



## EFEK RASIO KERAMPINGAN PEMOTONGAN ( $\delta$ ) TERHADAP KEAUSAN PAHAT KARBIDA PADA PROSES BUBUT AA- 6061-T6

Sudjtmiko<sup>1)</sup>, Darto,<sup>2)</sup> Abd. Rabi<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

<sup>3)</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Jalan Terusan Raya Dieng 62-64, Malang 65124, Indonesia

Email: <sup>1)</sup>sudjtmiko@unmer.ac.id, <sup>2)</sup>dartounmer@gmail.com, <sup>3)</sup>abd.rabi@unmer.ac.id

---

### Abstrak

Parameter pemesinan mempunyai pengaruh terhadap keausan tepi pahat ( $V_b$ ), rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) dan kualitas produk hasil pembubutan dengan material Al-6061-T6. Permasalahan pengaruh rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) terhadap keausan tepi pahat ( $V_b$ ) pada proses Bubut yang berdampak pada kualitas produk. Tujuan Penelitian untuk memperoleh nilai rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) dan keausan pahat ( $V_b$ ) pada kualitas produk hasil bubut. Manfaat Penelitian untuk mengetahui rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) yang terkait dengan bentuk geram. Metodologi yang digunakan dalam penelitian menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain Tiga Level, Tiga Parameter untuk menentukan nilai rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) dan karakteristik keausan tepi pahat ( $V_b$ ) pada proses bubut material AA- 6061-T6, menggunakan radius pojok (nsr) 0.4; 0.8 dan 1,2 mm, dengan pahat sisipan Karbida. Hasil yang dicapai dapat menemukan model hubungan antara rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) terhadap keausan tepi pahat, sehingga dapat diketahui karakteristik keausan tepi pahat.

**Kata kunci :** AA-6061-T6, keausan tepi, *response surface methodology*, radius pojok, rasio kerampingan pemotongan

### Abstract

*The machining parameters have effect on cutting edge wear ( $V_b$ ), Slenderness ratio of the cut ( $\delta$ ) and the quality of the finished product with Al 6061-T6 material. The problem of the influence of Slenderness ratio of the cut ( $\delta$ ) to cutting edge wear ( $V_b$ ) on the Lathe process affecting product quality The objective of the study is to obtain the value Slenderness ratio of the cut ( $\delta$ ) and wear ( $V_b$ ) on the quality of the lathe product Benefits of Research To determine the Slenderness ratio of the cut ( $\delta$ ) related to the form of growl Methodology used in the study using Response Surface Methodology (RSM) with Three Level design, Three Parameters to determine the value of Slenderness ratio of the cut ( $\delta$ ) and cutting edge wear characteristics ( $V_b$ ) On the AA-6061-T6 material lathe process, using a corner radius (nsr) 0.4, 0.8 and 1.2 mm, with carbide insertion chains The results obtained can find the model of the relationship between the Slenderness ratio of the cut ( $\delta$ ) to the cutting edge wear, Can be seen the characteristics of the cutting edge wear.*

**Keywords:** AA-6061-T6, edge wear, *response surface methodology*, radius corner, slenderness ratio of the cut.

---

### PENDAHULUAN

Menurut hasil penelitian[1], menunjukkan bahwa, hipotesis terbukti benar;

bahwa dengan mengimplementasikan radius pojok pahat (nsr) tidak akan meningkatkan keausan tepi dari sisi penggunaan yang relatif



terhadap radius tepi pahat, sehingga menunjukkan hubungan substansial, atau pengaruh interaksi antara radius pojok dan radius tepi Menurut [2], keausan terjadi karena adanya perubahan energi mekanik pemotongan menjadi energi panas. Banyak terlahir ragam kegagalan atau kerusakan mata pahat yaitu aus tepi (*flank wear*), aus kawah (*crater wear*), penumpukan geram (BUE) dan kerusakan katastrofik. Kriteria umur pahat rekomendasi dari [3], tentang umur efektif dari pahat HSS atau keramik batasan keausan tepi VB min = 0,3 mm VB maks = 0,6 mm. Hal ini umumnya terjadi bila pojok pahat menderita beban kejut (*impact load*) seperti halnya yang sering terjadi pada proses pemuaian pemotongan dengan gerak makan ( $f$ ) atau kedalaman potong ( $a$ ) yang besar. Penelitian yang dilakukan [4], kualitas permukaan akhir pada umumnya ditentukan secara linier dengan dimensi geometris pada proses pemotongan logam secara inheren siklik, akibat adanya gaya potong yang menekan pada benda kerja saat proses bubut, sehingga terjadinya spring back yang diikuti gaya geser, yang mengakibatkan terjadinya pembentukan geram. Hasil penelitian yang dilakukan [5], sebagai batas untuk melihat getaran yang terjadi, akan tetapi dengan radius pojok besar membuktikan bahwa dengan kondisi pemotongan secara ekperimental dan

