



Optimasi Parameter Pemmesinan CNC *Turning* Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Material ST 42 Menggunakan *Response Surface Methodology*

Prabowo Agung Pribadi¹, Yudi Oktriadi², Husman³

^{1,2,3} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : yudioktriadi@gmail.com

Received: 9 Desember 2025; Received in revised form: 17 Desember 2025; Accepted: 22 Desember 2025

Abstract

Product quality is a critical aspect for producers in the manufacturing industry. One such quality is the surface roughness of the resulting product. A minimal surface roughness indicates a superior CNC machining process. However, achieving minimal surface roughness requires an optimal combination of machining parameters. This study aims to identify the significant process variables and determine their optimal combination in the CNC machining of ST 42 steel to improve its surface roughness. The method employed was Response Surface Methodology (RSM) with a Box-Behnken design to analyze three variable factors: cutting speed (at levels of 110-140 m/min), feeding (at levels of 0.25-0.45 mm/rev), and depth of cut (at levels of 0.1-0.5 mm). The results demonstrated that all three factors have a significant influence on the product's surface roughness. The most optimal parameter combination to achieve the best surface roughness was found to be a cutting speed of 264,56 m/min, a feed rate of 0.25 mm/rev, and a depth of cut of 0.1 mm. With these settings, the predicted achievable surface roughness value is 0,16 μ m.

Keywords: CNC; surface roughness; response surface methodology; ST 42 Steel

Abstrak

Kualitas dari suatu produk merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan oleh produsen dalam dunia industri manufaktur. Salah satu kualitas itu adalah kekasaran permukaan dari produk yang dihasilkan. Kekasaran permukaan yang minimal menunjukkan proses pemmesinan CNC yang sangat baik. Namun, untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang minimal dibutuhkan kombinasi parameter pemmesinan yang optimal agar dapat tercapai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variabel proses yang mempengaruhi dan kombinasi optimal pada variabel proses pemmesinan CNC terhadap kekasaran permukaan baja ST 42. Metode yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain Box-Behnken untuk menganalisis tiga faktor variabel: kecepatan potong (*cutting speed*) pada level 110-140 m/min, gerak makan (*feeding*) pada level 0,25-0,45 mm/rev, dan kedalaman potong (*depth of cut*) pada level 0,1-0,5 mm. Dari hasil penelitian menunjukkan *cutting speed* dan *depth of cut* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Kombinasi parameter paling optimal untuk mencapai kekasaran permukaan terbaik ditemukan pada kecepatan potong 264,56 m/min, gerak makan 0,25 mm/rev, dan kedalaman potong 0,1 mm. Dengan pengaturan ini, nilai kekasaran permukaan yang diprediksi dapat tercapai adalah sebesar 0,16 μ m.

Kata kunci: CNC; kekasaran permukaan; *response surface methodology*; baja ST 42

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menyebabkan dunia industri manufaktur dituntut untuk menghasilkan segala hal secara cepat dengan kualitas yang baik. Sekitar 70% dari proses pemmesinan yang dilakukan industri manufaktur adalah proses produksi industri [1]. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah penggunaan mesin bubut CNC dalam proses produksi. Mesin ini digunakan untuk memproduksi produk-produk yang berbentuk silindris [2-3]. Keunggulan dari mesin bubut CNC

adalah kemampuannya dalam menghasilkan komponen-komponen mesin berkualitas tinggi secara akurat dan presisi dalam waktu yang singkat [4].

Kualitas dari produk yang diproduksi dinilai bagus apabila sesuai pada kualifikasi ataupun standar mutu produk, terutama dalam segi mutu geometri produk. Suatu komponen mesin mempunyai karakteristik geometri yang ideal apabila komponen tersebut memiliki: 1) Dimensi produk yang presisi, 2) Bentuk produk yang sempurna, dan 3) Permukaan benda yang baik [5]. Salah satu cara yang paling umum untuk menilai kualitas produk adalah berdasarkan permukaan suatu produk tersebut [5-6]. Hal ini dikarenakan kekasaran permukaan dapat memengaruhi sifat mekanis dari suatu produk seperti ketahanan aus, daya tahan terhadap korosi, dan kemampuan komponen untuk berinteraksi dengan elemen lainnya [7]. Dalam penggunaan mesin bubut CNC, operator harus menetapkan parameter proses pemesinan yang sesuai agar mencapai kualitas produk yang maksimal. Beberapa faktor seperti pergerakan pemakanan (*feeding*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*), dan kecepatan spindel (*spindle speed*) merupakan faktor dalam proses pembubutan yang mempengaruhi kualitas kekasaran permukaan [8].

