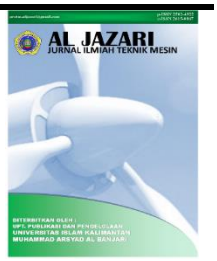
Al Jazari
Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:
https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/index
p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Optimasi Parameter Strategi Pemotongan 2d Contour Cnc Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Kebulatan Dengan Metode Taguchi Dan Anova

Aditya Nugraha[1,a*], FX Ristiawan Tri Saputro[2,b], Arif Kurniawan[3,c]

[1,3] Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta
[2] Program Studi Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta

[a] aditya.nugraha@atmi.ac.id, [b] tri.saputro@atmi.ac.id, [c] arif.20194010@student.atmi.ac.id

Info Artikel
Riwayat Artikel:
Diterima: 12 Maret 2023
Diterima dalam bentuk revisi: 24 Maret 2023
Diteima/publis: 15 April 2023

Abstrak

Perkembangan teknologi mengalami perubahan yang sangat pesat terutama pada sektor industri manufaktur. Penggunakan mesin *milling CNC* menjadi salah satu proses pemesinan dalam industri manufaktur. Penelitian ini melakukan optimasi parameter strategi pemotongan dari *2D Contour* terhadap kekasaran permukaan pada material *mild steel* dan kebulatan pada diameter Ø32 mm. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk mendapatkan kombinasi terbaik dari parameter strategi pemotongan dan metode ANOVA yang berguna untuk mendapatkan seberapa besar pengaruh dari faktor parameter strategi pemotongan. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat ukur *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210 dan metode pengujian kebulatan dengan alat ukur 3-*Point Micrometer* 30-35mm Tesa. Parameter optimal yang diperoleh untuk mendapatkan hasil kekasaran permukaan yang rendah yaitu *depth of cut* 0,5 mm, *feed rate* 0,05 mm/menit dan *spindle speed* 2000 rpm. Variabel yang mempengaruhi hasil kekasaran adalah 91,4% *depth of cut*, *feeding* 5,4%, *spindle speed* 2,3%. Kebulatan dalam penelitian ini memperoleh hasil parameter yang optimal dengan *depth of cut* 0,5 mm, *feed rate* 0,05 mm/menit dan *spindle speed* 2000 rpm. Variabel *depth of cut* berpengaruh sebesar 89,01%, sedangkan *feeding* dan *spindle speed* sebesar 5,35%.

Kata Kunci:
milling CNC, strategi pemotongan, kekasaran permukaan, kebulatan

Abstract

Technological developments are experiencing very rapid changes, especially in the manufacturing industry sector. The use of a CNC milling machine is one of the machining processes in the manufacturing industry. This study optimizes the parameters of the 2D Contour cutting strategy for the surface roughness of soft steel materials and the roundness of Ø32 mm in diameter. This study uses the Taguchi method to get the best combination of parameters of the cutting strategy and the ANOVA method, which helps get how much influence the parameters of the cutting strategy have—testing the surface roughness using the Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210 and the roundness testing method using the 3-Point Micrometer 30-35mm Tesa. The optimal parameters obtained to obtain low surface roughness results are depth of cut 0.5 mm, feed rate 0.05 mm/minute, and spindle speed 2000 rpm. Variables that affect the roughness results are 91.4% depth of cut, 5.4% feeding, and 2.3% spindle speed. Roundness in this study obtained optimal parameter results with a depth of cut of 0.5 mm, a feed rate of 0.05 mm/minute, and a spindle speed of 2000 rpm. The variable depth of cut has an effect of 89.01%, while the feeding and spindle speed is 5.35%.

http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v8i1.10470
@UNISKA 2023. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal
Jurnal Al Jazari is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

PENDAHULUAN

Industri manufaktur didalamnya terdapat proses pengerjaan sebuah produk dengan mesin tertentu. Ada bermacam-macam proses permesinan, salah satunya adalah proses *milling* atau proses pemotongan benda

kerja yang diam dengan meja yang bergerak menuju alat potong yang berputar [1].

