

OPTIMASI PARAMETER PEMOTONGAN MESIN BUBUT CNC TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN GEOMETRI PAHAT YANG DILENGKAPI *CHIP BREAKER*

Achmad Wibolo ¹⁾, Slamet Wahyudi ²⁾, Sugiarto ²⁾

1). Mahasiswa Prog. Magister dan Doktor Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

2). Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Jl. MT Haryono No.167 Malang 65145

E-mail : bolo_pnb@yahoo.com ¹⁾

Abstract

In machining operation, the quality of surface finish is an important requirement for many turned workpieces. Thus, the choice of optimized cutting parameters is very important for controlling the required surface quality. The focus of present experimental study is to optimize for cutting speed, feed rate, and radius chip breaker using two performance measures, metal removal rate and surface roughness. Response Surface Methodology (RSM), has been applied for developing models in the form of multiple regression equations correlating dependent parameters with cutting parameters and radius chip breaker, in a turning process. The central composite rotatable design was used to plan the experiment, and analysis of variance were employed to study the performance characteristics for three variable independent in turning operation. A second-order model which can describe the relation then to find combination between cutting parameters and radius chip breaker which resulting the maximum metal removal rate and minimum surface roughness. The experimental results reveal that the most significant cutting parameters for surface roughness is cutting speed, followed by feed rate and radius chip breaker. Based on the optimization results, recommended cutting speed, feed rate, and radius chip breaker is 35 m/mt, 0,2819 mm/rev, and 0,85 mm. By implementing this parameters, the surface roughness and metal removal rate is 2,18 μm and 6230,80 mm^3/mt .

Keywords : *Surface Roughness, Metal removal rate, response surface methodology, turning*

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya produktivitas dan kualitas dari produk yang dihasilkan merupakan tantangan bagi industri pemesinan masa kini dimana seiring dengan meningkatnya pengetahuan didalam proses pemesinan itu sendiri. *Surface finish* merupakan parameter penting di dalam industri manufaktur. Karakteristik tersebut dapat mempengaruhi unjuk kerja dari produk-produk pemesinan dan biaya produksi. Rasio antara biaya dan kualitas produk pada setiap tingkat produksi selalu diawasi dan sewaktu-waktu dapat dilakukan perbaikan apabila terjadi perubahan terhadap kebutuhan yang selalu dinamis.

Dalam melakukan proses pemesinan *turning*, waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk/komponen harus sesingkat mungkin agar dapat mencapai kapasitas produksi yang tinggi. Untuk

mencapai waktu minimal, parameter pemotongan harus diatur pada kondisi maksimum agar menghasilkan kecepatan penghasilan geram yang tinggi..Akan tetapi disisi lain kekasaran permukaan suatu produk/komponen menjadi lebih kasar.

Parameter pemesinan dalam proses *turning* meliputi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman pemotongan. Dalam aplikasinya ketiga parameter tersebut saling bergantung satu terhadap yang lain dalam mempengaruhi kecepatan penghasilan geram dan kekasaran permukaan. Gerak makan sangat mempengaruhi kekasaran permukaan, diikuti kecepatan potong, dan kedalaman pemotongan dengan mempergunakan *Response Surface Methodology* [1]. Karakteristik kinerja sebagai tolok ukurnya adalah kekasaran permukaan dan kecepatan penghasilan geram menggunakan metoda *Taguchi* telah menghasilkan kesimpulan bahwa, ternyata

kecepatan potong sangat mempengaruhi kedua karakteristik kinerja tersebut lalu diikuti kedalaman pemotongan dan gerak makan [12] Parameter pemotongan dan radius pahat digunakan untuk mengeksplorasi pengaruhnya terhadap kekasaran permukaan (Ra) dari benda kerja. Percobaan telah dilakukan dengan menggunakan faktorial lengkap dalam perancangan eksperimen (DOE) menggunakan mesin bubut CNC. Kesimpulan bahwa, gerak makan merupakan faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi kekasaran permukaan lalu diikuti radius pahat (*nose radius*), kecepatan potong, dan kedalaman pemotongan [3].