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah ST 42 yang dikenal sebagai material dengan sifat mekanis yang baik dan banyak diaplikasikan dalam sektor otomotif, konstruksi dan industri berat lainnya [9-10]. Baja ST 42 merupakan baja karbon rendah yang memiliki kandungan komposisi kimia, karbon (C): 0,07 – 0,1%, silikon (Si): 0,15-0,25%, Mangan (Mn): 0,3-0,6%, fosfor (P): 0,03% dan ditambah dengan unsur-unsur lainnya [10].

Penelitian yang dilakukan oleh [11] dengan parameter putaran spindel, kedalaman pemakanan, dan gerak makan terhadap kekasaran permukaan didapatkan kombinasi optimal dengan nilai putaran spindel sebesar 1250 *put/min*, kedalaman pemakanan 0,5 mm, dan gerak makan 1 *mm/rev*. Parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan dengan kontribusi sebesar 24,41%.

Penelitian lain yang dilakukan oleh [12] yang meneliti tentang pengaruh parameter pemesinan seperti kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, dan laju pemakanan terhadap kekasaran permukaan menunjukkan hasil terbaik yaitu pada kombinasi 2000 *rpm*, 2 mm, dan 2 *rev/min*. Parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan material ST 42 adalah *depth of cut* atau kedalaman pemakanan.

Penelitian yang dilakukan [13] tentang pengaruh kecepatan pemotongan dan kedalaman pemotongan terhadap nilai kekasaran permukaan baja SKD 11 menggunakan metode RSM menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekasaran permukaan paling rendah yang didapatkan sebesar 1,627 μm . Hasil ini didapatkan dengan setting kecepatan pemotongan 240 *m/min* dan kedalaman pemotongan 0,325 mm akan tetapi kedua parameter ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan setelah dilakukan uji ANOVA dengan nilai *p-value* lebih besar $\alpha = 0,05$.

Penelitian ini menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dimana metode ini merupakan kompilasi teknik statistik dan matematis yang berguna dalam menganalisis situasi dimana banyak variabel independen yang mempengaruhi variabel respons dengan tujuan untuk mengoptimalkan respon [14]. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui setting variabel proses yang optimal untuk mencapai nilai kekasaran permukaan yang minimal pada benda kerja material baja karbon rendah ST 42. Proses pembubutan yang dilakukan adalah proses *finishing* di mesin bubut CNC.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST 42. Spesimen uji yang digunakan dalam penelitian ini berdimensi $\varnothing 30 \times 100$ mm dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen Baja ST 42

2.2. Alat Penelitian

a. Mesin Bubut CNC

Mesin bubut yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin bubut CNC Mori Seiki SL-25 yang dibuat di Jepang dengan tahun pembuatan 2011. Mesin CNC yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin Bubut CNC Mori Seiki SL-25

b. Mata Potong

Mata potong yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat *insert carbide* DNMG 150608-MA. Mata potong *carbide* memiliki ketahanan aus yang baik dengan tingkat kekerasan yang tinggi sehingga lebih efektif dan efisien dibandingkan jenis lainnya. Mata potong yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pahat *Insert Carbide* DNMG 150608-MA

c. *Surface Roughness Tester* dan *V-Block*

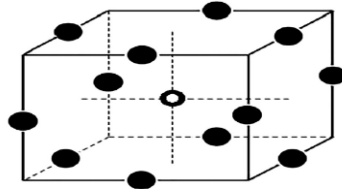
Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk menguji kekasaran permukaan adalah *surface roughness tester* Mitutoyo SJ 210 dengan bantuan *v-block*. Alat uji kekasaran permukaan Mitutoyo SJ-210 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210

2.3. Desain Percobaan

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *Response Surface* tipe *Box-Behnken*. Desain percobaan dibuat untuk menentukan berapa banyak faktor dan sampel yang digunakan serta kombinasi dari faktor dan level percobaan. Jumlah faktor yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 3 faktor. Bentuk model dari *Box-Behnken* dapat dilihat pada Gambar 5. Jumlah sampel yang harus dibuat berdasarkan tipe *Box-Behnken* adalah 12 sampel yang ditambah dengan *center point* sebanyak 3 titik sehingga terdapat total 15 sampel.

