

# ANALISIS PARAMETER PEMESINAN PADA PROSES *SIDE MILLING* BAJA AISI 1045 MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)

Arif Afriansyah<sup>(1)</sup> dan Muhammad Yanis<sup>(1\*)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

<sup>(\*)</sup>E-mail *Corresponding Author*: [yanis@unsri.ac.id](mailto:yanis@unsri.ac.id)

## Abstrak

Kekasaran permukaan merupakan salah satu kriteria penentuan kualitas pemesinan. Parameter ini di pengaruhi oleh parameter pemesinan seperti kecepatan potong ( $V_c$ ), gerak makan pergigi ( $f_z$ ) dan kedalaman makan *radial* ( $a_r$ ). Material diproses dengan *side milling* dengan arah makan *down milling*. Hasil proses *milling* diukur dengan *surface roughness tester* dan nilai *roughness average* ( $R_a$ ) sebagai nilai kekasaran permukaan. Prediksi kekasaran permukaan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM). RSM dipilih sebagai metode pendekatan kuantitatif berdasarkan eksperimental dan pemodelan. Jumlah pengambilan data dalam penelitian ini sebanyak 16 data eksperimen untuk 3 parameter pemesinan. Pemodelan kekasaran permukaan pemesinan *milling* AISI 1045 dengan metode RSM pada pemodelan *Quadratic* menunjukkan hasil model yang signifikan. Dengan nilai *F-Value* sebesar 5,61 dan *P-Value* sebesar 0,0241. *P-Value* <0,05 memperlihatkan bahwa model signifikan. Nilai *mean square error* rata-rata dalam penelitian ini juga menunjukkan hasil yang baik yaitu sebesar 0,0091 dan error rata-rata sebesar 0,122%. Pengaruh kecepatan potong pada kekasaran permukaan yaitu makin tinggi kecepatan potong maka akan mendapatkan nilai kekasaran yang lebih halus. Semakin tinggi nilai gerak makan pergigi dan kedalaman makan *radial* maka akan semakin kasar nilai kekasaran yang terjadi.

**Kata Kunci:** *Side Milling*, Kekasaran Permukaan, Metode Permukaan Respon (MPR)

## Abstract

*Surface roughness is one of the criteria for determining machining quality. This parameter is influenced by machining parameters such as cutting speed ( $V_c$ ), motion feed ( $f_z$ ) and radial depth of cut ( $a_r$ ). The material is processed using side milling with down milling feeding direction. The results of the milling process are measured with a surface roughness tester by taking the roughness arithmetic ( $R_a$ ) value as the roughness value. Surface roughness prediction is done using response surface methodology (RSM). RSM was chosen as a quantitative approach based on experimental and modeling data. The number of data retrieval in this study were 16 experimental data for 3 machining parameters. Surface roughness modeling of AISI 1045 milling by Quadratic response surface methodology showed significant model results. Evidenced by the *F-Value* of 5.61 and *P-Value* of 0.0241. *P-Value* was <0.05 means that the model is significant. The mean square error mean in this study also showed good results in the amount of 0.0091 and an average error of 0.122%. The effect of cutting speed on roughness is the higher the cutting speed will produce a smooth roughness value, while the effect of feeding motion and feeding depth on roughness is directly proportional, the higher the value of feeding motion and the depth of feeding, the coarser the roughness score will be.*

**Keywords:** *Side Milling*, *Surface Roughness*, *Response Surface Methodology* (RSM)

## 1 PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu teknologi semakin hari meningkat dan hal itu membawa peningkatan mutu produk bagi banyak perusahaan manufaktur serta juga dalam efisiensi waktu, meningkatkan rata-rata output, meningkatkan akurasi dimensi, dan rendahnya akan biaya produksi sehingga hal itu membuat industri mampu berkompetensi dengan metode proses pemesinan yakni mesin frais. Proses pemesinan tersebut adalah satu diantara banyaknya proses dalam memotong atau membentuk logam yang biasanya

dikerjakan dalam industri manufaktur yang kecil ataupun sudah besar dengan kehebatannya yaitu bisa membentuk secara merata hingga horizontal pada suatu produk yang mana pahat potong bermata jamak dengan gerakan potong seperti berputar, yang merupakan gerak makan pergigi di suatu benda kerja yang bergerak secara translasi. Parameter pemesinan berpengaruh pada kekasaran permukaan di sebuah material dalam terjadinya frais [1].