secara teorititis nilai kekasaran permukaan (SR) masih baik, kecuali dengan perubahan gerak makan yang kecil dengan mempergunakan *Response Surface Methodology (RSM)*. Permasalahan pengaruh rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) terhadap keausan tepi pahat (Vb) pada proses Bubut yang berdampak pada kualitas produk. Tujuan Penelitian untuk memperoleh nilai rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) (*slenderness ratio of the cut*) ( $\delta$ ) dan keausan pahat (Vb) pada kualitas produk hasil bubut. Manfaat Penelitian untuk mengetahui rasio Kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) yang terkait dengan bentuk geram.

## KAJIAN LITERATUR

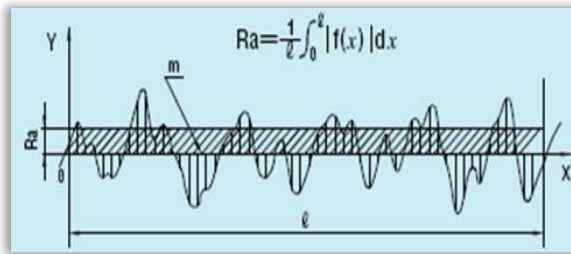
### ➤ Pengaruh parameter pemesinan

Hasil penelitian [6], menyatakan dari bahwa kekasaran permukaan berkurang dengan meningkatnya radius pahat besar telah menghasilkan permukaan yang lebih baik dibandingkan radius pahat kecil.

Menurut hasil penelitian [7], menunjukkan bahwa kedalaman potong merupakan faktor yang paling signifikan berpengaruh menurunkan kekasaran permukaan rata-rata, sehingga kekasaran permukaan berpengaruh pada nilai kebulatan.

➤ **Kekasaran Permukaan (SR)**

Menurut [9], kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Oleh karena itu, untuk memperoleh produk bermutu berupa tingkat kepresisian yang tinggi serta kekasaran permukaan yang baik, perlu didukung oleh proses pemesinan yang tepat. Karakteristik kekasaran permukaan dipengaruhi oleh faktor kondisi pemotongan dan geometri pahat.



Gambar 1. Profil kekasaran permukaan (JIS B 0031, 1994)

Pada Gambar 1, menunjukkan rerata luasan dari potongan kurva kekasaran, berdasarkan profil-profil jarak kwadrat rata-rata dari bermacam-macam parameter permukaan tersebut, parameter Ra relatif lebih banyak digunakan untuk mengidentifikasikan. Hal ini dikarenakan harga Ra lebih sensitif terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan.

➤ **Rasio Kerampingan Pemotongan Geram ( $\delta$ )**

Menurut [2,10], melalui pendekatan yang berbeda dalam cara menangani masalah penentuan rumus gaya potong untuk proses membubut beberapa peneliti sampai pada kesimpulan yang berlainan. Dari berbagai bentuk rumus empirik yang diusulkan tersebut dua bentuk rumus, pemilihan kedua rumus tersebut berdasarkan atas bentuknya yang khusus. Rumus pertama mengandung faktor rasio kerampingan pemotongan (*Slenderness ratio of the cut*) [ $\delta$ ] yang kiranya perlu untuk dibahas lebih lanjut jauh karena pengaruhnya terhadap bentuk geram yang dihasilkan. Rumus kedua memperkenalkan konsep tebal geram ekuivalen (*equivalent chip thickness*) dimana selain gerak makan ( $f$ ), dalam pemotongan ( $a$ ) sudut potong utama ( $Kr$ ), juga dimasukkan pula pengaruh dari radius pojok ( $ns$ ) dan sudut bantu ( $Kr'$ ) terhadap penampang geram sebelum terpotong  $A$ . Untuk setiap proses pemotongan, harga kedalaman potong ( $a$ ) dan gerak makan ( $f$ ) yang dapat dipilih dapat menghasilkan rasio

kerampingan pemotongan ( $\delta$ ) yang tertentu harganya yaitu :

$$(\delta) = b/h \text{ atau } a/f(\sin Kr)^2 \dots\dots\dots (1).$$

Harga tersebut bervariasi tergantung pada pemilihan harga  $a$  dan  $f$  serta sudut potong utama ( $Kr$ ) yang digunakan. Pada



umumnya, sesuai dengan pengamatan dalam praktek, operator mesin perkakas cenderung untuk memilih harga  $\delta$  sebesar 5, atau kecil  $\delta = 1$  dan terbesar ( $\delta$ ) = 50 (jarang ditemukan). Harga  $\delta$  yang dicapai karena pemilihan  $a$  dan  $f$  yang tertentu, akan mempengaruhi bentuk geram terutama dalam proses pemotongan baja atau metal yang ulet yang pada umumnya mempunyai bentuk geram kontinyu. Ditinjau dari kemudahan pengumpulan dan pembuangan geram dari mesin perkakas, maka bentuk geram yang beruap serpihan lebih diinginkan. Oleh sebab itu dipilih harga rasio kerampingan tersebut sebagai berikut :