Gambar 5. Desain *Box-Behnken* untuk 3 Faktor [12]

Kombinasi dari faktor dan level berdasarkan pada desain *Box-Behnken* 3 faktor ditampilkan dalam tabel 1. Level *low* (rendah) disimbolkan dengan kode -1, level *medium* (sedang) dengan kode 0, level *high* (tinggi) dengan kode +1.

Tabel 1. Desain Percobaan Dalam Bentuk Kode

No.	Kode Level		
	A	B	C
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Sumber: Hasil Penentuan

2.4. Variabel Proses

Variabel proses merupakan variabel dibawah kendali peneliti yang mempengaruhi proses pemesian bubut. Nilai-nilai dari variabel proses ditentukan berdasarkan pertimbangan peneliti. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cutting speed* (m/min), *feeding* (mm/rev), dan *depth of cut* (mm) dengan jumlah level dari tiap faktor sebanyak 2 level. Nilai level dari masing-masing faktor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor dan Level Penelitian

Faktor	Level		
	Low (-1)	Medium (0)	High (+1)
A. <i>Cutting Speed</i> (m/min)	110	125	140
B. <i>Feeding</i> (mm/rev)	0,25	0,35	0,45
C. <i>Depth of Cut</i> (mm)	0,1	0,3	0,5

Sumber: Hasil Penentuan

Berdasarkan pada Tabel 1 desain percobaan dalam bentuk kode, maka pada Tabel 3 dapat dilihat nilai-nilai kombinasi dari faktor dan level yang digunakan.

Tabel 3. Desain Eksperimen

No.	Kode Level		
	<i>Cutting Speed</i> (m/min)	<i>Feeding</i> (mm/rev)	<i>Depth of Cut</i> (mm)
1	110	0.25	0.3
2	140	0.25	0.3
3	110	0.45	0.3
4	140	0.45	0.3

5	110	0.35	0.1
6	140	0.35	0.1
7	110	0.35	0.5
8	140	0.35	0.5
9	125	0.25	0.1
10	125	0.45	0.1
11	125	0.25	0.5
12	125	0.45	0.5
13	125	0.35	0.3
14	125	0.35	0.3
15	125	0.35	0.3

Sumber: Hasil Penentuan

2.5. Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dari spesimen uji dilakukan menggunakan alat *v-block* dan alat ukur *surface roughness tester* dengan jarak masing-masing 120° sebanyak 3 titik.

- a. Benda kerja yang akan diuji menggunakan *surface roughness tester* dan *v-block* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Benda Kerja Setelah Dibubut Menggunakan Mesin Bubut CNC

- b. Benda kerja yang telah dibubut diletakkan pada *v-block*, pengujian kekasaran permukaan dilakukan di atas meja perata agar permukaan dapat dipastikan rata. Ujung dari alat *surface roughness tester* diletakkan di permukaan benda kerja.



Gambar 7. Pengujian Kekasaran Permukaan Pada Benda Kerja

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Setelah dilakukannya pengambilan nilai kekasaran permukaan pada permukaan spesimen uji, maka didapatkan nilai dari kekasaran permukaan yang dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai kekasaran permukaan terkecil sebesar 2,081 μm didapatkan pada kombinasi faktor *cutting speed* sebesar 110 *m/min*, *feeding* sebesar 0,35 *mm/rev*, dan *depth of cut* sebesar 0,1 mm. Sementara nilai kekasaran permukaan terbesar sebesar 4,211 μm didapatkan pada kombinasi faktor *cutting speed* sebesar 110 *m/min*, *feeding* sebesar 0,35 *mm/rev*, dan *depth of cut* sebesar 0,5 mm.