Pada proses pemesinan sering menggunakan cairan pemotongan (*cutting fluid*). Cairan pemotongan berfungsi meminimalkan gesekan, suhu pemotongan,

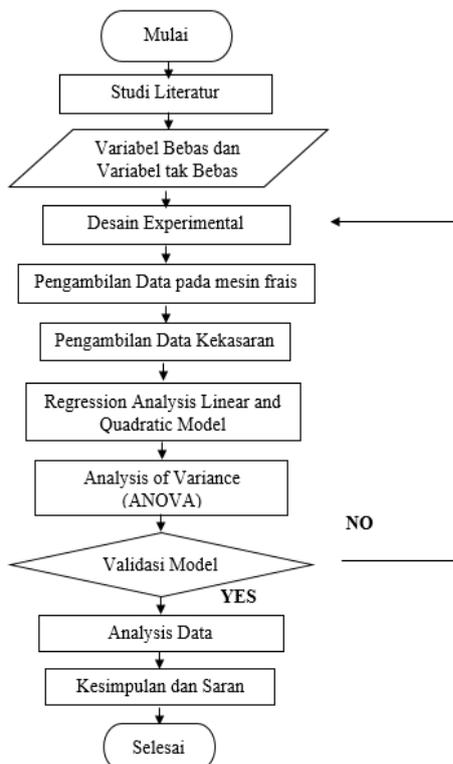
pembentukan panas, dan menaikkan mutu pada permukaan benda kerja. Akan tetapi, pemakaian cairan pemotong baik sintesis maupun semi sintesis menimbulkan masalah pada alam dan Kesehatan SDM meskipun fungsinya sangat penting dalam memperhalus kekasaran permukaan. Pada saat ini dikembangkan cairan pemotongan menggunakan minyak nabati sebagai jenis lain yang lebih ramah lingkungan [2].

Didalam pengerjaannya, hasil nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh pemotongan pada proses pemesinan. Mutu produk yang diproduksi umumnya tergolong baik dilihat dari kualitas permukaan komponennya yang baik pula. Tidak mudah dalam memperoleh hasil kualitas permukaan yang memenuhi persyaratan desain, dikarenakan banyaknya faktor yang wajib ditinjau diantaranya parameter pemrosesan (kecepatan potong, gerak makan bergigi, kedalaman pemotongan), material dan geometri pahat, material benda kerja, dan cairan pemotongan [3].

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh parameter pemotongan pada proses *side milling* material AISI 1045 terhadap nilai kekasaran permukaan yang terjadi dan melakukan optimasi hasil pemesinan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mendapatkan persamaan matematika sebagai prediksi nilai kekasaran permukaan.

## 2 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

## 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Pengujian menggunakan mesin frais vertikal dengan mata potong dari karbida *endmill* dengan 4 *flute*. Material benda kerja adalah baja AISI 1045 dengan dimensi 100 x 100 x 25 mm. Pada saat pengujian frais cairan pemotongan yang digunakan berbasis *vegetable oil* yaitu minyak kelapa. Pemberian cairan pemotongan menggunakan metode MQL (*minimum quantity lubricant*). Spesifikasi mesin freis adalah sebagai berikut:

Merk	: DAHLIHL DL-U2
Tegangan	: 50 Hz 3x 380 volt
Tenaga Motor	: 3,7 Kw
Gerak Meja (sumbu x)	: 850 mm
Gerak Meja (sumbu y)	: 360mm
Gerak Meja (sumbu z)	: 450 mm
Putaran Spindle	: 70, 85, 105, 130, 150, 180, 220, 265, 305, 370, 430, 520, 595, 715, 825, 990, 1080, 1300 (rpm)
Kecepatan pemakanan	: 13, 15, 20, 22, 27, 32, 35,41, 52, 61, 74, 87,110, 127,160, 187, 230, 267, 295, 342, 435, 507, 615, 700 (mm/min)



Gambar 2. Mesin Frais Vertikal

Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan Mitutoyo SJ 210 *Portable Surface Roughness Tester* untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan dari AISI 1045 yang telah difrais.