Proses pemesinan yang berkesinambungan terhadap logam atau material ulet, menghasilkan *chip* (geram) yang panas dan tajam. Besar kecilnya ukuran *chip* menjadi perhatian yang serius untuk keselamatan pekerja pemesinan. Ketika *chip* dapat menggulung pada permukaan benda kerja akibat adanya putaran (rotasi), pada akhirnya dapat mempengaruhi kekasaran permukaan dan waktu penyelesaian produk. Untuk mengontrol pembentukan geram yang berlebihan tersebut, maka geometri pahat yang digunakan dilengkapi *chip breaker*. [4]. Permasalahannya adalah berapa besar *radius chip beaker* yang optimum untuk menghasilkan permukaan hasil pemotongan yang halus, aman dan mampu menghasilkan kapasitas produksi yang tinggi.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut di atas, maka dipandang perlu untuk melakukan penelitian lanjutan terkait proses pemotongan menggunakan mesin bubut CNC. Parameter pemotongan yang divariasikan meliputi kecepatan potong (*cutting speed*), gerak makan (*feed rate*), dan geometri pahat yang dilengkapi radius pemutus geram (*chip breaker*).

Tujuan penelitian ini, untuk mendapatkan model matematis yang dapat menggambarkan hubungan antara parameter pemotongan dan *radius chip breaker* dengan kekasaran permukaan dan waktu pemotongan material. Selain itu penelitian ini juga mencari kombinasi pengaturan parameter pemotongan dan *radius chip breaker* yang memberikan kekasaran permukaan dan waktu pemotongan material yang optimal. Kondisi optimal yang dimaksud

adalah waktu pemotongan material secepat mungkin tapi mendapatkan kekasaran permukaan produk/komponen yang sekecil mungkin.

Untuk proses optimasi, metode yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* (RSM). Dalam implementasinya, menggunakan *Central Composite Second Order Rotatable Design* yang didalamnya terdapat metoda faktorial (2^k). Analisa pengaruh terhadap interaksi antar ketiga parameter menggunakan *Analysis of variance* (ANOVA) dalam bentuk persamaan matematika orde dua. Kombinasi dari ketiga parameter menghasilkan kombinasi optimal antara parameter pemotongan dan *radius chip breaker* sehingga dihasilkan kekasaran permukaan yang paling rendah dan kecepatan penghasilan geram yang paling tinggi dapat dilakukan dengan bantuan *response optimizer*.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini material yang dipilih adalah baja pemesinan S45C dimensinya, yaitu panjang 100 mm dan diameter 25 mm. dengan menggunakan mesin CNC Emcoturn-242. Adapun komposisi kimianya adalah; 0,42-0,48% C, 0,15-0,35% Si, 0,30-0,90% Mn, 0,030%max. P, dan 0,035%max. S. [5].

Pahat bubut yang digunakan adalah HSS S700 yang dilengkapi dengan radius *chip breaker*. Adapun komposisi kimianya; terdiri dari 1,25% C, 0,40% Cr, 3,60% Mo, 3,20% V, 9,30% W, dan 10% Co.[6].

Kecepatan potong (Vc), gerak makan (fd), dan radius *chip breaker* (Rcb) divariasikan lalu dianalisa pengaruhnya terhadap kekasaran permukaan dan kecepatan penghasilan geram. 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*. Jumlah variabel penelitian $k = 3$ ($2^k = 8$), titik perpotongan (*star points*) sebesar $2k$ berarti 6, dan untuk menambah ketelitian terhadap respon yang diharapkan dengan 3 variabel

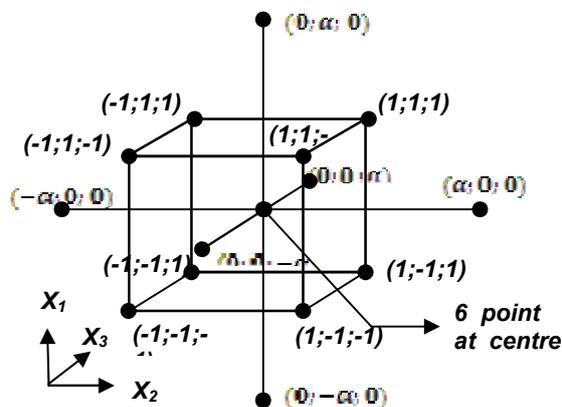
maka ditambahkan 6 eksperimen sebagai titik pusat (*center points*) (tabel 1). sehingga diperoleh jumlah total penelitiannya (N) adalah 20 kali (gambar 1) [7].