Tabel 4. Nilai Kekasaran Permukaan

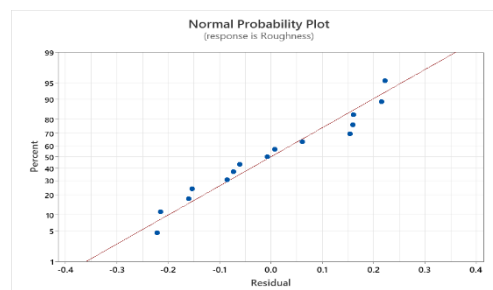
No	Cutting Speed (m/min)	Feeding (mm/rev)	Depth of Cut (mm)	Rata-Rata Hasil Kekasaran (μm)
1	110	0.25	0.3	3.662
2	140	0.25	0.3	2.98
3	110	0.45	0.3	2.86
4	140	0.45	0.3	2.502
5	110	0.35	0.1	2.081

6	140	0.35	0.1	2.304
7	110	0.35	0.5	4.211
8	140	0.35	0.5	2.676
9	125	0.25	0.1	2.334
10	125	0.45	0.1	2.158
11	125	0.25	0.5	3.189
12	125	0.45	0.5	3.587
13	125	0.35	0.3	3.402
14	125	0.35	0.3	3.17
15	125	0.35	0.3	3.158

Sumber: Pengujian dan Perhitungan

3.2. Uji Normalitas

Nilai respon kekasaran permukaan diuji kenormalan datanya untuk membandingkan data respon terhadap distribusi normal. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Minitab 22 (Minitab License)*. Hasil dari uji normalitas dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan gambar, data respon menunjukkan tingkat kenormalan data yang signifikan sehingga dapat disimpulkan mengikuti bentuk distribusi normal.



Gambar 8. Grafik Normalitas Kekasaran Permukaan

3.3. Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of Variance dilakukan terhadap ketiga faktor dan interaksi antara faktor. Hal ini dilakukan untuk mengetahui signifikansi dari faktor terhadap respon. Tabel 5 merupakan tabel ANOVA yang telah dilakukan validasi menggunakan bantuan *software Minitab 22 (Minitab License)*.

Tabel 5. *Analysis of Variance* Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	4.98484	0.55387	8.27	0.016
Linear	3	3.69463	1.23154	18.38	0.004
Cutting Speed	1	0.69149	0.69149	10.32	0.024
Feeding	1	0.13992	0.13992	2.09	0.208
Depth of Cut	1	2.86322	2.86322	42.73	0.001
Square	3	0.40895	0.13632	2.03	0.228
Cutting Speed*Cutting Speed	1	0.05376	0.05376	0.80	0.411
Feeding*Feeding	1	0.05466	0.05466	0.82	0.408
Depth of Cut*Depth of Cut	1	0.34273	0.34273	5.11	0.073
2-Way Interaction	3	0.88125	0.29375	4.38	0.073
Cutting Speed*Feeding	1	0.02624	0.02624	0.39	0.559
Cutting Speed*Depth of Cut	1	0.77264	0.77264	11.53	0.019
Feeding*Depth of Cut	1	0.08237	0.08237	1.23	0.318
Error	5	0.33502	0.06700		
Lack-of-Fit	3	0.29719	0.09906	5.24	0.165
Pure Error	2	0.03783	0.01892		
Total	4	5.31986			

Sumber: *Software Minitab 22 (Minitab License)*

- Hipotesis:
 - H_0 : *Cutting Speed* tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan
 - H_1 : *Cutting Speed* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan
 - H_0 : *Feeding* tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan
 - H_1 : *Feeding* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan
 - H_0 : *Depth of Cut* tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan
 - H_1 : *Depth of Cut* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan
- Kriteria Pengujian:
 - Apabila nilai dari $p\text{-value} < 0,05$ maka H_0 ditolak.
 - Apabila nilai dari $p\text{-value} > 0,05$ maka H_0 gagal ditolak.
- $\alpha = 0,05$ (5%)
- Analisis:

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa *cutting speed* memiliki nilai $p\text{-value}$ sebesar 0,024. Apabila dibandingkan dengan nilai $\alpha = 0,05$ (5%) maka keputusan dari H_0 ditolak yang mengartikan bahwa *cutting speed* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Faktor *feeding* memiliki nilai $p\text{-value}$ sebesar 0,208 yang lebih besar dibandingkan dengan nilai $\alpha = 0,05$ (5%). Dapat disimpulkan bahwa keputusan dari H_0 ditolak yang berarti bahwa *feeding* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Faktor *depth of cut* yang memiliki nilai $p\text{-value}$ sebesar 0,001 lebih kecil dibandingkan dengan nilai $\alpha = 0,05$ (5%) sehingga keputusan H_0 gagal ditolak dan menandakan faktor ini berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disampaikan bahwa *cutting speed* dan *depth of cut* adalah faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan.

