

OPTIMASI KEKASARAN DAN KEBULATAN PERMUKAAN PADA PEMBUBUTAN MARMER DENGAN VARIASI PARAMETER KEDALAMAN POTONG KECEPATAN POTONG DAN GERAK MAKAN

Mahros Darsin¹, Yuni Hermawan¹, Hari Arbiantara Basuki¹, Agung Kurnia Effendi¹

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember
Jl. Slamet Riyadi 62 Patrang Jember Jawa Timur Indonesia
Telp/Fax: 0331-48497 Email:mahros.azzahra@yahoo.co.id

ABSTRACT

In machining round shaped marble stones it need a turning machine. The suitable tools applied are carbide tools. Previous research shown that the tools with nose radius of 0,8 mm produces optimum roughness. Some influential parameters used on turning process are nose radius, depth of cut, cutting speed and feeding. This research emphasize on finding the best level of those parameters which result on optimum roughness and roundness. Those three parameters were examined and tested on some others forms, they are cylindrical and cone forms. A response surface methodology is used. Optimizing response produced by process variables on surface roughness of cylindrical forms are depth of cut 0.05 mm; cutting speed 50 m/min; and feeding 0.067 mm/rev. The roughness is 2.07810 μm . On the other hand, surface roughness response optimizing level of cone forms are produced on depth of cut 0.05 mm; cutting speed 40 m/min; and feeding 0.067 mm/rev with roughness of .,92945 μm . Whereas, roundness response optimizing at level of 90.1824 μm of cylindrical and cone forms are found when depth of cut 0,05 mm; 32 m/min; and feeding 0.067 mm/rev.

Key words: marble stone, optimization, RSM

1. Pendahuluan

Selain digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin, proses bubut dapat juga digunakan untuk membuat benda-benda putar yang terbuat dari non logam, seperti marmar. Di antara produk kerajinan tersebut adalah vas bunga, bola, kaki meja, kap lampu dan lain sebagainya. Sebagai benda kerajinan, kehalusan permukaan menjadi salah satu pertimbangan utama. Untuk mencapai dimensi dan kehalusan yang diinginkan diperlukan beberapa tahap proses, yaitu pembubutan, pengampelasan dan pelapisan resin. Apabila hasil pembubutan masih kasar maka proses pengampelasan memerlukan waktu yang lama. Untuk mencapai hasil pembubutan yang halus maka diperlukan pemilihan parameter proses permesinan. Ketidak-tepatan pemilihan parameter ini mengakibatkan kualitas kerajinan marmar, khususnya berbentuk dasar benda putar, menjadi rendah; bahkan sering terjadi benda hasil pesanan ditolak terutama pesanan kontrak ekspor (Kusno, et. al., 2007). Hal tersebut mengakibatkan ekspor yang relatif cenderung terus

menerus sejak tahun 2002 (BPS Tulungagung dalam <http://www.tulungagung.go.id/>).

Di antara parameter yang mempengaruhi kehalusan hasil pembubutan adalah nose radius pahat bubut, kecepatan potong, laju pemakanan dan kedalaman potong. Nose radius berfungsi untuk memperkuat ujung pertemuan antara mata potong utama dengan mata potong minor. Selain itu nose radius juga menentukan kekasaran permukaan (R_a) hasil pemotongan (Rochim,1985:91). Gerak makan bertambah besar maka akan menaikkan nilai R_a , sedangkan nose radius semakin besar akan menurunkan R_a (Jonoadi dan Dewanto, 1999:88). Penelitian Darsin et al (2009) menghasilkan kehalusan optimum pada noses radius pahat 0,8 mm. Parameter lain yang berpengaruh terhadap kekasaran adalah kecepatan potong dan gerak pemakanan (*feeding*), namun belum menghasilkan nilai optimum, dalam arti kekasaran permukaan masih mungkin diperoleh dengan mengembangkan parameter-parameter tersebut. Selain itu perlu diujikan pengaruh parameter yang mungkin mempengaruhi kekasaran yaitu



kedalaman potong. Variasi parameter yang dipilih yaitu kedalaman potong masing-masing sebesar 0,05; 0,10; 0,15 mm; kecepatan potong masing-masing sebesar 32, 40, 50 m/min; serta gerak makan (*feeding*) sebesar 0,067; 0,078; dan 0,135 mm/rev.