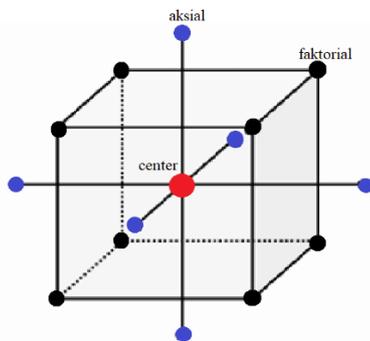
Gambar 3. Alat Uji Kekasaran Permukaan

## 2.2 Langkah-langkah Penelitian

1. Mempersiapkan pahat karbida dengan diameter 10 mm.
2. Mempersiapkan AISI 1045 yang dipakai dengan total 4 balok yang pada setiap baloknya berukuran 100 x 100 x 25 mm.
3. Menyiapkan mesin freis yang akan digunakan.
4. Set-up mesin freis berdasarkan parameter uji yang sudah di terapkan berdasarkan *central composite design* (CCD).
5. Memasang pahat dan benda kerja di mesin freis serta mengatur pemosisian siap pemakanan.
6. Proses pemakanan pada setiap benda kerja berdasarkan parameter yang sudah diterapkan sesuai CCD.
7. Setelah selesai pemesinan melakukan pengukuran kekasaran permukaan.
8. Menganalisis dan mengolah data.

## 2.3 Metode Pengujian Parameter Pemesinan dan Analisis Data

Pada Tabel 1 merupakan rancangan eksperimen dengan RSM, memakai CCD dengan variabelnya yaitu 3 serta 16 eksperimen yang diperlihatkan di Gambar 4. *Design expert* dipakai dikarenakan dalam memberi dugaan cukup akurat pada berbagai variabel respon rata-rata yang berhubungan pada kapasitas yang telah terukur selama eksperimen.



Gambar 4. Central Composite Design (CCD)

Tabel 1. Parameter Pengujian

Unit	Level			
	-1,68	-1	1	1,68
$V_c$ m/min	11,26	16,30	31,10	36,15
$f_z$ mm/gigi	0,042	0,053	0,086	0,097
$a_r$ mm	0,23	0,30	0,50	0,57

### 2.3.1 Metode Pemodelan RSM

Ini merupakan metode yang memakai sekumpulan teknik statistika serta matematik yang sangat bermanfaat dalam memperoleh model serta menganalisis sebuah permasalahan yang mana

respons yang menarik bisa dipengaruhi oleh bermacam variabel. RSM juga dapat digunakan dalam mengoptimisasi sebuah tanggapan. Apabila tanggapan dari *independent variable* sudah dimodel secara tepat oleh fungsi linear dan *first order model* akan menjadi fungsi pendekatannya, dibawah ini Metode Analisis dalam *Response Surface Methodology*:

1. *Independent variable* dan *dependent variable*. Kecepatan potong, gerak makan pergigi serta kedalaman potong *radial* di benda kerja adalah variabel bebas yang ditinjau untuk diteliti pada penelitian ini. *Dependent variable* yang diamati di penelitian merupakan kekasaran permukaan benda kerja
2. *Experimental design*. Termasuk dalam mempersiapkan alat dan material. Dalam mengambil total data untuk meminimalisirnya, dipakailah proses Frais serta CCD yang mana rencana uji coba penelitian memakai CCD bisa memperoleh kualitas hasil yang maksimal.
3. Analisis Regresi Linier dan Kuadratik. Agar memperoleh persamaan atau model matematik yang diharapkan, membutuhkan penganalisisan regresi yang mana regresi merupakan suatu pendekatan yang dipakai untuk mengartikan korelasi matematis diantara *output variable/dependent* (y) pada satu ataupun banyak *input variable/independent* (x) dengan memakai model linear yaitu *first order model* juga *Quadratic* yaitu *Second order model*.
4. ANOVA yang dikatakan juga sebagai analisa variansi. Dalam mengolah data kekasaran permukaan, digunakan analisis ANOVA untuk meninjau besarnya hasil penyimpangan dan data yang diolah. Data tersebut merupakan kecepatan potong, gerak makan pergigi dan kedalaman potong *radial* pengaruh nya pada nilai kekasaran permukaan yang didapat.
5. Validasi Model. Berfungsi dalam memeriksa model serta ketepatan model yang diharapkan, yaitu model yang signifikan menunjukkan P-Values < 0,0500, hal itu memperlihatkan bahwa model bisa diterima dan juga persamaan empiris bisa dipakai.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian

Hasil uji nilai kekasaran (Ra) yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kekasaran

No	$V_c$ m/min	$f_z$ mm/gigi	$a_r$ mm	$R_a$ $\mu m$
1	16.3	0.053	0.3	0.626
2	31.10	0.053	0.30	0.281
3	16.30	0.086	0.30	0.677
4	31.10	0.086	0.30	0.400

No	Vc m/min	fz mm/gigi	ar mm	Ra µm
5	16.30	0.053	0.50	0.762
6	31.10	0.053	0.50	0.397
7	16.30	0.086	0.50	0.689
8	31.10	0.086	0.50	0.714
9	11.25	0.070	0.40	0.565
10	36.15	0.070	0.40	0.278
11	23.70	0.042	0.40	0.818
12	23.70	0.097	0.40	1.202
13	23.70	0.069	0.23	0.899
14	23.70	0.069	0.57	1.092
15	23.70	0.069	0.40	0.921
16	23.70	0.069	0.40	0.900

### 3.2 Pemodelan Linear Kekasaran Permukaan

Hasil penganalisisan ANOVA dalam pemodelan Linear kekasaran permukaan memakai *Natural Log Transform* pemesinan frais AISI 1045. Dari hasil tersebut didapati Model F-Values 2,18 yang berarti model relatif tidak signifikan pada kebisingan. Kemungkinannya yaitu 14,34% bahwasanya nilai F dengan nilai tersebut bisa terjadi dikarenakan kebisingan. Nilai P adalah <0,0500 yang berarti bahwa model signifikan. Pada keadaan seperti itu, tidak adanya model yang signifikan. Dengan nilai >0,1000 memperlihatkan model yang tidak signifikan, mengurangi model bisa memaksimalkan model tersebut. Kurangnya Fit F-value yaitu 621,81 berimplikasi bahwa kurangnya signifikan. Terdapat peluang yang Hanya 3,13% menunjukkan F-Value Kurang Sesuai seperti itu dikarenakan kebisingan

**Tabel 3.** ANOVA Pemodelan Linear Kekasaran Permukaan AISI 1045

Sources	Sum of Squares	F-Value	P-Value	
Model	1.05533	2.17919	0.14343	Not Significant
Residual	1.93710			
Lack of Fit	1.93681	621.813	0.03127	Significant
Pure Error	0.00028			
Cor Total	2.99242			

### 3.3 Pemodelan Quadratic Kekasaran Permukaan

Menggunakan transformasi logaritmik natural AISI 1045 milling untuk melakukan analisis varian (ANOVA) untuk hasil pemodelan sekunder kekasaran permukaan. Dari penganalisisan ANOVA, diperoleh model nilai F sebesar 5,61 yang memperlihatkan bahwa model itu signifikan. Nilai F sebesar ini dapat dikaitkan dengan kebisingan dengan

probabilitas hanya 2,41% Nilai P <0,0500 memperlihatkan istilah model yang signifikan. Dalam keadaan tersebut, A<sup>2</sup> ialah item model yang signifikan. Pada nilai > 0,1000 menunjukkan bahwa model tidak signifikan. Jika ada banyaknya istilah model yang tidak relevan (tidak termasuk yang diperlukan dalam berkontribusi pada hierarchy), penyederhanaan model tersebut bisa menyempurnakan model yang dimiliki. Nilai F yang kurang pas sebesar 224,25 berarti ada kemungkinan 5,07% ukuran ini akibat kebisingan, probabilitas yang cukup rendah (<10%) dan mengganggu.