3.4. Uji Lack of Fit

Uji *lack of fit* dilakukan untuk menentukan apakah model akurat atau sesuai dengan data yang dibandingkan dengan nilai $p\text{-value}$ tingkat signifikan. Uji ini dilakukan dengan bantuan *software Minitab 22* (*Minitab License*).

- Hipotesis:
 - H_0 : Ketidaksesuaian model dengan data
 - H_1 : Kesesuaian model dengan data
- Keputusan statistik uji
 - Apabila nilai $p\text{-value}$ dari *lack of fit* $< 0,05$ maka model tidak sesuai dengan data.
 - Apabila nilai $p\text{-value}$ dari *lack of fit* $> 0,05$ maka model sesuai dengan data.
- $\alpha = 0,05$ (5%)
- Analisis:

Berdasarkan Tabel 5 *analysis of variance*, nilai $p\text{-value}$ *lack of fit* (0,165) lebih besar dibandingkan nilai $\alpha = 0,05$ (5%) sehingga keputusan H_0 dapat ditolak. Hal tersebut mengartikan bahwa model sesuai dengan data dan tidak dapat disimpulkan bahwa model tidak sesuai dengan data.

3.5. Persamaan Second Order

Persamaan *second order* dilakukan dengan pendekatan regresi. Persamaan berikut merupakan cara perhitungan *second order* dengan pendekatan regresi:

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_3 \\ \hat{\beta}_3 \\ \hat{\beta}_{11} \\ \hat{\beta}_{22} \\ \hat{\beta}_{33} \\ \hat{\beta}_{12} \\ \hat{\beta}_{13} \\ \hat{\beta}_{23} \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (1)$$

Hasil perhitungan yang telah dilakukan pada data kekasaran permukaan dapat dilihat pada perhitungan berikut menggunakan persamaan (1):

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} 3.24333333 \\ -0.294 \\ -0.13225 \\ 0.59825 \\ -0.12067 \\ -0.12167 \\ -0.30467 \\ 0.081 \\ -0.4395 \\ 0.1435 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan nilai $\hat{\beta}$ didapatkan nilai persamaan *second order* yang terdiri dari $X_1 = \text{cutting speed}$, $X_2 = \text{feeding}$, $X_3 = \text{depth of cut}$, $X_1^2 = \text{cutting speed square}$, $X_2^2 = \text{feeding square}$, $X_3^2 = \text{depth of cut square}$, dan $X_1X_2 = \text{cutting speed*feeding}$, $X_1X_3 = \text{cutting speed*depth of cut}$, $X_2X_3 = \text{feeding*depth of cut}$, nilai-nilai ini dapat dimodelkan berdasarkan persamaan berikut:

$$Y = 3.24333333 - 0.294X_1 - 0.13225X_2 + 0.59825X_3 - 0.12067X_1^2 - 0.12167X_2^2 - 0.30467X_3^2 + 0.081X_1X_2 - 0.4395X_1X_3 + 0.1435X_2X_3$$

3.5. Analisis Coefficients Determination

Nilai koefisien determinasi (R^2) dihitung untuk mengetahui persentase kecocokan model terhadap keadaan sebenarnya. Perhitungan R^2 dilakukan dengan bantuan *software Minitab 22 (Minitab License)* yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Model Summary Kekasaran Permukaan

S	R-Sq	R-Sq (Adj)	R-Sq (pred)
0.258853	93.70%	82.37%	9.02%

Sumber: *Software Minitab 22 (Minitab License)*

Berdasarkan data nilai R^2 pada Tabel 5 maka persamaan regresi yang didapatkan sebesar 93.70% artinya persentase dari data dapat menjelaskan kebenaran data sesuai dengan fakta. Maka persamaan regresi dapat dikatakan mendekati data yang benar ada.