2. Tinjauan Pustaka

Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan dari komponen-komponen mesin mempunyai peranan penting pada kualitas komponen mesin tersebut. Karena kekasaran permukaan akan berhubungan langsung dengan gesekan, pelumasan maupun komponen-komponen mesin lainnya. Setiap proses pengerjaan mempunyai ciri yang tertentu/khas atas permukaan benda kerja yang dihasilkannya. Oleh karena itu, dalam memilih proses pengerjaan aspek permukaan ini perlu dipertimbangkan. Pada dasarnya konfigurasi suatu permukaan sangatlah kompleks. Karena terjadinya berbagai penyimpangan selama proses pembuatan maka permukaan geometrik ideal (*geometrical ideal surfaced*), yaitu permukaan yang dianggap mempunyai bentuk yang sempurna tidaklah dapat dibuat.

Ketidakteraturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat diuraikan menjadi beberapa tingkat, seperti yang dijelaskan pada tabel 2.2. Tingkat pertama merupakan ketidakteraturan *makrogeometri*. Tingkat kedua yang disebut dengan gelombang (*waviness*) merupakan ketidakteraturan yang periodik dengan panjang gelombang yang jelas lebih besar dari kedalamannya (amplitudonya). Tingkat ketiga atau alur (*grooves*) serta tingkat keempat yang disebut dengan serpihan (*flakes*) kedua-duanya lebih dikenal dengan istilah kekasaran (*roughness*).

Kebulatan dan Alat Ukur Kebulatan

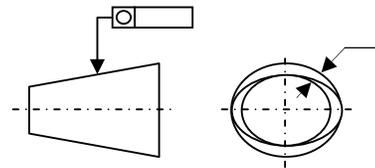
Suatu komponen dengan kebulatan ideal sangat sulit untuk dibuat, sehingga dapat dipastikan akan terjadi suatu ketidakbulatan pada komponen tersebut. Walaupun secara visual penampang suatu komponen berbentuk bulat, namun bila dilakukan pembesaran maka akan terlihat suatu ketidakbulatan terjadi pada penampang tersebut. Keterbatasan yang ada pada proses pembuatan menyebabkan hal tersebut tidak dapat dihindarkan, sehingga ketidakbulatan yang terjadi harus ditolerir dalam batasan tertentu sesuai dengan tujuan dan fungsi dari komponen tersebut. ISO/R 1101 mendefinisikan toleransi kebulatan (gambar 1) sebagai daerah toleransi pada bidang penampang yang dibatasi oleh dua lingkaran konsentrik dengan selisih radius sebesar harga toleransinya. Nilai toleransi yang digunakan pada percobaan ini adalah 0,01 mm / 10 μ m. Nilai toleransi

ini yang akan digunakan sebagai *Upper* dalam *Response Surface Methodology*.

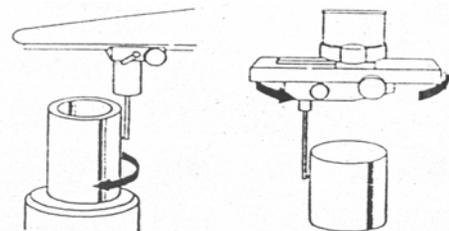
Suatu alat ukur kebulatan (gambar 2) harus memenuhi prinsip dan syarat pengukuran kebulatan seperti telah dijelaskan di atas. Berdasarkan putaran, maka alat ukur kebulatan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Jenis sensor berputar

Dalam hal ini sensor berputar, sedangkan benda kerja diam. Spindel atau poros utama yang berputar hanya menerima beban yang ringan dan tetap. Meja untuk meletakkan benda ukur tidak mempengaruhi sistem pengukuran. Volume serta posisi titik berat benda ukur tidak begitu menjadi persoalan pada proses pengukuran dengan penggunaan alat ukur ini.