**Tabel 4.** ANOVA Pemodelan Quadratic Kekasaran Permukaan AISI 1045

Source	Sum of Squares	F-Value	P-Value	
Model	2.67464	5.61111	0.02407	Significant
Residual	0.31778			
Lack of Fit	0.3175	224.25	0.05065	Not Significant
Pure Error	0.00028			
Cor Total	2.99242			

Dibawah ini merupakan persamaan empiris yang didapatkan dari penganalisisan quadratic pada pemodelan kekasaran permukaan pemesinan:

$$y = -0.0658 - 0.2295x_1 + 0.1145x_2 + 0.1073x_3 + 0.1201x_1x_2 + 0.0886x_1x_3 + 0.0070x_2x_3 - 0.3618x_1^2 - 0.0376x_2^2 - 0.0379x_3^2 \quad (3.1)$$

y ialah kekasaran permukaan,  $x_1$  ialah kecepatan potong,  $x_2$  ialah gerak makan gigi serta  $x_3$  ialah kedalaman potong *radial*. Persamaan 3.2 ialah persamaan quadratic pemodelan kekasaran permukaan berlandaskan *actual factor* yakni:

$$Ra = -2.35210 + 0.165890Vc + 1.11072f + 0.968163a + 0.983597Vc * f + 0.119774Vc * a + 4.27224f * a - 0.006607Vc^2 - 138.05979f^2 - 3.78863a^2 \quad (3.2)$$

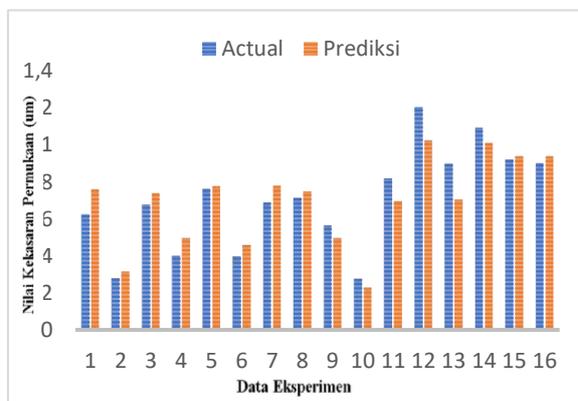
### 3.4 Prediksi Kekasaran Permukaan dalam Model Quadratic

Pada Tabel 5 menunjukkan suatu prediksi pada model kekasaran permukaan didalam persamaan Quadratic. Untuk memperoleh nilai prediksinya, memakai persamaan 3.2. Pada pemodelan kekasaran permukaan secara Quadratic persentase error (%) yaitu 0.122166% serta MSEnya yakni 0.009144. Yangmana MSE adalah average kuadrat error antara *actual value* dan *prediction value*. Secara general, MSE method dipakai dalam pengecekan pertimbangan jumlah nilai error dalam prediksi.

**Tabel 5.** Nilai Prediksi Kekasaran Permukaan berdasarkan Pemodelan Quadratic

No	Eksperimen	Prediksi	Error (%)	MSE
1	0.626	0.756	0.208	0.017
2	0.281	0.315	0.119	0.001
3	0.677	0.737	0.089	0.004
4	0.400	0.497	0.240	0.009
5	0.762	0.774	0.016	0.001
6	0.397	0.459	0.157	0.004
7	0.689	0.776	0.126	0.008
8	0.714	0.745	0.043	0.001
9	0.565	0.495	0.124	0.005
10	0.278	0.229	0.177	0.002
11	0.818	0.694	0.151	0.015
12	1.202	1.021	0.151	0.033
13	0.899	0.702	0.219	0.039
14	1.092	1.008	0.077	0.007
15	0.921	0.936	0.0163	0.001
16	0.900	0.936	0.041	0.001
Error			0.122	
MSE				0.009

Pada Gambar 5, menunjukkan nilai kekasaran hasil eksperimen dan berdasarkan prediksi berdasarkan persamaan kuadratik. Berdasarkan hasil ini terlihat bahwa antara kedua hasil ini memperlihatkan perbedaan yang tidak begitu jauh. Dengan kata lain bahwa hasil prediksi menunjukkan nilai tidak berbeda jauh dengan hasil eksperimen.