Tabel 1 – Komponen dari *Rotatable Central Composite Design Second Order*

Number of Variable K	Factorial Point 2^k	Star Points $2k$	Center Points n	Total N	Value α
3	8	6	6	20	1,682
4	16	8	7	31	2,000
5	16	10	6	32	2,000
6	32	12	9	53	2,378

* half Replication

α – Distance of The Star Points From The Centre



Gambar 1 – Titik-titik Eksperimen Untuk 3 Variable

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 2.

Tabel 2 – Nilai Dari Variasi Variable Untuk Level Yang Berbeda

Level	-1,682	-1	0	1	1,682
Vc (m/mt)	15	20	25	30	35
fd (mm/rev)	0,09	0,13	0,21	0,26	0,34
Rcb (mm)	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75

Kombinasi yang dapat dibuat berdasarkan tabel 2, menjadi suatu rancangan penelitian sesuai *surface response* pada *software MINITAB 14* (tabel 3).

Tabel 3 – Rancangan Penelitian

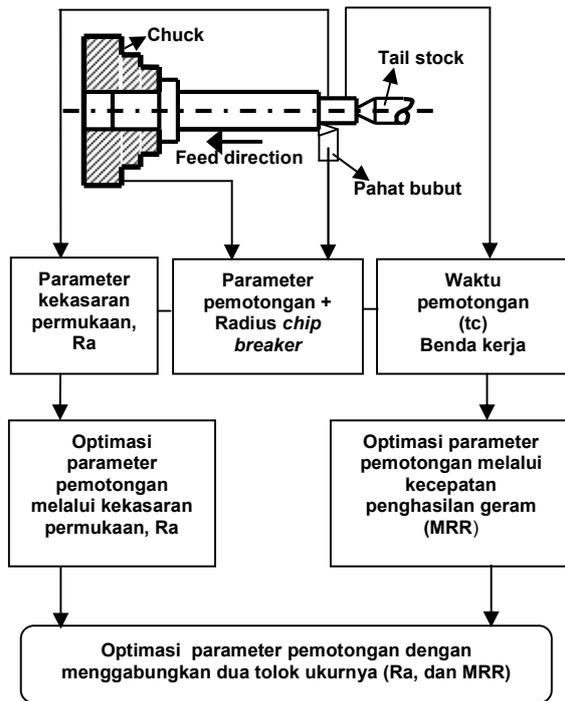
No	Kode Level			Vc	fd	Rcb	t _c	SR
1	-1	-1	-1	20	0,13	1,00	*	*
2	1	-1	-1	30	0,13	1,00	*	*
3	-1	1	-1	20	0,26	1,00	*	*
4	1	1	-1	30	0,26	1,00	*	*
5	-1	-1	1	20	0,13	1,50	*	*
6	1	-1	1	30	0,13	1,50	*	*
7	-1	1	1	20	0,26	1,50	*	*
8	1	1	1	30	0,26	1,50	*	*
9	-1,682	0	0	15	0,21	1,25	*	*
10	1,682	0	0	35	0,21	1,25	*	*
11	0	-1,682	0	25	0,09	1,25	*	*
12	0	1,682	0	25	0,34	1,25	*	*
13	0	0	-1,682	25	0,21	0,75	*	*
14	0	0	1,682	25	0,21	1,75	*	*
15	0	0	0	25	0,21	1,25	*	*
16	0	0	0	25	0,21	1,25	*	*
17	0	0	0	25	0,21	1,25	*	*
18	0	0	0	25	0,21	1,25	*	*
19	0	0	0	25	0,21	1,25	*	*
20	0	0	0	25	0,21	1,25	*	*

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendapatkan waktu pemotongan (t_c) dan kekasaran permukaan (SR). Adapun skema diagram untuk pelaksanaan penelitian diperlihatkan gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengukuran kekasaran permukaan dan perhitungan kecepatan penghasilan geram terhadap semua benda uji telah dilaksanakan sesuai dengan jumlah total penelitian yang dibuat, maka hasilnya dapat ditampilkan pada tabel 4.