Gambar 1. Toleransi kebulatan



Jenis meja putar

Jenis sensor putar

Gambar 2. Dua jenis alat ukur kebulatan

2. Jenis meja berputar

Karena sensor tidak berputar, maka pengukuran lain yang berkaitan dengan kebulatan dapat dilakukan, seperti: konsentrisitas, kesamaan sumbu, kesejajaran, kesilindrisan, kelurusan dan ketegaklurusan. Hal tersebut dapat dilakukan karena ada kebebasan penempatan sensor pada benda ukur yang sedang berputar. Berat benda yang dapat diukur terbatas, karena keterbatasan spindel dalam menahan beban serta keterkaitannya dengan ketelitian yang diperoleh.



Marmer

Marmer adalah kristal padat yang terbentuk dari metamorfosis batu gamping, umumnya mengandung kapur (CaCO_3), dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] atau kombinasi kedua mineral tersebut. Batu gamping dapat dikatakan sebagai bahan baku marmer komersial dengan persyaratan, di antaranya persyaratan fisik, warna, corak, kilap dan nilai estetika.

3. Metode Penelitian

Sebelum melakukan proses pengambilan data nilai data kekasaran dan kebulatan, seluruh spesimen terlebih dahulu dibubut dalam dua bentuk yaitu bentuk tirus dan silindris. Pada proses pembubutan tersebut diujicobakan beberapa variasi parameter pemotongan sebagaimana disebut pada Tabel 2.

Pelaksanaan penelitian

Prosedur Percobaan Pembubutan

1. Bersihkan meja mesin bubut
2. Pasang benda kerja (marmer) pada *chuck*
3. Pasang pahat pada pemegang pahat (*toolholder*) yang terdapat pada tempat *toolholder* (*toolpost*)
4. Memulai proses pembubutan lurus, pembubutan dilakukan sebanyak 15 kali
5. Mengulangi membubutan untuk bentuk tirus.

Prosedur Pengambilan Data Kekasaran Permukaan

1. Siapkan alat-alat pengukuran antara lain, surface tester (alat ukur kekasaran), pensil dan kertas.
2. Setiap melakukan pengamatan, catat hasil pengukuran ke dalam tabel data.

Prosedur Pengambilan Data Kebulatan

1. Siapkan alat-alat pengukuran antara lain, *roundness tester* (alat ukur kebulatan), pensil dan kertas.
2. Setiap melakukan pengamatan, catat hasil pengukuran ke dalam tabel data.

Analisis permukaan respon pada penelitian ini dilakukan dengan cara pelaksanaan eksperimen yaitu dengan mengubah-ubah level dari masing-masing variabel proses yang sesuai dengan rancangan percobaan. Tabel 1 menunjukkan level yang digunakan dan nilai dari masing-masing level dari variabel proses. Rancangan percobaan yang dipilih adalah Box-Behnken untuk Respon Surface Method.

Tabel 1. Level yang digunakan

Faktor	Level Bawah	Titik Tengah	Level Atas
Kode	-1	0	1
Kedalaman Potong (X_1)	0,05 mm	0,10 mm	0,15
Kecepatan potong (X_2)	32 m/min	40 m/min	50 m/min
Feeding (X_3)	0,067 mm/rev	0,078 mm/rev	0,135 mm/rev

4. Hasil Dan Pembahasan

Bahan percobaan dalam penelitian ini adalah batu marmer yang berasal dari Tulungagung dengan dimensi, panjang 15 cm dan diameter 4 cm. Proses yang digunakan untuk membentuk dimensi tersebut adalah proses bubut manual. Pengukuran terhadap kekasaran awal (hasil bubut Tulungagung) adalah $36,3 \mu\text{m}$. Hasil pengukuran kekasaran permukaan dan kebulatan terhadap batu marmer setelah permesinan disajikan pada tabel 2.