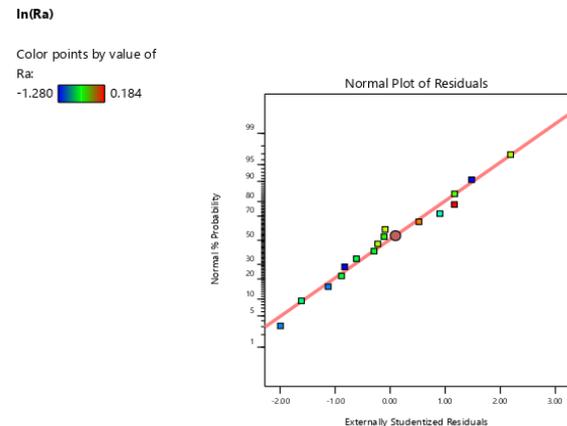


**Gambar 5.** Grafik Kekasaran Permukaan Aktual vs Prediksi

### 3.5 Grafik Prediksi dan Residual

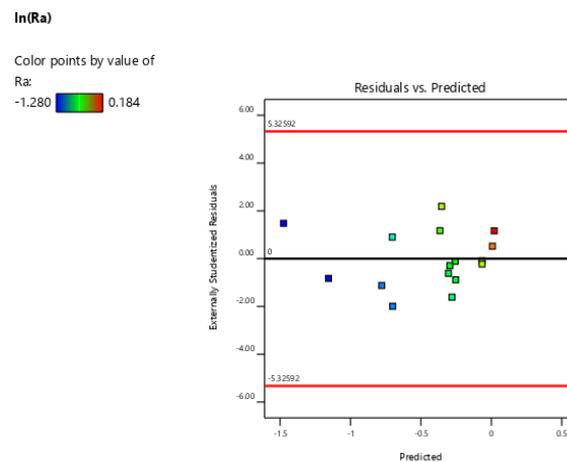
Plot probabilitas ditunjukkan dalam grafik normal yang fungsinya untuk melihat data penelitian yang dikerjakan bersifat normal atau tidak. Grafik normal probability plot residual dipakai dalam meninjau hipotesis normalitas yang ditunjukkan di gambar 4. Grafik ini dipakai dalam memberikan perbandingan data penelitian yang hasil distribusinya normal. Apabila garis tersebut lurus, yang berarti

terepenuhinya hipotesis normal. Apabila plot menunjukkan kemiringan, itu artinya data tersebut tidak berdistribusi normal. Pada Gambar 6 memperlihatkan secara tepat suatu prediksi dari *response surface methodology* yang terbukti dengan adanya titik diantara garis lurus.



**Gambar 6.** Normal Probability Plot Residuals

Gambar 7 *Residuals vs predicted* memperlihatkan bahwasanya bentuk residual mengacak, yang mana disimilaritis dari observasi asli konstan pada setiap nilai y. Apabila disimilaritis respon berdasarkan pada tingkatan *average y*, plot akan memperlihatkan pola yang seperti corong. Pada Gambar 7 memperlihatkan syaratnya telah terpenuhi.