$\delta = 20$ , batas atas

$\delta = 5$ , harga terbaik

$\delta = 2$ , batas bawah

Supaya proses pembentukan geram berlangsung dengan baik, maka rasio kerampingan geram ( $\delta$ ) ditentukan sebagai berikut :

Kedalaman potong ( $a \leq 2$ ), maka diperoleh harga :  $3 \leq \delta \leq 8$  dan  $a > 2$ , maka diperoleh harga  $5 \leq \delta \leq 20$ .

Radius ujung pahat disesuaikan dengan kedalaman potong, sedangkan kedalaman potong ditentukan berdasarkan dimensi bahan relatif terhadap dimensi akhir.

### ➤ Mekanisme kerusakan dan tipe keausan pahat.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tertentu [11,12], mengenai keausan dan kerusakan pahat dapat disimpulkan bahwa penyebab keausan dan kerusakan pahat dapat merupakan suatu faktor yang dominan atau gabungan dari beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan pahat. Faktor-faktor penyebab tersebut antara lain : (1). Abrasif (*abrasion*), (2). Difusi (*diffusion*), (3). Oksidasi (*oxidation*), (4). Kelelahan (*fatigue*), (5). Adhesi (*adhesion*). Berbagai penelitian yang dilakukan [3], pada prakteknya umur pahat tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja melainkan juga oleh semua faktor yang berkaitan dengan proses pemesinan, yaitu antara lain jenis material benda kerja dan pahat, kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong, dan gerak makan), cairan pendingin dan jenis proses pemesinan. Kerusakan atau keausan pahat akan terjadi dan penyebabnya harus diketahui untuk menentukan tindakan koreksi sehingga dalam proses pemesinan selanjutnya umur pahat diharapkan menjadi lebih tinggi. Selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab, diantaranya :1. Keausan yang secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang



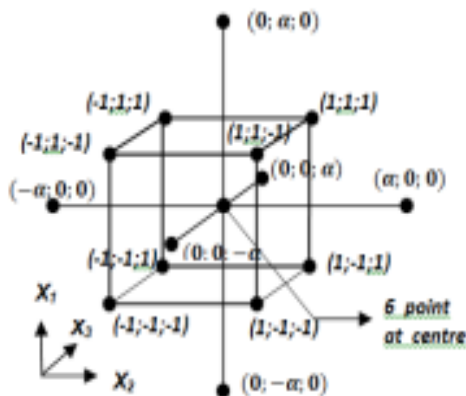
aktif pahat. 2. Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat. 3. Deformasi plastik yang akan mengubah bentuk/geometri pahat.

Menurut teori dan berbagai penelitian yang dilakukan [12]. Jenis kerusakan yang terakhir di atas jelas disebabkan tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat, dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama dengan naiknya temperatur. Keausan dapat terjadi pada bidang geram ( $A\gamma$ ) atau pada bidang utama pahat ( $A\alpha$ ). Aus pahat dapat dikarakteristikan pada beberapa jenis, yaitu: (a). Aus Tepi (*Flank Wear*) aus tepi yaitu keausan pada bidang utama/mayor, (b). Aus Kawah (*Crater Wear*), keausan pada bidang geram disebut dengan keausan kawah (*Crater Wear*).

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini material yang dipilih AA-6061 [13] dengan dimensi, panjang 100 mm dan diameter 22 mm dengan menggunakan Mesin EMCO TU.CNC-2A. Komposisi kimianya AA-6061 adalah; 0,2500% Cu, 0,6050 % Si, 0,1820 % Fe, 0,0086 % Mn, 0,8810% Mg, 0,1120 % Cr, 0,006 % 0,0108 % Zn, 0,0182 % Ti, 0,0021 % Na, 0,0005 % Ca, 0,0044 % Ni, 0,0006 % Sn, Al.97.9 balance [13]. Pahat bubut yang

