

## Variasi Parameter Proses Terhadap Pengujian *Material Removal Rate* dengan Mesin CNC Bubut pada Proses *Finishing* Baja SKD-11 Menggunakan RSM

Anggi Saputra<sup>1</sup>, Zaldy Kurniawan<sup>1</sup>, Yudi Oktriadi\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin dan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung  
Kawasan Industri Air Kantung, Sungailiat - Bangka, 33211, Telepon (0717) 93586

\*Corresponding author: [yudioktriadi@gmail.com](mailto:yudioktriadi@gmail.com)

### ABSTRAK

Mesin *CNC Turning* dalam industri manufaktur sangat berperan untuk memproduksi komponen-komponen yang membutuhkan akurasi dan kerumitan yang tinggi. Peralatan pemesian yang digunakan sangat berpengaruh untuk meningkatkan nilai proses produksi dalam dunia manufaktur. SKD-11 memiliki tingkat ketahanan aus yang tinggi, keuletan yang baik, sehingga bagus dan tepat untuk komponen yang membutuhkan presisi dan daya tahan yang tinggi. Untuk mencapai optimasi, *Respon Surface Methode (RSM) Box Behnken Design* dapat digunakan, dengan tiga variabel yang dapat memperoleh nilai optimasi terbaik. Dalam penelitian ini variabel gerak makan dan kedalaman pemakanan yang menjadi variabel signifikan atau berpengaruh terhadap MRR. Dari hasil analisis didapat nilai optimasi untuk kecepatan potong 286,238 m/min, gerak makan 0,19751 mm/rev, kedalaman pemakanan 0,12486 mm.

### ABSTRACT

*CNC Turning machines in the manufacturing industri play a role in producing components that require high accuracy and complexity. The machining equipment used is very influential to remind the value of the production process in the manufacturing world. SKD-11 has a high level of wear resistance, good ductility, so it is good and right for components that require high precision and durability. To achieve optimization, Response Surface Method (RSM) Box Behnken Design's can be used, with three variants that can obtain the best optimization value. In this study, the variables of eating motion and depth of nutrition are significant variables or affect MRR. From the results of the analysis, optimization values were obtained for cutting speed 286.238 m / min, feeding motion 0.19751 mm / rev, feeding depth 0.12486 mm.*

**Keywords:** CNC; MRR; SKD11; Response Surface Methodology.

### PENDAHULUAN

Proses penyayatan logam uga dapat dikatakan sebagai proses pemesian yang merupakan bagian penting dari industri manufaktur, bahkan sejak revolusi industri proses pemesian telah menjadi hal yang inti dari perindustrian manufaktur. Peneitian yang berfokus tentang proses penyayatan logam biasanya berkonsentrasi pada mengetahui sifat mampu mesin material, seperti umur pahat, gaya potong, kekasaran dan laju pemakanan material. Selain itu dalam penenlitian juga berfokus pada mengidentifikasi kombinasi vavariabel yang signifikan terhadap efisiensi proses dan produk serta kualitas dari hasil produksi [1]. Hal ini terjadi karena kerumitan bentuk dan tingkat akurasi yang tinggi.

Peralatan pemesian yang digunakan sangat berpengaruh untuk meningkatkan nilai proses produksi dalam dunia manufaktur [2].

Mesin *CNC Turning* dalam industri manufaktur sangat berperan untuk memproduksi komponen-komponen, seperti *punch* dan *dies* pada proses *bending*, *deep drawing* dan *shearing*. Berdasarkan komponen-komponen yang diproduksi, baja SKD 11 menjadi salah satu material yang bisa digunakan. *Material removal rate* dan kekasaran permukaan adalah salah satu indicator untuk mencapai kualitas proses pembubutan [3].

MRR yang tinggi mnjadi salah satu tujuan yag harus dicapai. Namun, proses yang terlalu lama akan sangat berpengaruh pada proses produksi dan dapat meningkatkan

biaya produksi [4]. Dalam penelitian lain mengatakan mengatakan bahwa variabel pemesinan yang dapat menentukan besarnya nilai laju penyayatan material pada proses pembubutan adalah *vc*, *feeding* dan sudut potong utama. Penentuan variabel tersebut yang secara berlebihan dapat menurunkan produktivitas produksi karena terdapat suatu benda kerja yang mengalami pengerjaan ulang atau *reworked* bahkan gagal karena adanya cacat pada permukaan produk [5]. Untuk menyelesaikan masalah ini, variabel proses harus diatur ddengan benar supaya mendapatkan nilai variabel yang optimal serta kontribusi yang signifikan terhadap *Material Removal Rate*.