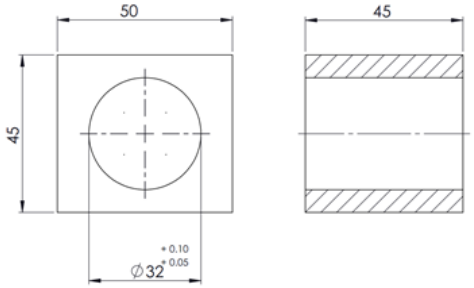
Mesin perkakas CNC mempunyai keunggulan dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi daripada mesin perkakas konvensional, banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin *CNC*.

Computer Aided Manufakturing (*CAM*) merupakan *software* yang mengkonversikan gambar desain menjadi program permesinan untuk produk. Proses produk juga memerlukan pengendalian dan koordinasi yang diperlukan untuk proses fisik, peralatan, dan material [2].Terdapat berbagai macam parameter permesinan (*toolpath strategy)* yang bisa dipilih sesuai kebutuhan gambar kerja. *Post process* dapat merubah dari strategi pemotongan ke bahasa program *(M-code/G-code)* yang selanjutnya benda kerja bisa dikerjakan.

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan parameter pemesinan (*toolpath strategy*) dalam proses *machining* mesin *milling CNC* terhadap material *mild steel* dan mengetahui faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kualitas permukaan dan kebulatan *pocket* diameter dalam sehingga hasil dari pemesinan dapat maksimal. Penelitian dilakukan untuk memberikan analisis pengaruh parameter pemotongan dari strategi pemotongan 2D *Contour* terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan dengan metode Taguchi dan ANOVA [3].

METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah *mild steel*. Dimensi dari spesimen yang digunakan yaitu 50x45x45mm. Spesimen pengujian sudah di *pre-drill* lubang tengah sebesar Ø 21mm seperti pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Gambar Spesimen
Sumber: Koleksi Pribadi

Peralatan yang digunakan adalah mesin *milling CNC merk* MAZAK-Vertical Center Smart 530C, *Insert Tip* dengan *merk* GESAC seri APMT1135PDER-PM. Alat ukur menggunakan *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210 untuk pengujian kekasaran permukaan dan 3-*Point Micrometer* 30-35mm Tesa untuk pengujian kebulatan.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu *depth of cut, feeding,* dan *spindle speed*. Adapun variasi dari setiap parameter yang digunakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Proses Pemesinan

Faktor	Level		
	1	2	3
Depth of cut, (mm)	0.25	0.5	0.75
Feeding, (mm/menit)	0,05	0,15	0,25
Spindle speed, (rpm)	2273	2652	3000

Pengambilan data menggunakan metode Taguchi dengan 3 faktor dan 3 level. Matriks *Orthogonal Array* yang digunakan adalah L9(3^3), sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Desain matriks *orthogonal array* L9(3^3)

Trial No.	Column No.		
	Depth of cut	*Feeding*	Spindle speed
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Proses pengujian dilakukan sebanyak 3 kali replikasi, sehingga untuk strategi pemotongan *2D Contour* diperlukan spesimen *mild steel* sebanyak 27 *pcs.*

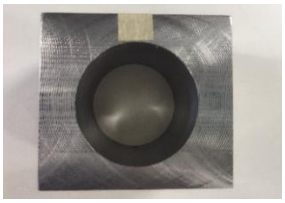
Proses pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat *surface roughness tester Mitutoyo* SJ-210 dengan parameter panjang langkah *detector drive unit* sebesar 20mm. Seperti pada Gambar 2 dibawah ini.



(a) (b) (c)

Gambar 2. *Suface roughness tester* SJ-210; (a) monitor, (b) Detector drive unit, (c) drive unit
Sumber: Koleksi Pribadi

Pengujian dilakukan 3 kali dalam satu spesimen di lubang Ø32mm. Titik pengukuran seperti pada Gambar 3 dibawah ini.