digunakan adalah Karbida Sisipan dengan radius pojok (nsr) standar. Putaran spindle (n), gerak makan (f), dan radius pojok (nsr) divariasikan. Kombinasi-kombinasi yang dapat dilakukan terhadap ketiga variabel bebas berdasarkan *Response Surface Methodology (RSM)*, dimana untuk mendapatkan kecocokan model digunakan *Central Composite Second Order Rotatable Design* [5]. Jumlah variabel penelitian  $k = 3$  ( $2^k = 8$ ), titik perpotongan (*star points*) (Gambar 2), sebesar  $2k$  berarti 6, dan untuk menambah ketelitian terhadap respon yang diharapkan dengan 3 variabel, maka ditambahkan 6 eksperimen sebagai titik pusat (*center points*), sehingga diperoleh jumlah total penelitiannya (N) adalah 20 kali [5]. Proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metoda  $2^n$  faktorial dengan mengambil 3 level faktor, yang terdiri dari -1; 0; dan 1 ditambah 2 level pada titik aksial (1,682 dan -1,682). Jadi 5 level yang dimaksud seperti ditunjukkan pada Tabel 1 menjadi suatu rancangan penelitian sesuai *surface response* pada *software MINITAB17*. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk memperoleh nilai  $V_b$ ,  $\delta$  dan kekasaran permukaan (SR).

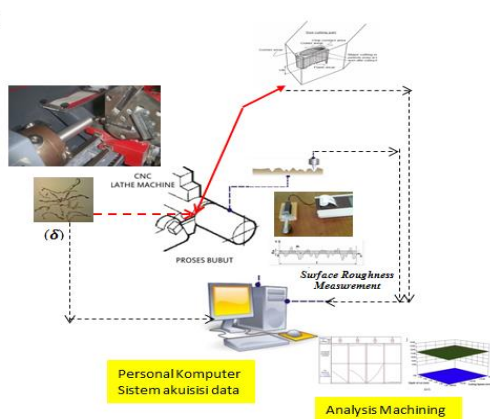


Gambar.2. Titik-titik eksperimen untuk 3 variabel [5].

Tabel 1 . Level Faktor n, doc,nsr dan f konstan : 0.060 mm/putaran

Level Parameter	-1.682	-1	0	1	1.682
n(put/min)	500	750	1000	1250	1350
doc (mm)	0,10	0,15	0,25	0,35	0,40
nsr (mm)	0,2	0,4	0,8	1,2	1,4

Adapun skema diagram untuk pelaksanaan penelitian diperlihatkan Gambar 3.



Gambar 3. Setting Proses Turning dan Pemrosesan data Penelitian

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### ➤ Data Hasil pengujian bubut

Pengukuran luasan keausan tepi pahat ( $V_b$ ) dan rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) dilakukan pada semua benda uji dilaksanakan sesuai dengan jumlah total pengujian dan pengamatan hasil dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian dan Pengamatan Penelitian Proses Bubut.

No.	Kode Level			n (rpm)	doc (mm)	nsr (mm)	$V_b$ (mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (um)	SR (um)
1	-1	-1	-1	750	0,15	0,4	1,25	1,01	1,25
2	1	-1	-1	1250	0,15	0,4	1,20	1,51	1,20
3	-1	1	-1	750	0,35	0,4	1,33	1,28	1,33
4	1	1	-1	1250	0,35	0,4	1,59	1,47	1,59
5	-1	-1	1	750	0,15	1,2	0,65	1,58	0,65
6	1	-1	1	1250	0,15	1,2	1,46	1,84	0,69
7	-1	1	1	750	0,35	1,2	2,03	2,18	1,42
8	1	1	1	1250	0,35	1,2	3,72	2,05	0,69
9	-1	0	0	750	0,25	0,8	2,92	2,36	1,64
10	1	0	0	1250	0,25	0,8	2,91	2,14	1,22
11	0	-1	0	1000	0,15	0,8	2,16	2,42	1,34
12	0	1	0	1000	0,35	0,8	4,13	6,28	1,23
13	0	0	-1	1000	0,25	0,4	3,17	4,88	1,25
14	0	0	1	1000	0,25	1,2	3,54	5,91	0,41
15	0	0	0	1000	0,25	0,8	3,77	5,16	0,92
16	0	0	0	1000	0,25	0,8	3,90	3,62	0,99
17	0	0	0	1000	0,25	0,8	5,08	5,33	0,89
18	0	0	0	1000	0,25	0,8	4,50	3,48	0,81
19	0	0	0	1000	0,25	0,8	1,78	4,27	1,11
20	0	0	0	1000	0,25	0,8	3,00	2,89	0,72