Akhirnya diperoleh taksiran nilai kekasaran permukaan bentuk silindris sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Ra} = 3,67761 - 0,24209 X_1 + 0,29542 X_2 + 0,58057 X_3 + 0,07032 X_1^2 - 0,18225 X_2^2 - 0,90786 X_3^2 + 0,50218 X_1 X_2 - 0,13672 X_1 X_3 - 0,10222 X_2 X_3 \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- \hat{Y}_{Ra} = taksiran nilai Ra
 $X_1 = a$ = variabel kedalaman potong
 $X_2 = V$ = variabel kecepatan potong
 $X_3 = f$ = variabel *feeding*

Persamaan tersebut diuji dengan *lact of fit test*. Analisis variansi (tabel 4) menunjukkan bahwa nilai P pada uji ini sebesar 0,008 yang berarti lebih besar dari $\alpha = 0.05$. Hal ini bermakna bahwa model persamaan telah sesuai.



Tabel 2. Data hasil pengukuran kekasaran permukaan bentuk tirus dan silindris

No.	a (mm)	V (m/mnit)	f (mm/put)	Ra Tirus (μm)	Ra Silindris (μm)	MLA Tirus (\O) (μm)	MLA Silindris (\O) (μm)
1.	0,05	32	0,078	3,34	3,12	85	90
2.	0,15	32	0,078	2,15	1,51	75	85
3.	0,05	50	0,078	3,17	2,97	100	120
4.	0,15	50	0,078	3,16	3,43	85	110
5.	0,05	40	0,067	1,61	2,17	80	100
6.	0,15	40	0,067	2,14	2,31	80	95
7.	0,05	40	0,135	3,46	3,76	115	100
8.	0,15	40	0,135	3,34	2,98	90	115
9.	0,10	32	0,067	1,83	1,71	75	80
10.	0,10	50	0,067	2,18	2,25	80	100
11.	0,10	32	0,135	3,13	3,03	90	90
12.	0,10	50	0,135	4,45	3,36	100	100
13.	0,10	40	0,078	2,67	2,73	80	90
14.	0,10	40	0,078	2,87	2,87	85	90
15.	0,10	40	0,078	2,67	2,88	95	80

Analisis Kekasaran Permukaan Bentuk Silindris

Dari data hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 2 (kolom 5) diolah

dengan bantuan perangkat lunak Minitab 14 untuk menentukan koefien persamaan regresi seperti disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Koefisien penduga untuk Ra bentuk silindris

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,67761	0,23166	15,875	0,000
a	-0,24209	0,08917	-2,715	0,042
V	0,29542	0,08881	3,326	0,021
f	0,58057	0,08178	7,099	0,001
a*a	0,07032	0,12014	0,585	0,584
V*V	-0,18225	0,12193	-1,495	0,195
f*f	-0,90786	0,24365	-3,726	0,014
a*V	0,50218	0,11508	4,364	0,007
a*f	-0,13672	0,10413	-1,313	0,246
V*f	-0,10222	0,10381	-0,985	0,370

S = 0,2307 R-Sq = 95,2%
R-Sq(adj) = 86,7%



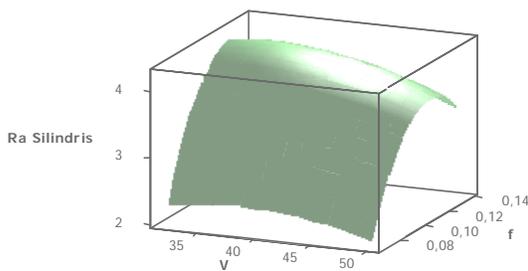
Uji parameter serentak juga dilakukan terhadap model yang dihasilkan. Level toleransi yang digunakan adalah 5 %. Ada dua regresi yang harus diperiksa, yaitu linier (β_1) dan kuadratik (β_2). Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai *P-value* untuk regresi linier (*linear*) maupun kuadratik (*square*) adalah 0,002 dan 0,050 yang berarti lebih kecil atau sama dengan dari $\alpha = 0,05$. Dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan variabel-variabel kedalaman potong, kecepatan potong dan gerak makan (*feeding*) memberikan kontribusi yang nyata terhadap model yang terbentuk. Dengan kata lain, model yang diperoleh telah sesuai.