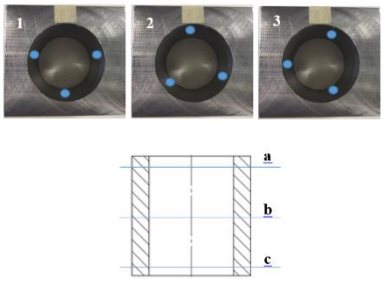
Gambar 3. Posisi pengambilan data kekasaran permukaan
Sumber: Koleksi Pribadi

Proses pengukuran kebulatan menggunakan 3-*Point Micrometer* 30-35mm Tesa pada lubang Ø32mm. Alat ukur seperti pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. 3-*Point Micrometer* 30-35mm Tesa
Sumber: Koleksi Pribadi

Pengambilan data dilakukan di 9 titik pengukuran. Titik (a) dilakukan 3 kali pengukuran, titik (b) dilakukan 3 kali pengukuran dan di titik (c) dilakukan 3 kali pengukuran. Titik pengukuran seperti pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Posisi pengambilan data kebulatan
Sumber: Koleksi Pribadi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan 3 kali pengulangan dengan parameter yang sama. Berikut hasil data pengukuran yang ditunjukan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Data hasil pengukuran kekasaran permukaan

Trial No.	*Control Factor*			Kekasaran Permukaan *RA* 1 *(µm)*	Kekasaran Permukaan *RA* 2 *(µm)*	Kekasaran Permukaan *RA* 3 *(µm)*	Rerata Kekasaran Permukaan *(µm)*
	DOC (mm)	*Feeding* (mm/menit)	*Spindle Speed* (rpm)				
1	0,5	0,05	2000	4,56	3,88	3,84	4,09
2	0,5	0,15	2500	4,78	6,98	5,91	5,89
3	0,5	0,25	3000	6,75	6,21	5,68	6,21
4	1	0,05	2500	8,47	8,36	7,35	8,06
5	1	0,15	3000	10,84	9,48	9,59	9,97
6	1	0,25	2000	8,25	9,55	8,43	8,74
7	1,5	0,05	3000	11,39	15,01	10,05	12,15
8	1,5	0,15	2000	11,58	13,21	12,86	12,55
9	1,5	0,25	2500	15,02	14,4	15	14,81

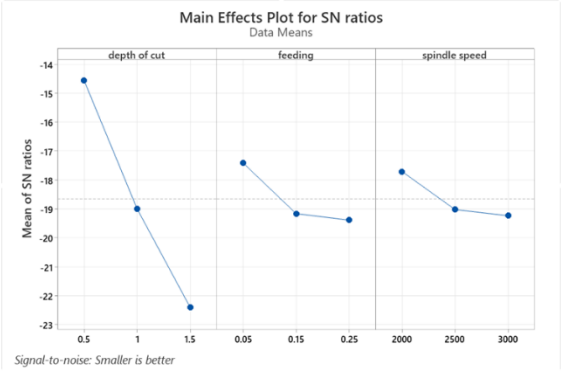
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai kekasaran yang dihasilkan berada pada rentang 4,09-14,81 µm. Nilai kekasaran permukaan paling rendah yaitu 4,09 µm, dimana nilai ini diperoleh pada parameter variasi pertama.

Analisis dengan metode Taguchi dilakukan dengan *S/N Ratio* [4]. Diperoleh data seperti pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. *S/N Ratio* dari kekasaran permukaan

Trial No.	*Control Factor*			Rerata Kekasaran Permukaan RA - *(µm)*	*S/N Ratio*
	DOC (mm)	*Feeding* (mm/menit)	*Spindle Speed* (rpm)		
1	0,5	0,05	2000	4,09	-12,270
2	0,5	0,15	2500	5,89	-15,502
3	0,5	0,25	3000	6,21	-15,888
4	1	0,05	2500	8,06	-18,144
5	1	0,15	3000	9,97	-19,990
6	1	0,25	2000	8,74	-18,852
7	1,5	0,05	3000	12,15	-21,819
8	1,5	0,15	2000	12,55	-21,986
9	1,5	0,25	2500	14,81	-23,411