### ➤ Analisa Keausan tepi pahat ( $V_b$ )

Untuk memperoleh posisi koefisien (intercept) pada luasan keausan tepi pahat ( $V_b$ ) terhadap putaran spindle, kedalaman potong, dan radius pojok, dilakukan analisis dengan menggunakan *uncoded units*. Berikut





hasil koefisien untuk luasan keausan tepi pahat (Vb) ditunjukkan pada Tabel 3, dimana efek yang berpengaruh pada penelitian ini ; doc terhadap nsr (8.687) dengan estimasi – 6.75, hal ini dipengaruhi oleh putaran spindel pada kondisi 1000 rpm, kedalaman potong 0.25 mm dengan nsr 0.8 mm, nilai luasan keausan tepi pahat Vb 5.08 mm<sup>2</sup>. Hasil uji t – 0.777 < 1.658 dengan nilai probabilitas 0.2210 dan nilai koefisien regresi (R<sup>2</sup>) 0.599. Hal ini menunjukkan dengan kondisi parameter pemesinan diatas mempunyai dampak dari kualitas produk [4,6].

Tabel 3 . Posisi koefisien pada luasan keausan tepi pahat (Vb)

	Estimate	SE	tStat	pValue
(Intercept)	-14.364	9.0905	-1.5801	0.14517
n	0.021584	0.01952	1.1057	0.29473
Doc	34.101	33.605	1.0148	0.33414
nsr	3.8282	7.2471	0.52824	0.60885
n(Doc)	0.0014	0.013899	0.10072	0.92176
n(nsr)	0.00025	0.0034748	0.071946	0.94406
Doc (nsr)	-6.75	8.687	-0.77702	0.45513
n <sup>2</sup>	-1.0749e-05	9.4826e-06	-1.1336	0.28343
(Doc)^2	-43.682	59.267	-0.73704	0.47803
(nsr)^2	-1.3864	3.7042	-0.37427	0.71602

Number of observations : 20, Error degrees of freedom: 10  
Root Mean Squared Error : 0.983  
R-squared: 0.599 , Adjusted R-Squared: 0.238  
F-statistic vs. constant model: 1.6580, p-value = 0.2210

Berikut hasil variabel respon luasan keausan tepi pahat (Vb)(mm<sup>2</sup>) versus Putaran (rpm), kedalaman potong (mm) dan radius pojok (mm), ditinjau dari ANOVA Summary, ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Analysis of Variance Summary Luasan keausan tepi pahat (Vb)

Anova Summary:	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
Total	24.074	19	1.267		
Model	14.414	9	1.6016	1.658	0.22097
. Linear	7.1232	3	2.3744	2.4581	0.12299
. Nonlinear	7.291	6	1.2152	1.258	0.35613
Residual	9.6594	10	0.96594		
. Lack of fit	2.887	5	0.57739	0.42628	0.8145
. Pure error	6.7725	5	1.3545		

Penjelasan dari Tabel 4 hasil analisis diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengujian secara simultan pengaruh antara putaran spindel, kedalaman potong dan radius pojok terhadap luasan keausan tepi pahat (Vb) diperoleh nilai  $F_{hitung} = 2,458$  dan nilai  $Sig p = 0,123$ . Karena nilai  $F_{hitung} > F_{tabel} (2,458 > 0,123)$  dan  $Sig F < \alpha (0,001 < 0,05)$ , maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh simultan antara putaran spindel, kedalaman potong, radius pojok terhadap luasan keausan tepi pahat (Vb). Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak ada *lack of fit* dan  $H_1$  : Ada *lack of fit*. Hipotesa awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit* berarti model yang dibuat telah sesuai dengan data. Analisis varian untuk keausan tepi pahat, menunjukkan hasil uji parameter model dengan menggunakan statistik uji (t) yang dikonversikan kedalam p-value. Estimasi koefisien regresi luasan keausan tepi pahat (Vb) menunjukkan hasil uji parameter model sumary diperoleh hasil 59,90 % dengan menggunakan statistik uji t yang dikonversikan ke dalam p-value. Besarnya kontribusi pengaruh putaran spindel, radius pojok dan kedalaman potong terhadap luasan keausan tepi pahat (Vb), artinya untuk luasan keausan tepi pahat (Vb)



dengan nilai  $5.08 \text{ mm}^2$  dipengaruhi oleh kedalaman potong  $0.25 \text{ mm}$  dengan radius pojok  $0.8 \text{ mm}$ , diagnosa pengamatan kondisi pada model ke 17, capaian kesalahan nilai rata-rata =  $0,983$  dengan  $R^2$   $0.238$ , dari kondisi luasan maksimum yang terjadi akibat proses pembubutan sepanjang  $70 \text{ mm}$  dengan waktu  $1'58''$  dan luasan minimum =  $0.51 \text{ mm}^2$  terjadi pada kondisi model ke 1. Berdasarkan hasil analisis, menggunakan *response surface methodology (RSM)*, dengan **persamaan modelnya** untuk luasan keausan tepi pahat ( $V_b$ ) diperoleh:

$$(Y) = V_b = -14.3638 + 0.021584 n + 34.1009 \text{ Doc} + 3.8282 \text{ nsr} + 0.0014 n(\text{Doc}) + 0.00025 n(\text{nsr}) - 6.75 \text{ Doc}(\text{nsr}) - (1.0749\text{e-}05) n^2 - 43.6818 (\text{Doc})^2 - 1.3864 (\text{nsr})^2 \dots \dots \dots (2).$$

➤ **Analisa Rasio Kerampingan Pemotongan Geram ( $\delta$ )**

Untuk memperoleh posisi koefisien (intercept) pada Rasio Kerampingan Pemotongan Geram ( $\delta$ ) terhadap putaran spindel, kedalaman potong, dan radius pojok, dilakukan analisis dengan menggunakan *uncoded units*. Berikut hasil koefisien untuk Rasio Kerampingan Pemotongan Geram ( $\delta$ ) ditunjukkan pada Tabel 5, dimana efek yang berpengaruh pada penelitian ini ; doc terhadap nsr (9.70) dengan estimasi 1.81, hal ini

dipengaruhi oleh putaran spindel pada kondisi  $1000 \text{ rpm}$ , kedalaman potong  $0.35 \text{ mm}$  dengan nsr  $0.8 \text{ mm}$ , nilai rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) =  $6.28 < 20$  (tidak melampaui standar ( $\delta$ ) yang ditentukan [2,10]).

Tabel 5. Posisi koefisien pada Rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ )

	Estimate	SE	tStat	pValue
(Intercept)	-42.63	10.154	-4.1982	0.001834
n	0.08646	0.021805	3.9652	0.0026639
Doc	34.427	37.538	0.91713	0.38066
nsr	-3.8552	8.0953	-0.47622	0.64415
n(Doc)	-0.0035	0.015526	-0.22543	0.82619
n(nsr)	-0.0007	0.0038815	-0.18034	0.86049
Doc(nsr)	1.8125	9.7038	0.18678	0.85557
n <sup>2</sup>	-4.2393e-05	1.0593e-05	-4.0021	0.0025098
(Doc) <sup>2</sup>	-54.955	66.204	-0.83008	0.42586
(nsr) <sup>2</sup>	3.0966	4.1377	0.74838	0.47147

Number of observations : 20, Error degrees of freedom: 10  
Root Mean Squared Error : 1.098  
R-squared: 0.772 , Adjusted R-Squared: 0.567  
F-statistic vs. constant model: 3.7617, p-value = 0.0254

Berikut hasil variabel respon rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) versus Putaran (rpm), kedalaman potong (mm) dan radius pojok (mm), ditinjau dari ANOVA Summary, ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Analysis of Variance Summary Rasio Kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ )

Anova Summary:	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
Total	52.859	19	2.7821		
Model	40.806	9	4.534	3.7617	0.025373
. Linear	3.5998	3	1.1999	0.99555	0.43414
. Nonlinear	37.207	6	6.2011	5.1448	0.011695
Residual	12.053	10	1.2053		
. Lack of fit	7.3125	5	1.4625	1.5425	0.32297
. Pure error	4.7405	5	0.94811		

Penjelasan dari Tabel 6 hasil analisis diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:





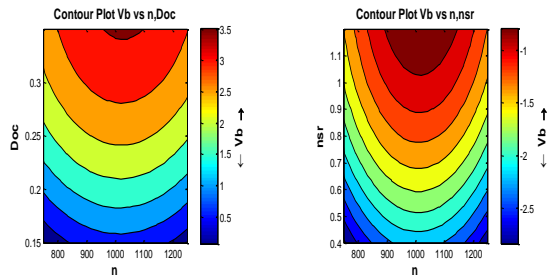
- Pengujian secara simultan pengaruh antara putaran spindle, kedalaman potong dan radius pojok terhadap rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ), diperoleh nilai  $F_{hitung} = 0,995$  dan nilai  $Sign\ p = 0,434$ . Karena nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  ( $0,995 > 0,434$ ) dan  $Sign\ F < \alpha$  ( $0,001 < 0,05$ ), maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh simultan antara putaran spindle, kedalaman potong, radius pojok terhadap rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ). Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut:  
 $H_0$  : Tidak ada *lack of fit* dan  $H_1$  : Ada *lack of fit*. Hipotesa awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit* berarti model yang dibuat telah sesuai dengan data. Analisis varian untuk keausan tepi pahat, menunjukkan hasil uji parameter model dengan menggunakan statistik uji (t) yang dikonversikan kedalam p-value. Estimasi koefisien regresi Rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) menunjukkan hasil uji parameter model summary diperoleh hasil 77,20 % dengan menggunakan statistik uji t yang dikonversikan ke dalam p-value. Besarnya kontribusi pengaruh putaran spindle, radius pojok dan kedalaman potong terhadap Rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) artinya untuk rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) dengan nilai 6.28 dipengaruhi oleh