Hasil dari analisis data pada penelitian lain bahwa nilai *Material Removal Rate* berdasarkan percobaan kombinasi yang kedua menghasilkan benda kerja dengan nilai kombinasi variabel tertinggi, yaitu 4,648 mm<sup>3</sup>/menit. Dengan kedalaman pemakanan 1,5 mm dan gerak makan 0,05 mm/rev dan RPM diatur menjadi 210 put/min [6].

Berdasarkan penelitian lain, degan kedalaman pemakanan 0,2 mm dan RPM 1000 put/min menghasilkan nilai *Material Removal Rate* (MRR) paling rendah yaitu sebesar 5,972 mm<sup>3</sup>/min, sedangkan nilai paling tinggi sebesar 34,343 mm<sup>3</sup>/min dengan kedalaman pemakanan 0,6 mm dan RPM sebesar 2000 put/min. semakin kecil kedalaman pemakanan maka semakin rendah nilai laju pemakanan material [7].

Semakin tinggi kecepatan putaran mesin dan kecepatan potong, serta semakin besar kedalaman pemotongan, semakin tinggi pula MRR yang di hasilkan. Semakin tinggi MRR maka akan menyebabkan keausan atau kerusakan pada peralatan [8].

Berdasarkan keterangan di Atas, maka penulis melakukan penelitian terhadap proses finishing terhadap pengujian *Material Removal Rate* (MRR) pada baja SKD-11 dengan variasi variabel *vc*, kedalaman pemakanan dan gerak makan menggunakan Metode *Respon Surface* (RSM). Dimana Baja SKD-11 memiliki tingkat ketahanan aus yang tinggi, keuletan yang baik, sehingga untuk komponen yang membutuhkan presisi dan

daya tahan yang tinggi. Baja SKD-11 juga dikenal sebagai baja D2 dan memiliki komposisi kimia sekitar 1,5% carbon, 12% cronium, dan 0,2% molibdenum.

RSM adalah metode statistika yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses di mana beberapa faktor (*variabel independen*) yang mempengaruhi *respons* [9]. RSM dapat digunakan untuk memeriksa dan memilih kondisi proses terbaik [10]. Pada penelitian ini untuk mencapai nilai optimasi dapat menggunakan *Respon Surface Methode* (RSM) *Box Behnken Design*, dalam metode ini memiliki tiga variabel yang dapat menentukan nilai optimum yang terbaik [11].

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Respon Surface* (RSM) dengan rancangan *Box-behken design*. Pada penelitian ini menggunakan *Respon Surface Methode* (RSM) dengan rancangan *Box Behnken Design* (BBD), dalam memiliki tiga variabel yang dapat menentukan nilai optimum yang terbaik.

Tabel 1. Desain Eksperimen

No.	Kode Level		
	Kecepatan Potong	Gerak Makan	Kedalaman Pemotongan
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

Design Percobaan adalah kajian mengenai penentuan kerangka dasar kegiatan pengumpulan informasi terhadap objek yang memiliki variasi, berdasarkan prinsip-prinsip statistika Tabel 1. Desain Eksperimen.

### Variabel Proses

Variabel proses merupakan faktor yang dapat dikendalikan dan nilainya dapat ditentukan berdasarkan tujuan dari penelitian yang dilakukan dan dipertimbangan oleh peneliti. Nilai dari variabel proses dapat dilihat pada Tabel 2. nilai faktor dan level penelitian.

Tabel 2. Nilai Faktor Dan Level Penelitian

Variabel	Level	
	Rendah	Tinggi
Kedalaman potong/ <i>depth of cut</i> (mm)	0,15 mm	0,25 mm
Gerak makan/ <i>feed</i> (mm/putaran)	0,14 mm/rev	0,17 mm/rev
Kecepatan potong/ <i>cutting speed</i> (m/mnt)	230 m/min	250 m/min

Berdasarkan Tabel 2. dan menggunakan aplikasi *minitab* maka diperoleh nilai-nilai dari design percobaan sesuai Tabel 3 Design Percobaan.

Tabel 3. Desain Percobaan

No	Kecepatan Potong	Gerak Makan	Kedalaman Pemakanan
1	240	0,155	0,2
2	250	0,17	0,2
3	230	0,155	0,25
4	240	0,14	0,25
5	230	0,17	0,2
6	250	0,155	0,25
7	240	0,14	0,15
8	230	0,155	0,15
9	240	0,155	0,2
10	250	0,155	0,15
11	240	0,17	0,15
12	240	0,155	0,2
13	230	0,14	0,2
14	240	0,17	0,25
15	250	0,14	0,2

### Variabel Respon

Untuk penelitian ini, tingkat pemakanan material digunakan sebagai variabel respon. Variabel respon adalah variabel yang besar nilainya tidak dapat ditentukan dan dapat dipengaruhi oleh tindakan yang diberikan, serta hasilnya dapat diketahui setelah percobaan selesai.