Uji ketiga terhadap model Koefisien Determinasi (R^2). Dari Tabel 3 nilai R^2 untuk Ra bentuk silindris adalah 95,2 % (mendekati 1) artinya variasi dari respon tersebut dapat dijelaskan oleh model regresi yang dihasilkan (model yang diperoleh telah sesuai).

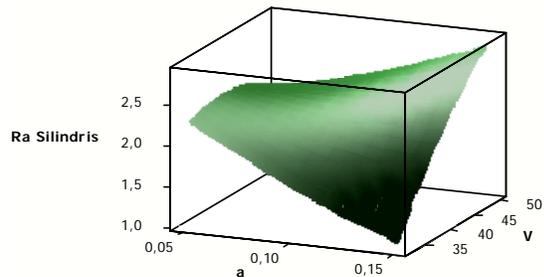
Gambar 3 sampai dengan Gambar 5 berikut ini menunjukkan hubungan antara kekasaran permukaan dengan variabel-variabel proses yang berpengaruh, yaitu kedalaman potong, kecepatan pemotongan dan *feeding*. Gambar tersebut juga menunjukkan hubungan antara respon dengan dua variabel proses, sedangkan variabel yang lain konstan pada level tengah.

Tabel 4. *Analysis of variance* Ra untuk bentuk silindris

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	5,33398	5,33398	0,59266	11,13	0,008
Linear	3	3,28380	3,59696	1,19899	22,52	0,002
Square	3	0,87109	0,86776	0,28925	5,43	0,050
Interaction	3	1,17910	1,17910	0,39303	7,38	0,028
Residual Error	5	0,26619	0,26619	0,05324		
Lack-of-Fit	3	0,25213	0,25213	0,08404	11,95	0,078
Pure Error	2	0,01407	0,01407	0,00703		
Total	14	5,60017				

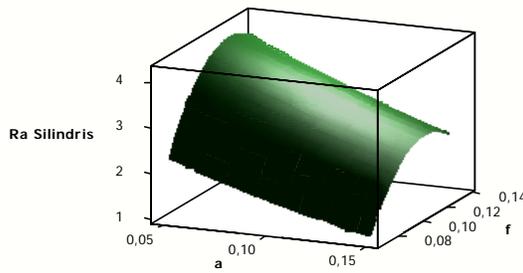


Gambar 3 *Surface plot* *feeding* dan kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0,05 mm.



Gambar 4 *Surface Plot* kedalaman potong dan kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan pada *feeding* 0,067 mm/rev (bentuk silindris)





Gambar 5 *Surface plot* kedalaman potong dan *feeding* terhadap kekasaran permukaan pada kecepatan potong 40 m/menit (bentuk silindris)

Analisis Kekasaran Permukaan Bentuk Tirus

Dengan cara sama diolah data Tabel 2 kolom 6 untuk memperoleh koefisien regresi terhadap kekasaran bentuk tirus didapatkan taksiran nilai kekasaran permukaan bentuk tirus sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Ra} = 3,86713 - 0,08818 X_1 + 0,40137 X_2 + 0,84189 X_3 - 0,01110 X_1^2 + 0,20686 X_2^2 - 1,17649 X_3^2 + 0,27047 X_1X_2 - 0,01318 X_1X_3 + 0,25904 X_2X_3 \dots\dots\dots (2)$$

Serangkain pengujian dilakukan terhadap persamaan yang telah diperoleh dan dapat disimpulkan bahwa persamaan 2 telah sesuai atau mewakili model.