Gambar 2 – Skema Diagram Penelitian Pada Proses Bubut

Tabel 4 – Hasil Penelitian Untuk MMR dan SR

No.	Vc (m/mt)	fd (mm/rev)	Rcb (mm)	MRR (mm ³ /mt)	SR (µm)
1	20	0,13	1,00	1518,23	2,75
2	30	0,13	1,00	2568,16	2,58
3	20	0,26	1,00	3053,65	3,80
4	30	0,26	1,00	4954,33	3,67
5	20	0,13	1,50	1536,21	2,85
6	30	0,13	1,50	2652,50	2,78
7	20	0,26	1,50	3745,32	3,97
8	30	0,26	1,50	5570,97	3,82
9	15	0,21	1,25	1744,47	3,40
10	35	0,21	1,25	4431,97	2,98
11	25	0,09	1,25	1571,81	2,10
12	25	0,34	1,25	6077,96	4,20
13	25	0,21	0,75	2915,96	3,38
14	25	0,21	1,75	3534,78	4,25
15	25	0,21	1,25	2958,58	4,20
16	25	0,21	1,25	3016,74	4,58
17	25	0,21	1,25	2733,76	4,70
18	25	0,21	1,25	3015,38	4,48
19	25	0,21	1,25	2917,80	4,50
20	25	0,21	1,25	2827,80	4,56

Untuk menghitung level sebenarnya tiap variabel bebas berdasarkan tabel 2 maka digunakan persamaan berikut [8].

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{V_c - 25}{30 - 25} \\
 x_2 &= \frac{f_d - 0,21}{0,26 - 0,21} \dots\dots\dots(1) \\
 x_3 &= \frac{R_{cb} - 1,25}{1,50 - 1,25}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- x₁ merupakan nilai untuk kode kecepatan potong
- x₂ merupakan nilai untuk kode gerak makan
- x₃ merupakan nilai untuk kode radius chip breaker

Pembahasan

Analisa Kekasaran Permukaan

Untuk memperoleh koefisien regresi kekasaran permukaan (SR) terhadap kecepatan potong, gerak makan, dan radius chip breaker., dilakukan analisis dengan menggunakan *uncoded units*. Berikut hasil *response surface* dengan variabel respon kekasaran permukaan.pada tabel 5.

Maksud dari tabel dibawah ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengujian secara simultan pengaruh antara kecepatan potong, gerak makan, dan radius chip breaker terhadap kekasaran permukaan diperoleh nilai F_{hitungt} sebesar 18,48 dan nilai Sig F sebesar 0,000. Karena nilai F_{hitung} > F_{tabel} (18,48 > 3,02) dan Sig F < α (0,000 < 0,05), maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh simultan antara kecepatan potong, gerak makan, radius chip breaker terhadap kekasaran permukaan.
2. Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut :
 H₀ : Tidak ada *lack of fit*
 H₁ : Ada *lack of fit*
 Hipotesa awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit* berarti model yang dibuat telah sesuai dengan data, sedangkan hipotesa alternatif berarti model yang

telah dibuat belum mewakili data. Hipotesa awal (H_0) akan ditolak bila p-value kurang dari α .

Sebaliknya, hipotesa awal akan diterima apabila p-value melebihi α

Tabel 5 – Analisis Varian Untuk Kekasaran Permukaan (SR)

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F _{hitung}	Sig F
Regression	9	10,989	18,989	1,221	18,48	0,000
Linier	3	5,621	1,844	0,615	9,30	0,003
Square	3	5,364	5,364	1,788	27,06	0,000
Interaction	3	0,004	0,004	0,001	0,02	0,995
Residual Error	10	0,661	0,661	0,066		
Lack-of Fit	5	0,520	0,520	0,104	3,71	0,088
Pure Error	5	0,140	0,140	0,028		
Total	19	11,650				