kedalaman potong 0.35 mm dengan radius pojok 0.8 mm, diagnosa pengamatan kondisi pada model ke 12, capaian kesalahan nilai rata-rata = 1,098 dengan  $R^2 = 0.567$ . Berdasarkan hasil analisis, menggunakan *response surface methodology (RSM)*, dengan **persamaan modelnya** untuk Rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) diperoleh :

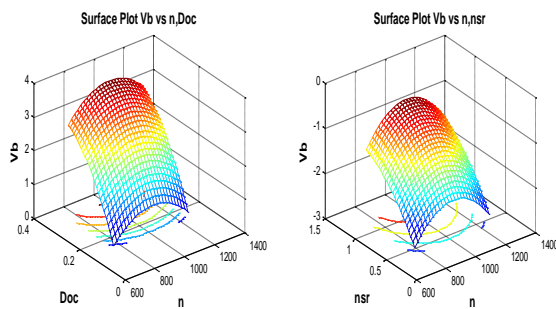
$$(Y) = \text{Rasio}(\delta) = -42.6303 + 0.08646 n + 34.4273 \text{ Doc} - 3.8552 \text{ nsr} - 0.0035 n(\text{Doc}) - 0.0007 n(\text{nsr}) + 1.8125 \text{ Doc}(\text{nsr}) - (4.2393e-05) n^2 - 54.9545 (\text{Doc})^2 + 3.0966 (\text{nsr})^2 \dots \dots \dots (3)$$

➤ **Kajian Gambar Grafik Countur terhadap Luasan keausan tepi pahat (Vb)**

Bentuk kontur dapat dilihat pada Gambar 4, merupakan plot kontur antara , luasan keausan tepi pahat (Vb), kedalaman potong (doc) dan putaran spindle. Kedua Gambar tersebut merupakan salah satu dari kemungkinan kombinasi pendugaan untuk mendapatkan nilai luasan keausan tepi pahat (Vb) yang minimum. Area kedalaman potong (doc) berbentuk lingkaran/oval yang berwarna semakin besar lingkarannya, maka kondisi putaran minimum, yang diikuti dengan doc yang kecil, menghasilkan nilai luasan keausan tepi pahat (Vb) semakin kecil (0.51) pada model ke 1.



Gambar 4. Grafik Countur plot luasan keausan tepi pahat (Vb) versus n,doc  
Pada kondisi radius pojok (nsr) 0.8 diikuti dengan n (1000) peroleh nilai luasan keausan tepi pahat (Vb) 5.08 pada model ke 17. Hal ini berpengaruh terhadap hasil kualitas pembubutan SR (0.897  $\mu$ m).

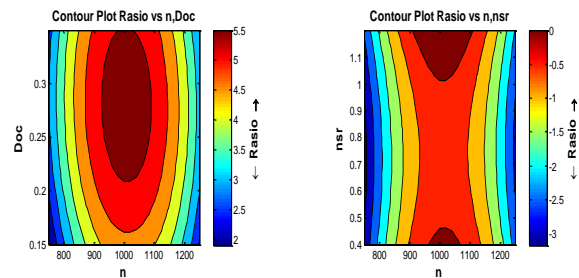


Gambar 5. Grafik Countur plot Surface luasan keausan tepi pahat (Vb) versus n,doc

Pada Gambar 5, salah satu cara untuk menghasilkan permukaan kombinasi maksimum, pendugaan model dilakukan dengan mengkombinasikan luasan keausan tepi pahat (Vb), putaran spindel dan doc pojok (nsr), yang menghasilkan respon Vb nilai maksimum (5,08), pada model ke 17, dari penelitian menghasilkan nilai SR 0.897.