3.6. Menentukan Nilai Stationary Point

Berdasarkan data persamaan *second order* yang telah didapatkan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan nilai *stationary point* (X_0) dengan menentukan nilai matrik B dan matrik b berdasarkan nilai $\hat{\beta}$ menggunakan persamaan (2) berikut ini:

$$X_0 = -\frac{1}{2}B^{-1}b \quad (2)$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan persamaan (2), didapatkan nilai *stationary point* (X_0) untuk menentukan nilai optimal dari faktor sebagai berikut:

$$X_0 = -\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 25.61619 & -2.7508 & -19.1241 \\ -2.75086 & -9.24905 & -0.19404 \\ -19.1241 & -0.19404 & 10.46573 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.294 \\ -0.13225 \\ 0.59825 \end{bmatrix}$$

$$X_0 = \begin{bmatrix} 9.30415 \\ -0.9579265 \\ -5.95463 \end{bmatrix}$$

3.6. Menetapkan Nilai Optimal dari Faktor X_1 , X_2 , dan X_3

Untuk menetapkan nilai optimal dari ketiga faktor, maka perlu dilakukan perhitungan nilai optimal pada setiap faktor menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$x_i = \frac{\text{variabel bebas} - \text{center point}}{\frac{1}{2}(\text{maksimum} - \text{minimum})} \quad (3)$$

a. Nilai Optimal Cutting Speed (X_1)

$$X_1 = \frac{\text{cutting speed} - \text{center point}}{\frac{1}{2}(\text{maksimum} - \text{minimum})}$$

Didapatkan hasil nilai optimal dari *cutting speed* sebesar 264,56 m/min

b. Nilai Optimal Feeding (X_2)

$$X_2 = \frac{\text{feeding} - \text{center point}}{\frac{1}{2}(\text{maksimum} - \text{minimum})}$$

Didapatkan hasil nilai optimal dari *feeding* sebesar 0,25 mm/rev

c. Nilai Optimal Depth of Cut (X_3)

$$X_3 = \frac{\text{depth of cut} - \text{center point}}{\frac{1}{2}(\text{maksimum} - \text{minimum})}$$

Didapatkan hasil nilai optimal dari *depth cut* sebesar 0,1 mm

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai optimal dari variabel *cutting speed* adalah sebesar 264,56 m/min, *feeding* sebesar 0,25 mm/rev, dan *depth of cut* sebesar 0,31 mm.

3.7. Menetapkan Nilai Prediksi Respon Pada Stationary Point

Dalam mencari prediksi nilai respon dari kekasaran permukaan berdasarkan *stationary point*, maka perlu dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (4) sebagai berikut ini:

$$\hat{y}_0 = \beta_0 + \frac{1}{2} X_0^T b \quad (4)$$

Setelah dilakukannya perhitungan berdasarkan persamaan (4) didapatkan nilai prediksi kekasaran permukaan sebagai berikut:

$$\hat{y}_0 = 3.2433 + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 9.30415 & -0.9579265 & -5.95463 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.294 \\ -0.13225 \\ 0.59825 \end{bmatrix}$$

$$\hat{y}_0 = 0.16 \mu\text{m}$$

3.8. Menentukan Model Canonical

Supaya dapat mengetahui nilai *stationary point* (X_0) merupakan variabel optimum dalam bentuk maksimum, minimum, atau *saddle point* (titik pelana), maka perlu dilakukan analisis model *canonical*. Persamaan (5) digunakan untuk menganalisa model *canonical* berdasarkan persamaan *second order* yang telah didapatkan sebelumnya:

$$\hat{y} = \hat{y}_0 + \lambda_1 \omega_1^2 + \lambda_2 \omega_2^2 + \lambda_3 \omega_3^2 \quad (5)$$

Dengan menggunakan persamaan (5) untuk menganalisa model *canonical*, didapatkanlah model sebagai berikut:

$$\hat{y} = \hat{y}_0 - 0.12067\omega_1^2 - 0.12167\omega_2^2 - 0.30467\omega_3^2$$