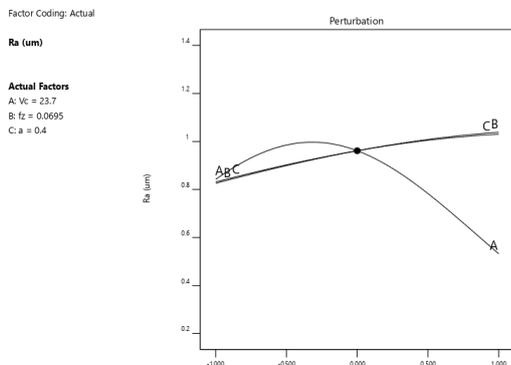


**Gambar 7.** Residuals vs Predicted

### 3.6 Grafik Perturbation Plot dan 3D Permukaan Respons

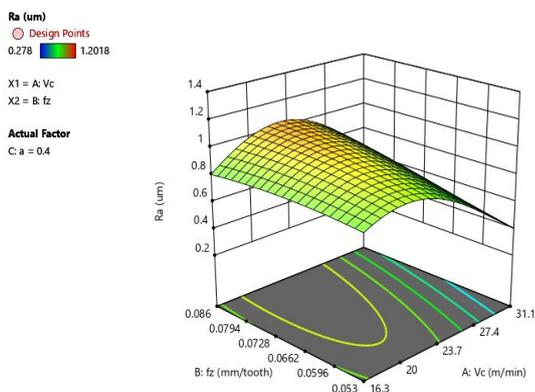
Gambar 8 adalah *Perturbation Plot* yang memperlihatkan semua faktor yang ada pada satu plot respon. Dengan *Perturbation plot* ini menyajikan metode respon berganti saat adanya Gerakan dari semua faktor dari titik acuan yang ditentukan serta faktor lain akan selalu konstan di nilai acuan. Dalam menyajikan komparasi efek dari setiap faktor yakni kecepatan potong (A), gerak makan pergigi (B) dan kedalaman potong *radial* (C) di titik khusus didalam

ruang perancangan *response surface methodology* bisa ditinjau dalam grafik *perturbation*. Faktor A adalah faktor Kecepatan potong yang bisa ditinjau mempunyai garis dengan kecuraman yang miring daripada Faktor, B serta C. Faktor A mempunyai garis kecuraman garis miring yang artinya respon sensitif pada faktor ini serta Faktor B dan C lebih memiliki nilai faktor yang tidak berbeda.



Gambar 8. Perturbation Plot

Pada Gambar 9 adalah grafik 3D pada respon kekasaran  $R_a$ . Nilai *response*  $R_a$  pada  $V_c$  dan  $f_z$  naik pada Kecepatan potong 16.3 m/mm sampai 31.1 m/mm yang memperlihatkan grafik kekasaran yang *low* atau turun, sementara itu dalam gerak makan bergigi yakni 0.053 mm/tooth hingga 0.086 mm/tooth memperlihatkan grafik yang *high* atau keatas, ini artinya nilai kekasaran makin meninggi, sehingga makin membesarnya nilai kecepatan potong, akan makin turun pula nilai kekasaran permukaannya yang didapat. Nilai  $R_a$  akan menurun ketika Kecepatan Potong naik dari 16.3 mm/min ke 31.1 mm/min. Sementara itu, Nilai  $R_a$  mengalami kenaikan ketika gerak pemakanan juga naik dari 0.053 mm/tooth menuju 0.086 mm/tooth atau bisa dikatakan makin membesar ukuran gerak makan bergigi, makin membesar pula nilai kekasarannya. Nilai  $R_a$  paling kecil berlangsung saat Kecepatan Potong yaitu 31.1 m/min dengan gerak pemakanannya 0.053mm/tooth. Untuk nilai kekasaran  $R_a$  paling besar berlangsung saat Kecepatan Potongnya 16.3 m/min dengan gerak pemakanannya 0.086 mm/gigi.



Gambar 9. Grafik 3D Respon  $R_a$

### 3.7 Analisis Hasil Pengujian

Didalam pengujian ini didapat bahwa nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh variasi dari parameter pemesinan. Makin membesar kecepatan potong, maka semakin rendah nilai kekasaran permukaan yang diperoleh. Sementara makin membesar gerak makan bergigi dan kedalaman potong *radial* akan makin meningginya nilai kekasaran permukaan. Ini dikarenakan makin membesar perputaran spindle dan makin melambat gerakan meja menyebabkan makin halusya permukaan karena sayatan yang berlangsung di posisi sama dari gerak spindle, serta makin banyaknya total sayatan *low spindle* pada 1 mm gerakan. Kecepatan potong yang meninggi juga membuat pergesekan diantara pemotong dan benda kerja yang terus-terusan terjadi menyebabkan permukaan makin halus dan makin dalam pada pemakanannya, alhasil meluasnya penampang pahat yg kontak akan makin membesar pula gaya potong yg menyebabkan makin kasar permukaannya. Menurut Grafik Pertubation Plot, Kecepatan potong adalah faktor yang memiliki pengaruh paling besar daripada gerak makan bergigi serta kedalaman potong *radial* yang condong mempunyai faktor yang tidak berbeda, makin membesar kecepatan potong, makin mengecil pula nilai kekasaran permukaannya yang didapat dan dari Grafik 3D *respon*  $R_a$  pada  $V_c$  serta  $f_z$  terlihat bahwa naiknya Kecepatan potong yaitu 16.3 m/mm menuju 31.1 m/mm memperlihatkan rendahnya grafik kekasaran. Sementara itu, dalam gerak makan bergigi yakni 0.053 mm/tooth menuju 0.086 mm/tooth memperlihatkan grafik yang pergerakannya makin meningkat atau keatas, artinya nilai kekasarannya pun makin meninggi.

