$$SS_B = \frac{B1^2}{nB1} + \frac{B2^2}{nB2} + \frac{B3^2}{nB3} - \frac{T^2}{N}$$

$$SS_B = \frac{(10.395+8.824+6.588)^2}{3} + \frac{(10.086+6.168+5.824)^2}{3} + \frac{(6.373+7.953+5.399)^2}{3} - \frac{67.609^2}{9}$$

$$SS_A = 222 + 162.47 + 129.69 - 507.886 = 6.272$$

#### 3. SS<sub>C</sub>

$$SS_C = \frac{C1^2}{nC1} + \frac{C2^2}{nC2} + \frac{C3^2}{nC3} - \frac{T^2}{N}$$

$$SS_C = \frac{(10.395+7.953+5.824)^2}{3} + \frac{(10.086+8.824+5.399)^2}{3} + \frac{(6.373+6.168+6.588)^2}{3} - \frac{67.609^2}{9}$$

$$SS_C = 194.76 + 196.96 + 121.97 - 507.886 = 5.81$$

#### 4. SS<sub>E</sub>

$$SS_E = SS_T' - S_m - SS_{faktor}$$

- $SS_T' = \sum y^2$   
 $SS_T' = (10.395^2 + 10.086^2 + 6.373^2 + 8.824^2 + 6.168^2 + 7.953^2 + 6.588^2 + 5.824^2 + 5.399^2) = 536.011$
- $S_m = N \times \bar{y}^2 = 9 \times \frac{(10.395+10.086+6.373+8.824+6.168+7.953+6.588+5.824+5.399)^2}{9}$   
 $= 507.886$
- $SS_{faktor} = SS_A + SS_B + SS_C$   
 $SS_{faktor} = 13.71 + 6.27 + 5.81 = 25.79$

Maka,  
 $SS_E = 536.011 - 507.886 - 25.79$   
 $SS_E = 2.332$

#### 5. SS<sub>T</sub>

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_C + SS_E = 13.711 + 6.272 + 5.81 + 2.332 = 28.125$$

### 3.6. Rerata Kuadrat (*Mean Square*)

Setelah melakukan perhitungan kuadrat, dilanjutkan dengan menentukan rerata kuadrat dari S/N Rasio yang dihasilkan, seperti berikut.

#### 1. MS<sub>A</sub>

$$MS_A = \frac{SS_A}{DOF_A} = \frac{13.711}{2} = 6.856$$

#### 2. MS<sub>B</sub>

$$MS_B = \frac{SS_B}{DOF_B} = \frac{6.272}{2} = 3.136$$

#### 3. MS<sub>C</sub>

$$MS_C = \frac{SS_C}{DOF_C} = \frac{5.810}{2} = 2.905$$

#### 4. MS<sub>E</sub>

$$MS_E = \frac{SS_E}{DOF_E} = \frac{2.332}{2} = 1.166$$

### 3.7. Analisis

Langkah terakhir yaitu menghitung F rasio yang dihasilkan oleh S/N Rasio, perhitungan tersebut sebagai berikut.

1. Parameter A (Kecepatan Pemakanan)

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_E} = \frac{6.856}{1.166} = 5.879$$

2. Parameter B (Kedalaman Pemakanan)

$$F_B = \frac{MS_B}{MS_E} = \frac{3.136}{1.166} = 2.689$$

3. Parameter C (Kecepatan Spindel)

$$F_C = \frac{MS_C}{MS_E} = \frac{2.905}{1.166} = 2.491$$

Setelah semua komponen yang dibutuhkan untuk analisis varians terkumpul, komponen-komponen tersebut disusun ke

dalam Tabel ANOVA. Kemudian, nilai rasio F yang dihitung dibandingkan dengan nilai F tabel berdasarkan derajat kebebasan dan tingkat probabilitas yang telah ditentukan. Langkah ini bertujuan untuk mengevaluasi hipotesis nol ( $H_0$ ), yang menyatakan bahwa setiap level parameter tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap respons yang diukur. Dalam analisis ini, tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5%, dengan derajat kebebasan untuk setiap parameter sebesar 2. Proses ini penting untuk menentukan apakah perubahan pada parameter tertentu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil.

Tabel 6. ANOVA S/N Rasio

Faktor	DOF	SS	MS	Frasio	Ftabel	Kesimpulan
Kecepatan Pemakanan	2	13.71	6.856	5.879	0.05	H0 Ditolak
Kedalaman Pemakanan	2	6.27	3.136	2.689	0.05	H0 Ditolak
Kecepatan Spindel	2	5.81	2.905	2.491	0.05	H0 Ditolak
Error	2	2.33	1.166			
Total	8	28.12				

Berdasarkan tabel 6 dapat disimpulkan bahwa ketiga parameter yang digunakan berpengaruh terhadap respon yang diambil.

permukaan produk yang dihasilkan. Pada metode *Taguchi*, langkah selanjutnya yaitu menghitung persentase kontribusi dari setiap parameter yang paling berpengaruh. Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam tabel 7.

### 3.8. Persentase Kontribusi

Ketiga parameter yang digunakan memiliki pengaruh terhadap kekasaran

Tabel 7. Persentase Kontribusi

Faktor	SS'	p%
A	11.379	40.46%
B	3.939	14.01%
C	3.477	12.36%

Dapat disimpulkan bahwa metode *Taguchi* dan ANOVA menghasilkan kesimpulan yang serupa, di mana kontribusi terbesar berasal dari parameter A (Kecepatan Pemakanan) dengan nilai 40,46%, parameter B (Kedalaman Pemakanan) sebesar 14,01%, dan parameter C (Kecepatan Spindel) sebesar 12,36%.