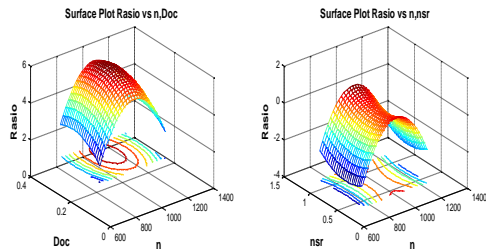
### ➤ Kajian Gambar Grafik Countur terhadap Rasio Kerampingan Pemotongan geram ( $\delta$ )

Bentuk kontur dapat dilihat pada Gambar 6, merupakan plot kontur antara,rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ), kedalaman potong (doc) dan putaran spindel. Merupakan salah satu dari kemungkinan kombinasi pendugaan untuk mendapatkan rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) yang minimum.



Gambar 6. Grafik Countur plot rasio kerampingan pemotongan geram ( $\delta$ ) versus n,doc.

Pada Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa dengan doc (0.15), diikuti putaran (n) 750, diperoleh nilai ( $\delta$ ) = 1.01 yang berdampak pada hasil kualitas pembubutan SR dengan nilai 1.253  $\mu$ m, pada kondisi model ke 1.



Gambar 7. Grafik Countur plot Surface  $\delta$  versus n,doc

Pada Gambar 7, salah satu cara untuk menghasilkan plot permukaan kombinasi maksimum ( $\delta$ ), pada model ke 12, doc 0.35 dan n 1000 menghasilkan nilai ( $\delta$ ) 6.28, dari penelitian ini menghasilkan nilai SR 1.23  $\mu\text{m}$ .

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis data dan pembahasan sebelumnya, maka temuan penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Putaran spindel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai luasan keausan tepi pahat ( $V_b$ ), nilai rasio kerampingan pemotongan ( $\delta$ ).
- Putaran spindel, kedalaman potong dan radius pojok bersama-sama mempunyai pengaruh terhadap hasil luasan keausan tepi pahat ( $V_b$ ) dan nilai kekasaran permukaan (SR).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Direktorat Riset dan Pengabdian masyarakat Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Sesuai dengan surat perjanjian penugasan pelaksanaan program penelitian No.120/SP2H/LT/DRPM/IV/2017, tanggal, 3 April 2017.

## REFERENSI

- [1]. Endres William J, Raja K. Kountonya., 2002. *The Effects of Corner Radius and Edge Radius on Tool Flank Wear*. Dept. of Mechanical Engineering, Michigan, USA, Journal Mechanical, Michigan, USA, Journal Mechanical Engineering[7].
- [2]. Taufiq Rochim, 2007. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri*, Jurusan Teknik Mesin, ITB, Bandung.
- [3] ISO 3685. 1993. *Tool Life Testing With Single Point Turning*.
- [4]. Dawson and Thomas R. Kurfess., 1996. Tool life, wear rates, and surface quality in hard turning, research institution SME, vol.45, pp (77-2).
- [5]. Hari Singh, Pradeep Kumar, 2007, Mathematical Models of Tool Life and Surface Roughness for Turning Operation through Response Surface Methodology. Journal of scientific & Industrial Research Vol. 66, pp 220-226.
- [6]. Y. Kevin Chou, Hui Song, 2004. Tool nose Radius effects on finish hard turning. Journal of material processing Technology, (148) 259-268.



- [7].Suhail Adee.H, N. Ismail, S.V. Wong and N. A. Abdul Jalil, 2010. Optimization Cutting Parameter Based on Surface Roughness and Assistance of Workpiece Surface Temperature in Turning Process.American Journal of Engineering Applied Sciences 3 (1) : 102-108.
- [8]. Mehmet Alper, Ilhan.,2015. *Effects of Cutting Tool Parameters on Surface Roughness*. ISSN International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES) (Online) 2319-183X, (Print) 2319-1821 Volume 4, Issue 8 (August 2015), PP.15-22
- [9]. <http://www.astonseals.com>
- [10]. S. Thamizhmai and Sulaiman.,2012. *Machinability studi using chip thickness ratio on Difficult to Cut Metals bay CBN Cutting Tool*. Engineering Materials (259-268).
- [11].Astakhov, V.P and J.Paulo, D.,2008.*Tools (Geometry and Material) and Tool Wear*. Machining Fundamentals and Resent Advance, XIV,361 p. 222.
- [12]. Jeon, J.U and S. W. Kim.,1988. *Optical Flank Wear Monitoring Of Cutting Tools Is by Image Processing*. Journal Department of Production Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Box 150, Chong yang, Seoul (Korea).
- [13]. Sudjatkiko, Darto, Rusdijanto.,2015. Optimasi Parameter Pemotongan pada Mesin Bubut CNC terhadap kekasaran permukaan pada proses Turning dengan Respon Surface Methodolgy (RSM). Pada Material Al – 6061. Info-Teknik dan Aplikasi Teknik ISSN : 2459-996 X (online), ISSN 0853-2508, edisi Volume 16 No 2, Des.