F_{tabel} = 3,02; level signifikansi (α) = 5%

Berdasarkan hasil analisis, modelnya :

$$y = -14,264 + 0,66 (Vc) + 44,174(fd) + 7,655(Rcb) - 0,014(Vc)^2 - 88,662(fd)^2 - 2,997 (Rcb)^2 - 0,029(Vc \times fd) + 0,008(Vc \times Rcb) + 1,118(fd \times Rcb) \dots\dots\dots(2)$$

Selanjutnya persamaan.1 disubstitusikan ke persamaan.2, dugaan model regresi terbaik untuk kekasaran permukaan (SR) menjadi :

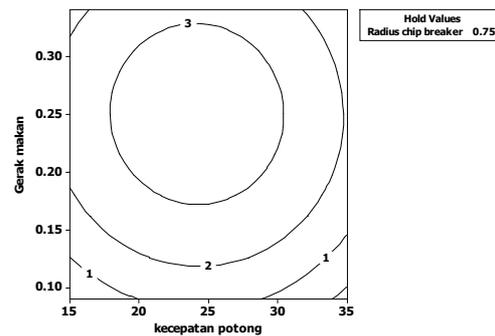
$$Ra = 4,29 - 0,15x_1 + 0,38x_2 + 0,15x_3 - 0,35x_1^2 - 0,22x_2^2 - 0,19x_3^2 - 0,01x_1x_2 + 0,01x_1x_3 + 0,014x_2x_3 \dots\dots\dots(3)$$

Persamaan di atas terlihat bahwa korelasi antara ketiga variabel tersebut. yang paling dominan terlihat adalah kecepatan potong selanjutnya diikuti gerak makan dan radius chip breaker.

Salah satu cara untuk menghasilkan kombinasi maksimum kekasaran permukaan antara kecepatan potong, gerak makan, dan radius chip breaker adalah membuat plot kontur kekasaran permukaan yang merupakan fungsi kecepatan potong (VC), gerak makan (fd), dan radius chip breaker (Rcb). Adapun bentuk kontur yang dimaksud, dapat dilihat pada gambar 3.

Nilai kekasaran permukaan maksimum (halus) 1,04 μ m, maka kombinasinya gerak makan pada level 0,09 mm/rev; kecepatan -

potong pada level 35 m/mt dan radius chip breaker pada level 0,75 mm.



Gambar 3 – Plot Kontur Untuk Kekasaran Permukaan (SR)

Analisa Kecepatan Penghasilan Geram

Untuk memperoleh koefisien regresi kecepatan penghasilan geram (MRR) terhadap kecepatan potong, gerak makan, dan radius chip breaker dilakukan analisis dengan menggunakan *uncoded units*. Berikut hasil *response surface* dengan variabel respon kecepatan penghasilan geram pada tabel 6.

Maksud dari tabel di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengujian secara simultan pengaruh antara kecepatan potong, gerak makan,

dan radius *chip breaker* terhadap kecepatan penghasilan geram diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 126,16 dan nilai Sig F sebesar 0,000. Karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($126,16 > 3,02$) dan $Sig F < \alpha$ ($0,000 < 0,05$), maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh simultan antara kecepatan potong, gerak makan, radius *chip breaker* terhadap kecepatan penghasilan geram.

2. Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut :

H_0 : Tidak ada lack of fit

H_1 : Ada lack of fit

Hipotesa awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit* berarti model yang dibuat telah sesuai dengan data, sedangkan hipotesa alternatif berarti model yang telah dibuat belum mewakili data.

Tabel 6 – Analisis Varian Untuk Kecepatan Penghasilan Geram (MRR)

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F_{hitung}	Sig F
Regression	9	29536130	29536130	3281792	126,16	0,000
Linier	3	27801599	535002	178334	6,86	0,009
Square	3	1349983	1349983	449994	17,30	0,000
Interaction	3	384547	384547	128182	4,93	0,024
Residual Error	10	260130	260130	26013		
Lack-of Fit	5	197411	197411	39482	3,15	0,117
Pure Error	5	62720	62720	12544		
Total	19	29796260				

$F_{tabel} = 3,02$; level signifikansi (α) = 5%

Hipotesa awal (H_0) akan ditolak bila p-value kurang dari α . Sebaliknya, hipotesa awal akan diterima apabila p-value melebihi α .