### Material Penelitian

Penelitian ini menggunakan material baja SKD-11 dengan diameter 25mm dan panjang 100 mm. Mesin yang digunakan dalam proses pembubutan baja SKD-11 pada saat penelitian berlangsung adalah Mesin CNC Bubut *Mori Seiki NLX2500Y*.

Timbangan digital *type* OHAUS digunakan untuk mengukur berat massa setelah dan sebelum dilakukan proses pembubutan pada benda kerja.

Alat potong yang digunakan dalam penelitian ini adalah *carbide*, dalam proses *finishing* di Mesin CNC Bubut, dan penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kekasaran permukaan saja.

Menghitung MRR dapat menggunakan persamaan 1.

$$MRR = \dots$$

$$\frac{\text{volume material yang terbuang (MM3)}}{\text{waktu proses mesin (s)}} \quad (1)$$

Menghitung  $R_{square}$  dapat menggunakan persamaan 2 berikut.

$$R^2 = \frac{SS_{Model}}{SS_{Total}} \quad (2)$$

Analisis *second-order* dapat menggunakan persamaan 3 berikut.

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \\ \hat{\beta}_{11} \\ \hat{\beta}_{22} \\ \hat{\beta}_{33} \\ \hat{\beta}_{12} \\ \hat{\beta}_{13} \\ \hat{\beta}_{23} \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (3)$$

Menentukan *stationary point* dapat menggunakan persamaan 4 berikut.

$$X_0 = -\frac{1}{2} B^{-1} b \quad (4)$$

$$B = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{11} & \frac{1}{2}(\hat{\beta}_{12}) & \dots & \frac{1}{2}(\hat{\beta}_{1k}) \\ & \hat{\beta}_{22} & \dots & \frac{1}{2}(\hat{\beta}_{2k}) \\ & & \dots & \dots \\ sym & & & \hat{\beta}_{kk} \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{bmatrix}$$

Menentukan nilai optimal dari *surface* dapat menggunakan persamaan 5 berikut.

$$X_{1,2,3} = \frac{faktor - center\ point}{\frac{1}{2}(maksimum - minimum)} \quad (5)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang akan dibahas pada penelitian ini adalah nilai dari laju penyayatan material atau bisa disebut *Material removal rate* (MRR). Untuk pengambilan data dari penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan variabel-variabel pemesinan pada mesin *CNC Turning* seperti *vc*, gerak makan dan kedalaman pemakanan. Yang mana variabel tersebut akan menjadi faktor yang diperkirakan akan mempengaruhi nilai dari *Material removal rate* dari percobaan yang telah dilakukan.

Data hasil selisih antara massa awal dan massa akhir spesimen uji dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perbandingan antara Massa Awal dan Akhir Spesimen Uji.

No. Spesimen	Selisih (gram)	waktu (s)	Massa jenis (g/mm <sup>3</sup> )	Volume metal yang terbangun (mm <sup>3</sup> )	MRR mm <sup>3</sup> /s
1	5,04	4,53	0,0077	654,545	144,491
2	4,94	4,11	0,0077	641,558	156,097
3	6,02	4,36	0,0077	781,818	179,316
4	5,11	3,43	0,0077	663,636	193,48
5	4,22	4,01	0,0077	548,052	136,671
6	4,8	3,85	0,0077	623,377	161,916
7	6,55	4,13	0,0077	850,649	205,968
8	6,94	3,75	0,0077	901,299	240,346
9	5,11	4,43	0,0077	663,636	149,805
10	4,44	3,41	0,0077	576,623	169,098
11	6,6	4,01	0,0077	857,143	213,751
12	6,65	3,71	0,0077	863,636	232,786
13	5,33	4,13	0,0077	692,208	167,605
14	5,26	4,1	0,0077	683,117	166,614
15	6,16	3,92	0,0077	800,000	204,082

Berdasarkan data hasil pengukuran kebulatan dan analisis nilai *material removal rate* pada Tabel 4. dilihat bahwa nilai MRR maksimum dan minimum, maka dalam penelitian ini nilai MRR yang paling besar adalah pada spesimen uji 8, yaitu dengan nilai *material removal rate* sebesar 240,3463 mm<sup>3</sup>/s, sedangkan yang terkecil adalah pada spesimen uji 5, yaitu dengan nilai *material removal rate* sebesar 136,6713 mm<sup>3</sup>/s.