## 4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan bahasan diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Makin membesarnya kecepatan potong, makin membaiknya nilai kekasaran permukaan yang diperoleh (lebih halus), dan makin membesarnya gerak makan bergigi serta kedalaman potong *radial*, makin meningginya nilai kekasaran permukaannya.
2. Dari hasil yang didapat, nilai rata-rata kesalahan kuadrat prediksi pada eksperimental di *Quadratic* models yaitu 0.0091. Dengan nilai itu, dapat diartikan pemodelan kekasaran permukaan dapat diterima.
3. Nilai minimal kekasaran dalam uji terdapat dalam keadaan pemesinan  $V_c = 36,14527$  m/menit,  $f_z = 0,0695$  mm/tooth serta  $a = 0,4$  mm juga nilai kekasaran maksimalnya ada pada  $V_c = 23,7$  m/menit,  $f_z = 0,09725$  serta  $a = 0,4$  mm.
4. Dari Grafik Pertubation Plot, Kecepatan potong adalah faktor yang memiliki pengaruh daripada gerak makan bergigi serta kedalaman potong *radial* yang condong mempunyai faktor yang

tidak berbeda, makin membesar kecepaan potongnya, makin mengecilnya nilai kekasaran permukaannya yang ditemukan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin, para Dosen dan teman-teman seperjuangan. Terimakasih juga kepada Bapak Abdul Kohar, Ibu Umi Wardiani dan saudara-saudari yang selalu membantu dan mendoakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Rochim, *Proses Pemesinan Buku 1 Klarifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan*. ITB, 2007.
- [2] K. Kumar Gajrani and M. Ravi Sankar, "Past and Current Status of Eco-Friendly Vegetable Oil Based Metal Cutting Fluids," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, pp. 3768–3795, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.02.275.
- [3] E. Kilickap, A. Yardimeden, and Y. H. Çelik, "Mathematical modelling and optimization of cutting force, tool wear and surface roughness by using artificial neural network and response surface methodology in milling of Ti-6242S," *Appl. Sci.*, vol. 7, no. 10, 2017, doi: 10.3390/app7101064.
- [4] M. S. Dennison and M. A. Meji, "Research Paper A Comparative Study On The Surface Finish Achieved During Face Milling of AISI 1045 Steel Component," no. i, pp. 18–26, 2018.
- [5] K. S. Sangwan, S. Saxena, and G. Kant, "Optimization of machining parameters to minimize surface roughness using integrated ANN-GA approach," *Procedia CIRP*, vol. 29, pp. 305–310, 2015, doi: 10.1016/j.procir.2015.02.002.
- [6] A. W. Widiatoro, M. Khumaedi, and W. Sumbodo, "Pengaruh Jenis Material Pahat Potong Dan Arah Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ems 45 Pada Proses Cnc," *Pendidik. Tek. mesin universitas semarang*, 2017.
- [7] I. Asiltürk, S. Neşeli, and M. A. Ince, "Optimisation of parameters affecting surface roughness of Co28Cr6Mo medical material during CNC lathe machining by using the Taguchi and RSM methods," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 78, pp. 120–128, 2016, doi: 10.1016/j.measurement.2015.09.052.
- [8] M. Yanis, A. S. Mohruni, S. Sharif, I. Yani, A. Arifin, and B. Khona'Ah, "Application of RSM and ANN in Predicting Surface Roughness for Side Milling Process under Environmentally Friendly Cutting Fluid," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1198, no. 4, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1198/4/042016.