### 3.9. Prediksi Menggunakan Parameter Optimasi

Berdasarkan hasil analisis *Taguchi*, kombinasi parameter proses yang menghasilkan kekasaran permukaan paling optimal yaitu kecepatan pemakanan 100, kedalaman pemakanan 0,2 milimeter, dan putaran spindel 3343 RPM. Dengan menggunakan perangkat lunak analisis, diperoleh hasil rata-rata kekasaran permukaan sebesar 0,287, seperti yang ditampilkan pada gambar 2.

#### Prediction

S/N Ratio	Mean	StDev	Ln(StDev)
10,6320	0,287222	0,0148289	-4,33764

#### Settings

Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel
100	0.2	3343

Gambar 3. Prediksi Parameter Optimal

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Yang Akan Digunakan Untuk Membuat Cetakan Kampas Rem Depan, dapat disimpulkan bahwa parameter proses yang diterapkan memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan dan kedalaman pemakanan, semakin besar pula tingkat kekasaran permukaan yang terukur. Di antara berbagai parameter yang diuji, kecepatan pemakanan terbukti menjadi faktor paling dominan, dengan kontribusi sebesar 40,46% terhadap kekasaran permukaan. Sementara itu, kedalaman pemakanan dan kecepatan *spindel* masing-masing berkontribusi sebesar 14,01% dan 12,36%. Untuk mencapai kekasaran permukaan yang optimal, kombinasi parameter proses yang direkomendasikan adalah kecepatan

pemakanan sebesar 100 mm/menit, kedalaman pemakanan 0,2 milimeter, dan putaran *spindel* pada 3343 RPM. Temuan ini memberikan wawasan berharga bagi industri dalam mengoptimalkan proses *milling* untuk meningkatkan kualitas produk.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada seluruh civitas akademika, termasuk dosen, staf, dan pembimbing, yang telah memberikan dukungan dan bimbingan yang sangat berarti selama proses penelitian ini. Selain itu, penghargaan juga diberikan kepada rekan-rekan yang telah berkontribusi dengan ide-ide dan motivasi, yang memungkinkan penelitian ini berjalan dengan lancar. Tanpa bantuan dan kerjasama dari semua pihak, pencapaian ini tidak akan dapat tercapai. Dukungan yang diberikan tidak hanya memperkaya pengalaman, tetapi juga meningkatkan kualitas penelitian ini secara keseluruhan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Manik, "Analisa Laju Keausan Kanvas Ren Cakram Sepeda Motor Berbahan Limbah Kulit Kerang Bulu Dan Serbuk Besi Serta Resin," *Uhn*, Vol. 49, Pp. 69–73, 2022.
- [2] M. Asep, "Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Timah," *Skripsi. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung: Bangka Belitung*, 2022.
- [3] Sutikno, "Pembuatan Bahan Gesek Kampas Rem Otomotif," Pp. 1–23, 2019.
- [4] E. Bimantoro And Darmanto, "Analisis Pengaruh Jumlah Alur Terhadap Keausan Pada Kampas Rem," *Majalah Ilmiah Momentum*, Vol. 18, Pp. 151–1555, 2022.
- [5] F. Svahn, "Surface Roughness And Its Effect On Adhesion And Tribological Performance Of Magnetron Sputtered Nitride Coatings," *Coatings*, Vol. 14, No. 8, 2003, Doi: 10.3390/Coatings14081010.
- [6] F. B. M. Badri, J. Prisno, "Karakteristik Kekerasan Dan Keausan Kanvas Rem Cak- Ram Bahan Komposit Dengan Filler Palm Slag," *Materials Science And Engineering*, Vol. 9, No. 7, Pp. 17–21, 2018.
- [7] T. A. Guna, "Pengaruh Fraksi Volume Dan Suhu Sintering Matrik Aluminium Berpenguat," *Repository Polman Babel*, Vol. D, 2024.
- [8] P. Seminar, N. Tahunan, T. Mesin, S. Xi, T. Iv, And U. Gadjah, "Mat - 099 Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin Xi (Snttm Xi) & Thermofluid Iv Universitas Gadjah Mada (Ugm), Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012," No. Snttm Xi, Pp. 16–17, 2012.

- [9] A. G. Dylan, S. Sugiyarto, A. Wanto, A. Budi, And S. Sukanto, "The Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Silicon Carbida Dan Rice Husk Ash Dengan Metode Metalurgi Serbuk," *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana*, Vol. 10, No. 02, Pp. 61–68, 2023, Doi: 10.35508/Ljtmu.V10i02.13481.
- [10] A. P. Tr Adiningtiah, W Astuti, Re Puwanto, "Pengaruh Bahan Baku Dan Proses Pembuatan Terhadap Kualitas Produk Pastry Di Sotis Hotel Kupang," *Jurnal Perhotelan, Destinasi*, Vol. 3, No. 1, Pp. 48–57, 2022.
- [11] A. Mahendra, E. Yudo, And Z. Kurniawan, "Analisis Pengaruh Nilai Parameter Proses Pemesinan Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium 7075," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, Vol. 1, No. 2, Pp. 345–351, 2023, Doi: 10.33504/Jitt.V1i2.35.