Berdasarkan hasil di atas maka dapat diketahui nilai konstanta $\Omega_1 = -0,12067$, konstanta $\Omega_2 = -0,12167$, dan konstanta $\Omega_3 = -0,30467$. Dari hal ini dapat dikatakan bahwa model *canonical* yang terbentuk pada *surface plot* adalah posisi maksimum. Posisi maksimum memiliki arti bahwa pada persamaan dapat disimpulkan nilai optimal terletak pada titik maksimum.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa faktor pemesinan bubut seperti *cutting speed* dan *depth of cut* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Hal ini bisa dilihat berdasarkan analisis varian yang telah dilakukan dimana ketiga faktor memiliki nilai *p-value* yang lebih kecil dibandingkan nilai $\alpha = 0,05$ (5%). Sementara itu, untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang optimal pada baja ST 42 dengan prediksi respon nilai optimal sebesar 0,16 μm dibutuhkan kombinasi parameter pemesinan yang optimal pula yaitu *cutting speed* sebesar 254,56 m/min, *feeding* sebesar 0,25 mm/rev, dan *depth of cut* sebesar 0,1 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Fauzi dan Wirawan Sumbodo, "Pengaruh Parameter Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan ST 40 Pada Mesin Bubut CNC", *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 46-57, 2021.
- [2] Schlesinger, *Testing Machine Tools (Seventh Edition)*, India : Plant Engineering Department, 1977.
- [3] Muhammad Nur Anwarul, Masalik dan Dony Susandi, "Proses Pembuatan Busing Inner Free Cutting Dengan Menggunakan Mesin Bubut CNC DMC dan Mesin Bubut Milling", *Prosiding SENIATI, Universitas Majalengka, Majalengka*, 2022, pp. 391-398.
- [4] Dian Untoro, Andriyanto, Erwin, Sunarso, *Mesin CNC dan Kegunaan Mesin CNC dalam Dunia Industri*, Solo : Solo Abadi, 2020.
- [5] Taufiq Rochim, *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik 1*, Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2001.
- [6] Bukhari Kasim, Azwar Yunus, Ilyas Yusuf, Mawardi, Darmein, "Optimization of CNC Machining Parameters to Improve Surface Roughness Quality of The AL6061 Material Using The Taguchi Method", *Jurnal Polimesin*, vol. 21, no. 4, pp. 408-413, 2023.
- [7] Saifuddin, Sumardi, Abdul Faturrahman, "Analysis of The Effect of Variations in Cutting Speed and Feed Depth in The ST42 Steel Turning Process on Surface Roughness", *Journal of Mechanical Engineering and Fabrication*, vol. 1, no. 2, pp. 408-413, 2023.
- [8] Sabaruddin Syach, Anis Siti Nurrohmayati, Sigiet Haryo Pranoto, "Optimasi Parameter Untuk Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Baja ST 37 Dengan Menggunakan Metode Taguchi", *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 113-120, 2022.
- [9] Khoirul Arifin, Dicki Nizar Zulfika, Achmad Rijanto, "Pengaruh Kedalaman Pemakanan dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Pada Proses Bubut", *Majamecha*, vol. 4, no. 2, pp. 96-102, 2022.
- [10] Adi Shaifudin, Hermin Istiasih, Am. Mufarrih, "Optimalisasi Difusi Karbon Dengan Metode Pack Carburizing Pada Baja ST 42", *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 1, no. 1, pp. 27-34, 2018.
- [11] Refa Anugrah Mahendra, M.R.A. Anggara, K.E. Kapel, A.M. Miftahudin, K.I. Pratama, F. Rahmadianto, "Analisa Efektifitas Uji Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Dengan Variabel Mekanik Mesin Dengan Metode Taguchi", *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 5-8, 2021.
- [12] Hermansyah Rhomadan, Robert Napitupulu, Husman, "Analisis Kekasaran Permukaan Pada Proses CNC Turning Material Baja ST 42 Menggunakan Metode Taguchi", *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat*, 2021, pp. 203-209.
- [13] Agus Febriansya, Zaldy Kurniawan, Eko Yudo, "Analisis Pengaruh Kecepatan Pemotongan dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD 11 Dengan Metode RSM", *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 208-214, 2024.
- [14] Mawi Prabudi, Budi Nurtama, Eko Hari Purnomo, "Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) dengan Historical Data pada Optimasi Proses Produksi Burger", *Jurnal Mutu Pangan*, vol. 5, no. 2, pp. 109-115, 2018.