Pada tabel 6, menunjukkan hasil uji *lack of fit* bernilai 0,117 menggunakan level signifikansi 5% maka keputusannya akan menerima hipotesa awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit*. Dengan demikian model yang dibuat sesuai dengan data.

Berdasarkan hasil analisis, modelnya :

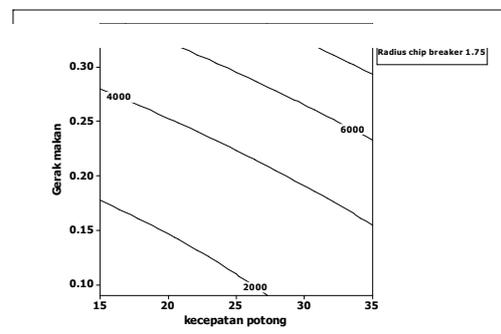
$$y = 5874,1 - 78,6(V_c) - 28845(fd) - 4840,3(R_{cb}) + 2,40(V_c)^2 + 55356,6(fd)^2 + 1489,8(R_{cb})^2 + 495,8(V_c \times fd) - 0,9(V_c \times R_{cb}) + 8886,6(fd \times R_{cb}) \dots\dots\dots (4)$$

Selanjutnya persamaan.1 disubstitusikan ke persamaan.4, dugaan model regresi terbaik untuk kecepatan penghasilan geram (*MRR*) menjadi :

$$MRR = 2974,15 + 721,97x_1 + 895,40x_2 + 181,97x_3 - 1,13x_1x_3 + 111,08x_2x_3 \dots (5)$$

Persamaan 5 terlihat bahwa kecepatan potong (x_1) dan gerak makan (x_2) mempunyai pengaruh dominan baru diikuti dengan radius *chip breaker* (x_3).

Pendugaan model dilakukan dengan mengkombinasikan antara parameter pemotongan dengan radius *chip breaker*. Salah satu caranya adalah membuat plot kontur kecepatan penghasilan geram yang merupakan fungsi kecepatan potong (V_c), gerak makan (fd), dan radius *chip breaker* (R_{cb}). Adapun bentuk kontur yang dimaksud, dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 – Plot Kontur Untuk Kecepatan Penghasilan Geram (*MMR*)

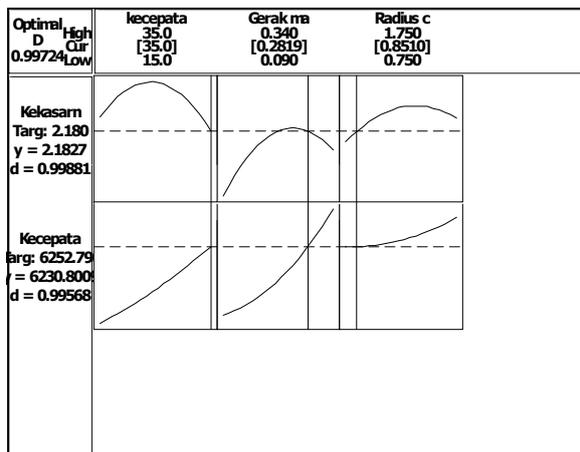
Nilai kecepatan penghasilan geram maksimum sebesar 7487,06 mm³/mt, maka kombinasinya kecepatan potong pada level 35 m/mt, gerak makan pada level 0,34 mm/rev, dan radius chip breaker pada level 1,75 mm.

Menentukan Potongan Optimum

Kondisi pemotongan optimum yang diperoleh akan mempengaruhi secara simultan kedua respon, yaitu respon kekasaran permukaan dan respon kecepatan penghasilan geram. Dengan menggunakan *response optimizer* dari kurva *D-optimaly* kondisi pemotongan optimum dapat ditunjukkan seperti yang pada gambar 5.