Analisis Kebulatan Bentuk Silindris

Dari data hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 2 kolom 7 diolah dengan cara yang sama dengan analisa kekasaran silindris, didapatkan taksiran nilai kebulatan bentuk silindris sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{MLA} = 88,4482 - 3,0943 X_1 + 9,3994 X_2 + 1,0487 X_3 + 9,6555 X_1^2 + 3,6563 X_2^2 + 0,3615 X_3^2 - 1,3000 X_1X_2 + 0,3043 X_1X_3 - 3,6236 X_2X_3$$

dimana:

- \hat{Y}_{Ra} = taksiran nilai kebulatan
- $X_1 = a$ = variabel kedalaman potong
- $X_2 = v$ = variabel kecepatan potong
- $X_3 = f$ = variabel *feeding*

Analisis Kebulatan Bentuk Tirus

Dengan cara sama dikembangkan persamaan penduga kebulatan bentuk tirus, diperoleh:

$$\hat{Y}_{MLA} = 97,8016 - 8,0648 X_1 + 5,0727 X_2 + 10,0119 X_3 + 2,2997 X_1^2 - 3,3047 X_2^2 - 8,2469 X_3^2 - 1,4399 X_1X_2 - 5,1301 X_1X_3 + 0,2150 X_2X_3$$

Optimasi Respon

Untuk mencari kombinasi level-level variabel proses yang dapat menghasilkan respon optimum (minimum atau maksimum), maka digunakan metode permukaan respon dengan pendekatan fungsi *desirability*. Pendekatan fungsi *desirability* ini digunakan untuk mencari nilai kombinasi variabel kedalaman potong, kecepatan potong dan gerak makan (*feeding*) agar dihasilkan karakteristik kekasaran permukaan yang sesuai dengan spesifikasi.

Optimasi kekasaran permukaan bentuk silindris

Dari persamaan 1 di atas dapat didefinisikan fungsi *desirability* untuk respon tersebut: $d_1(y_1)$, digunakan minimum yang terbaik (*the smaller is better desirability function*) dengan $L = 1,51 \mu m$, $U = 3,76 \mu m$, $T = 2,635 \mu m$ dan $weight = 1$

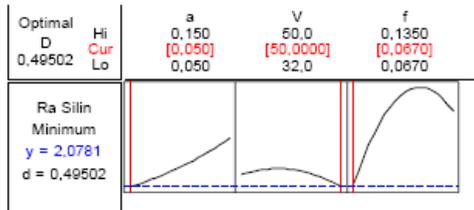
Dengan menggunakan perangkat lunak minitab versi 14 diperoleh grafik yang menunjukkan kombinasi dari variabel proses yang menghasilkan respon kekasaran permukaan. Selain itu, juga diperoleh kombinasi nilai variabel proses yang menghasilkan respon yang optimal melalui pendekatan *desirability* untuk nilai lokal (*local solution*) dan nilai umum (*global solution*). Berikut adalah harga-harga *local solution* dan *global solution* dari pendekatan fungsi *desirability*.

Tabel 5. Global Solution

a	=	0,050
v	=	50,000
f	=	0,067
Predicted Responses		
Ra Silindris	=	2,07810;
desirability	=	0,49502
Composite Desirability = 0,49502		



Optimasi respon yang dihasilkan dari variabel-variabel proses terhadap kekasaran permukaan bentuk silindris adalah pada kedalaman potong 0,05 mm, kecepatan potong 50 m/min, dan *feeding* 0,067 mm/rev. Dari optimasi respon didapatkan gambar grafik variabel-variabel proses yang menghasilkan respon yang optimum seperti di bawah ini.

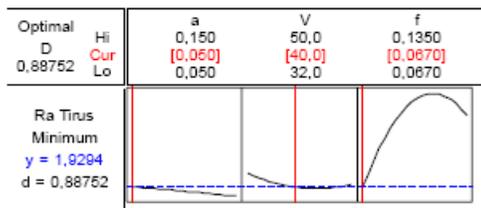


Gambar 6. Grafik kombinasi variabel-variabel proses yang menghasilkan respon kekasaran permukaan optimum bentuk silindris.

Dengan cara sama dicari optimasi kekasaran bentuk tirus, kebulatan bentuk silindris serta tirus.

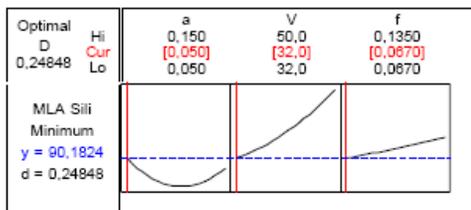
Optimasi kebulatan bentuk silindris

Sedangkan optimasi respon yang dihasilkan dari variabel-variabel proses terhadap kekasaran permukaan bentuk tirus adalah pada kedalaman potong 0,05 mm, kecepatan potong 40 m/min, dan *feeding* 0,067 mm/rev.