Tabel 5. ANOVA MRR

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	F-Tabel
Model	9	13122,4	1458,04	5,84	
Linear	3	11916,8	3972,25	15,90	
Kecepatan potong	1	911,5	911,48	3,65	6,61
Gerak makan	1	1527,3	1527,26	6,11	6,61
Kedalaman pemakanan	1	9478,0	9478,03	37,94	6,61
Square	3	1183,1	394,37	1,58	
Kecepatan potong*kecepatan potong	1	242,9	242,91	0,97	6,61
Gerak makan*gerak makan	1	32,7	32,71	0,13	6,61
Kedalaman pemakanan*kedalaman pemakanan	1	820,1	820,06	3,28	6,61
2-Way Interaction	3	22,5	7,50	0,03	
Kecepatan potong*gerak makan	1	1,6	1,64	0,01	6,61
Kecepatan potong*kedalaman pemakanan	1	20,9	20,85	0,08	6,61
Gerak makan*kedalaman pemakanan	1	0,0	0,02	0,00	6,61
Error	5	1249,0	249,80		
Lack-of-Fit	3	337,2	112,40	0,25	5,41
Pure Error	2	911,8	455,90		
Total	14	14371,4			

Berdasarkan Tabel 5, tabel uji analisis varian yang dilakukan bahwa kecepatan potong sebesar 3,65 < f-tabel sebesar 6,61 menunjukkan keputusan gagal ditolak H<sub>0</sub>, maka maka dengan itu kecepatan potong tidak berpengaruh terhadap laju pemakanan material. Untuk f-value gerak makan sebesar 6,11 > f-tabel sebesar 6,61 menunjukkan keputusan ditolak H<sub>0</sub>, maka maka dengan itu

gerak makan berpengaruh terhadap laju pemakanan material. Kemudian f-value kedalaman pemakanan sebesar  $37,94 > f$ -tabel sehingga menunjukkan keputusan ditolak  $H_0$ , maka dengan itu kedalaman pemakanan berpengaruh terhadap laju pemakanan material. Artinya variabel gerak makan dan kedalaman pemakanan signifikan atau berpengaruh terhadap MRR.

Selanjutnya menghitung R-square dengan menggunakan persamaan 2. Di bawah ini adalah cara menghitung R-square untuk persamaan *second-order*:

$$R^2 = \frac{13122,4}{14371,4}$$

$$R^2 = 0,91309$$

$$R^2 = 91,31\%$$

Berdasarkan data nilai R-square maka persamaan regresi yang terlihat adalah sebesar 91,31%, artinya persentase dari data dapat menjelaskan kebenaran data sesuai fakta. Maka persamaan regresi dapat dikatakan mendekati data yang benar.

Selanjutnya persamaan *second order*. Persamaan ini akan dilakukan dengan pendekatan regresi, berikut adalah perhitungan *second order* untuk setiap kebulatan menggunakan persamaan 3.

$$\text{Matrik } (X^T X)^{-1} X^T y$$

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} 179,434 \\ 10,6741 \\ 13,817 \\ 34,4201 \\ -8,1112 \\ -2,9765 \\ 14,9028 \\ 0,6395 \\ 2,28325 \\ -0,0645 \end{bmatrix}$$

Dilihat dari nilai  $\hat{\beta}$  di atas maka didapatkan nilai persamaan *second-order* yang terdiri dari  $X_1$  = kecepatan potong,  $X_2$  = gerak makan,  $X_3$  = kedalaman pemakanan,  $X_1^2$  = kecepatan potong kuadrat,  $X_2^2$  = gerak makan kuadrat,  $X_3^2$  = kedalaman pemakanan kuadrat,  $X_1 X_2$  = kecepatan potong\*gerak makan,  $X_1 X_3$  = kecepatan potong\*kedalaman pemakanan, dan  $X_2 X_3$  = gerak

makan\*kedalaman pemakanan menggunakan perhitungan persamaan sebagai berikut:

$$Y = 179,434 + 10,674X_1 + 13,817X_2 + 34,420X_3 - 8,111X_1^2 - 2,976X_2^2 + 14,903X_3^2 + 0,636X_1X_2 + 2,283X_1X_3 - 0,065X_2X_3$$

Selanjutnya untuk menentukan  $X_0$  maka terlebih dahulu mencari matrik B dan matrik b, persamaan yang akan digunakan adalah persamaan 4 dalam menentukan  $X_0$  (*stationary point*) sebagai berikut:

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

$$X_0 = \begin{bmatrix} 4,61382 \\ 2,83405 \\ -1,5029 \end{bmatrix}$$

Setelah titik  $X_0$  telah diketahui maka selanjutnya mencari nilai optimal dari setiap faktor atau variabel bebas dengan menggunakan persamaan 5. Di bawah ini adalah cara menentukan nilai titik optimal dari suatu variabel bebas pada MRR:

Mencari nilai optimal untuk kecepatan potong ( $X_1$ )

$$-4,61382 = \frac{\text{kecepatan potong} - 240}{10}$$

$$\text{Kecepatan potong} = 286,238 \text{ m/min}$$

Mencari nilai optimal untuk gerak makan ( $X_2$ )

$$2,83405 = \frac{\text{Gerak makan} - 0,155}{\frac{1}{2}(0,17 - 0,14)}$$

$$\text{Gerak makan} = 0,19751 \text{ mm/rev}$$

Mencari nilai optimal untuk kedalaman pemakanan ( $X_3$ )

$$-1,5029 = \frac{\text{kedalaman pemakanan} - 0,2}{\frac{1}{2}(0,25 - 0,15)}$$

$$\text{Kedalaman pemakanan} = 0,12486 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan untuk mencari nilai optimal dari setiap faktor maka didapat nilai optimasi untuk kecepatan potong 286,238 m/min, gerak makan 0,19751 mm/rev, kedalaman pemakanan 0,12486 mm.

## KESIMPULAN

Variabel gerak makan dan kedalaman pemakanan signifikan atau berpengaruh terhadap MRR, sedangkan kecepatan potong tidak berpengaruh terhadap laju pemakanan material. Dari hasil perhitungan untuk mencari nilai optimal dari setiap faktor maka didapat nilai optimasi untuk kecepatan potong 286,238 m/min, gerak makan 0,19751 mm/rev, kedalaman pemakanan 0,12486 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. L. Dian Ridlo Pamuji, "Optimasi Parameter Proses Bubut Material ST 60 dengan Pendingin Ramah Lingkungan menggunakan Metode *Taguchi-Grey*," vol. 5, no. May, pp. 245–255, 2019.
- [2] F. A. Rizk Fahrezi, Zaldy Kurniawan, "Optimasi Parameter Proses Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Material SkD-11 Menggunakan Mesin Bubut Geminis Terhadap Kekasaran Permukaan Bangka Belitung Menggunakan Material SKD-11, Bangka Belitung," 2022.
- [3] A. Nuryanti, P. Sidi, and F. Rachman, "Optimasi Pengaturan Parameter Bubut pada Material SKD 11 terhadap Kekasaran dan *Material Removal Rate* Menggunakan Metode *Taguchi Grey Fuzzy*," no. 2654, pp. 213–218, 2010.
- [4] Arfendi, Napitupulu, and N. Pranandita, "Optimasi *Material Removal Rate* (MRR) Baja St 42 Pada Proses CNC *Turning* Dengan Menggunakan Metode *Taguchi*," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 73–77, 2021. Available: <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/view/2809>
- [5] P. I. Gultom, "Sudut Potong Utama Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut *Medium Carbon Steel*," *Jur. Tek. Mesin DIII*, vol. 11, no. 2, pp. 13–18, 2020.
- [6] J. D. P. Sihombing, "Analisa *Material Removal Rate* (MRR) Baja SKD 11 Pada Proses CNC *Turning* Dengan Menggunakan Metode *Taguchi*," *SNITT*, vol. 18, 2022.
- [7] C. Pratama, "Pengaruh Umur Pahat Terhadap Laju Pembuangan Material Baja St 70 Pada Bubut CNC Dengan Program *Absolut* Menggunakan Metode *Taguchi*," *JTM*, vol. 10, pp. 47–54, 2022.
- [8] Eko Yudo Erick Wiratama, Zaldy Kurniawan, "Analisis Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Laju Pengerjaan Material Pada Proses Pembubutan Baja AISI 1045," 2021.
- [9] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments Eighth*, vol. 173, no. 1. 2013. doi: 10.1002/pssb.2221730144.
- [10] A. Putra, "Aplikasi *Response Surface Methodology* (RSM) Pada Penyisihan Logam Mangan (Mn) Menggunakan Modifikasi *Adsorben Kaolin - Surfaktan*," vol. 6, no. 1, pp. 90–93, 2022.
- [11] A. Y. T. . Arinal Hamni, Opi Sumardi, Gusri Akhyar Ibrahim, "Aplikasi *Box Behnken Design* Untuk Optimasi Parameter Proses Pemesinan Bubut *Magnesium Az31* Menggunakan Pahat Putar Dan Udara Dingin Bertekanan", pp. 1–4, 2018.