Berdasarkan gambar tersebut, bahwa pengabungan antar respon kekasaran permukaan minimum sebesar 2,18 µm dengan kecepatan penghasilan geram maksimum sebesar 6230.80 mm³/mt. menghasilkan kombinasi optimum antara kecepatan potong sebesar 35 m/mt, gerak makan, sebesar 0,2819 mm/rev. dan radius chip breaker sebesar 0.85 mm.

Kombinasi ini didapat atas dasar proses iterasi terhadap persamaan 3 dan 5, menghasilkan kombinasi-kombinasi antara ketiga variabel tersebut.



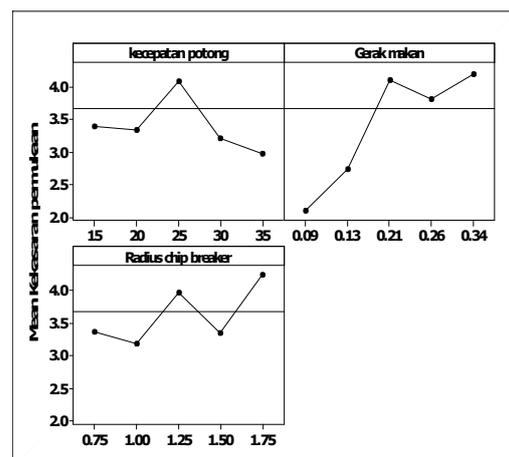
Gambar 5 – Kurva *D-Optimaly Respon* Kecepatan Potong (Vc), Gerak Makan (fd.), dan Radius Chip Breaker (Rcb) Terhadap Kekasaran Permukaan (SR) dan Kecepatan Penghasilan Geram (MRR)

Kombinasi itu lalu dimasukkan kedalam kurva *D-Optimaly Respon*, dengan melihat nilai *Desirability (D)*, dalam hal ini sebesar 0,99724, sehingga target kekasaran dan kecepatan penghasilan geram yang diinginkan dengan masing-masing D harus sama atau lebih besar. Akhirnya dari kombinasi tersebut keksarannya nilai D sebesar 0,99881 berarti kekasaran yang ditargetkan terpenuhi, sedangkan kecepatan penghasilan geram nilai D sebesar 0,99568 berarti kecepatan yang ditargetkan lebih kecil dari ketetapan. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil iterasi yang optimal.

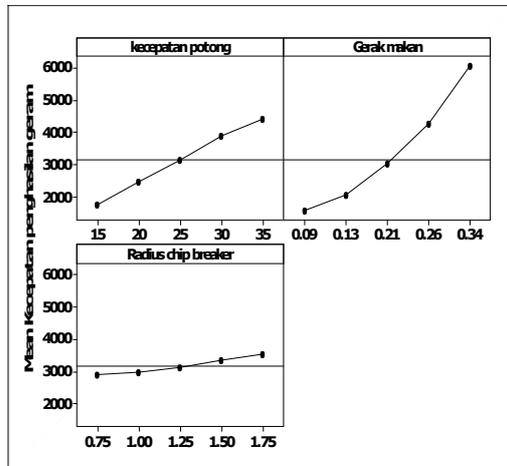
Analisa Grafik

Untuk menganalisa sejauh mana pengaruh kecepatan potong, gerak makan, dan radius chip breaker terhadap kekasaran permukaan dan kecepatan penghasilan geram, maka ditunjukkan pada gambar 6.

Pengaruh kenaikan kecepatan potong pada awalnya meningkatkan kekasaran permukaan, setelah pada level 25 m/mt terjadi penurunan kekasaran. Ini karena aliran metal yang kurang teratur pada kecepatan potong rendah dan bila daya adhesi atau afinitas antar material benda kerja dan material pahat cukup kuat, akan terjadi proses penumpukan lapisan material benda kerja pada bidang geram di daerah dekat mata potong (*Built Up Edge/BUE*).



(a)



(b)

Gambar 6 – Grafik Hubungan Antara Kekasaran Permukaan dan Kecepatan Penghasilan Geram Dengan Parameter Pemotongan Serta Radius Chip Breaker

BUE yang terkelupas sebagian akan terbawa geram dan sebagian lain akan menempel pada benda kerja, sehingga permukaan akan menjadi lebih kasar. Dengan naiknya kecepatan potong, *BUE* tidak terbentuk dan kekasaran permukaan hasil pemotongan hanya akan disebabkan oleh jejak bekas gerak makan pahat.