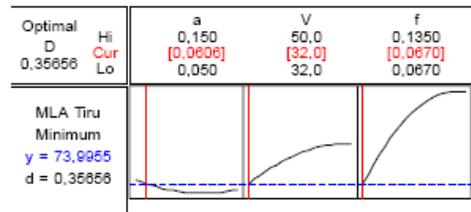
Optimasi kekasaran permukaan bentuk tirus

Optimasi respon yang dihasilkan dari variabel-variabel proses terhadap kebulatan bentuk silindris dan tirus adalah pada kedalaman potong 0,05 mm, kecepatan potong 32 m/min, dan *feeding* 0,067 mm/rev.



Optimasi kebulatan bentuk tirus

Optimasi respon yang dihasilkan dari variabel-variabel proses terhadap kebulatan bentuk silindris dan tirus adalah pada kedalaman potong 0,05 mm, kecepatan potong 32 m/min, dan *feeding* 0,067 mm/rev.



Kesimpulan dan Saran

Nilai kepercayaan untuk kekasaran permukaan bentuk silindris dan tirus adalah 95,2 % dan 93,1 %. Sedangkan nilai kebulatan bentuk silindris dan tirus adalah 92,5% dan 89,7 %.

Optimasi respon yang dihasilkan dari variabel-variabel proses terhadap kekasaran permukaan bentuk silindris adalah pada kedalaman potong 0,05 mm, kecepatan potong 50 m/min, dan *feeding* 0,067 mm/rev. Sedangkan optimasi respon yang dihasilkan dari variabel-variabel proses terhadap kekasaran permukaan bentuk tirus adalah pada kedalaman potong 0,05 mm, kecepatan potong 40 m/min, dan *feeding* 0,067 mm/rev.

Optimasi respon yang dihasilkan dari variabel-variabel proses terhadap kebulatan bentuk silindris dan tirus adalah pada kedalaman potong 0,05 mm, kecepatan potong 32 m/min, dan *feeding* 0,067 mm/rev.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan supaya mempelajari adanya variabel-variabel lain seperti sudut pahat yang berpengaruh terhadap proses pembubutan batu marmer.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada DP2M DIKTI yang telah mendanai penelitian ini. Juga kami sampaikan terima kasih kepada panitia SNTTM IX Universitas Sriwijaya Palembang, khususnya Ibu Diah yang telah memudahkan kami menyajikan makalah ini.



Daftar Pustaka

- [1] Darsin, M., Hermawan, Y., Rahman, A. "Application of Response Surface Method in Optimizing Process Parameter in Drilling Process with Modification Tools" in the 11th International Conference on QiR (Quality in Research), Faculty of Engineering the University of Indonesia. 2009.
- [2] Darsin, M., Sanata, A., Arianto, A.E. "Pemilihan Nose Radius untuk Mendapatkan Kekasaran Permukaan Minimum pada Pembubutan Batu Marmer", Jurnal Elevasi, F.Teknik Univ. Muhammadiyah Jember; vol 02 no.09 hal 34 -41, Juni 2009.
- [3] Jonoadi, N. Dewanto, J. "Pengaruh Parameter Potong dan Geometri Pahat terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut". Laporan Penelitian. Jurusan Teknik Mesin FTI Universitas Kristen Petra, 1999.
- [4] Kusno, Cahya A.P., dan Darsin, M., "Modelisasi Benda Onyx dan Marmer melalui Penggabungan dan Pemihan Parameter Pengubah Bentuk Permukaan Putar Bezier". Jurnal Ilmu Dasar, FMIPA Universitas Jember Vol.8 No.2 hal.175 – 185, 2007.
- [5] Rochim ,T. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung : Higher Education Development Suport Project dan Lab. Teknik Produksi jurusan Teknik Mesin FTI-ITB, 1993.