Pengaruh kenaikan gerak makan pada awalnya meningkatkan kekasaran permukaan, setelah pada level 0,26 mm/rev. terjadi penurunan kekasaran. Ini disebabkan karena terjadi ketidakseimbangan antara gerak makan dengan putaran benda kerja. Level antara 0,09 sampai 0,26 mm/rev putaran benda kerja belum konstan sehingga permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Pada level 0,26 mm/rev. putaran benda kerja sudah konstan, sehingga penambahan gerak makan kekasaran permukaan benda kerja semakin menurun.

Pengaruh kenaikan besar *radius chip breaker* ternyata kekasaran permukaan benda kerja semakin kasar, ini disebabkan oleh panjang geram yang terjadi. Semakin besar *radius chip breaker* semakin panjang geram yang terbentuk sehingga panas yang timbul dari panjangnya geram tidak dapat terbuang dengan cepat. Panas yang terjadi

terakumulasi yang pada akhirnya mempengaruhi bidang potong dari pahat bubut dalam proses pembubutan. Sebaliknya semakin kecil *radius chip breaker* semakin pendek geram yang terbentuk, sehingga panas yang timbul dengan pendeknya geram cepat terbuang. Akhirnya panas yang terjadi tidak mempengaruhi bidang potong dari pahat tersebut.

Untuk kecepatan potong dan gerak makan pengaruhnya sangat signifikan untuk meningkatkan kecepatan penghasilan geram, karena kedua parameter tersebut berhubungan dengan waktu. Semakin tinggi putaran menyebabkan semakin cepat bergeser gerak makannya semakin banyak pula jumlah material yang terpotong. Untuk *radius chip breaker* merupakan geometri dari pahat yang digunakan, sehingga dengan bertambah cepat parameter tersebut secara langsung meningkatkan juga jumlah material yang terpotong.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kecepatan potong sangat dominan mempengaruhi kekasaran permukaan diikuti oleh gerak makan dan *radius chip breaker*. Sedangkan untuk kecepatan penghasilan geram ternyata gerak makan dan kecepatan potong sama-sama dominan berpengaruh lalu diikuti *radius chip breaker*
2. Kombinasi nilai variabel bebas, meliputi kecepatan potong (V_c) = 35 m/mt, gerak makan (f_d) = 0,2819 mm/rev, dan radius chip breaker (R_{cb}) = 0,85 mm, maka nilai optimum untuk kekasaran permukaan (SR) sebesar 2,18 μm , dan kecepatan penghasilan geram (MRR) sebesar 6230,80 mm^3/mt .

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Doniavi, M. Eskandarzade and M. Tahmasebian, 2007, *Empirical Modelling of Surface Roughness in Turning Process of 1060 Steel using*

- Reponse Surface Methodology*, Journal of Applied Sciences 7 (17) : 2509-2513
- [2]. V. N. Goitondo, S.R. Karnik, and J. Paulo Davim, 2009, *Multiperformance Optimization in Turning of Free-Machining Steel Using Taguchi Method and Utility Concept*, Journal of Material Engineering and Performance, Volume 18 (3) 231.
- [3]. M. Kaladhar, K. Venkata Subbaiah, Ch. Srinivasa Rao and K. Narayana Rao 2010, *Optimization of Process Parameters In Turning Of AISI202 Austenitic Stainless Steel*, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 5, No. 9.
- [4]. J. P.Choi and S.J.Lee, Efficient, 2002, *Chip Breaker Design by Predicting the Chip Breaking Performance*. Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, Seoul, Korea. - International Journal of Advance Manufacturing Technology 17:489–497.
- [5]. JIS S45C, Mild Steel, Mead info, *The Realm of Mechanical Engineering*.
- [6]. BÖHLER Steel Manual, PT Bohlindo Baja.
- [7]. 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
- [8]. Nur Irawan, Septin Puji Astuti, 2006, *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, Penerbit ANDI Yogyakarta.