Tabel 4 menunjukkan nilai *S/N Ratio* untuk kekasaran permukaan masing-masing faktor, yang mana variasi nomer 1 menduduki peringkat 1 yang memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan. Adapun grafik dari *main effects plot for S/N Ratio* masing-masing faktor terhadap nilai kekasaran permukaan dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Grafik *main effects plot S/N Ratios* untuk kekasaran permukaan
Sumber: Koleksi Pribadi

Gambar 6 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap kekasaran permukaan, dimana pada grafik faktor *depth of cut* dapat dilihat bahwa *depth of cut* level 1 yaitu 0,5 mm memberikan efek yang lebih besar dibandingkan *depth of cut* pada level 2 yaitu 1mm dan level 3 yaitu 1,5 mm. Pada grafik *feeding* dan *spindle speed* juga menunjukan hasil yang sama dimana pada level 1 di faktor *feeding* dan *spindle speed* memberikan efek yang lebih besar dibandingan 2 level lainnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa level 1 di faktor *depth of cut, feeding* dan *spindle speed* akan memberikan nilai kekasaran yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan gaya potong yang dihasilkan dengan parameter pada level 1 tiap-tiap faktor lebih sesuai sehingga proses pemotongan akan lebih muda

Dari analisis di atas, Tabel 5 dibawah ini merupakan kombinasi terbaik untuk parameter strategi pemotongan *2D Contour*.

Tabel 5. Kombinasi Terbaik dari Kekasaran Permukaan

Material	Parameter Strategi Pemotongan		
	DOC (mm)	*Feeding* (mm/menit)	*Spindle Speed* (rpm)
MS	0,5mm	0,05 mm / menit	2000 rpm

Tabel 5 menunjukkan faktor dan level yang memberikan nilai kekasaran paling optimal yaitu *depth of cut* 0,5mm, *feeding* sebesar 0,05mm/menit dan *spindle speed* 2000rpm.

Adapun hasil analisis varian atau ANOVA untuk kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Hasil analisis varian (ANOVA) untuk kekasaran permukaan

Faktor	faktor variabel	penjumlahan pangkat	nilai variasi	F	P
depth of cut	2	90,817751	45,40887	95,65779	91,36%
feeding	2	5,389758	2,69487	5,677001	5,42%
spindle speed	2	2,246551	1,12327	2,366278	2,26%
error	2	0,949411	0,47471		0,96%
total	8	99,40346			100,00%

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa faktor *depth of cut* memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan dengan nilai F sebesar 95,65779 dan nilai F sebesar 91,36%. Selanjutnya diikuti oleh faktor *feeding* dengan nilai F sebesar 5,677001 dan nilai P sebesar 5,42%, sedangkan faktor *spindle speed* mendapatkan nilai F sebesar 2,366278 dan nilai P sebesar 2,26%.

Hasil pengujian kebulatan juga menggunakan metode Taguchi dan ANOVA. Data hasil pengujian kebulatan dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Data hasil pengukuran kebulatan

Trial No.	*Control Factor*			Ketidakbulatan Rata-rata 1 (*µm*)	Ketidakbulatan Rata-rata 2 (*µm*)	Ketidakbulatan Rata-rata 3 (*µm*)	Rerata Ketidakbulatan Rata-rata (*µm*)
	DOC	F	RPM				
1	0,5	0,05	2000	5,0	5,0	10,0	6,667
2	0,5	0,15	2500	5,0	10,0	10,0	8,333
3	0,5	0,25	3000	10,0	10,0	15,0	11,667
4	1	0,05	2500	10,0	15,0	20,0	15,000
5	1	0,15	3000	10,0	20,0	25,0	18,333
6	1	0,25	2000	15,0	10,0	25,0	16,667
7	1,5	0,05	3000	20,0	15,0	25,0	20,000
8	1,5	0,15	2000	15,0	15,0	25,0	18,333
9	1,5	0,25	2500	20,0	25,0	20,0	21,667

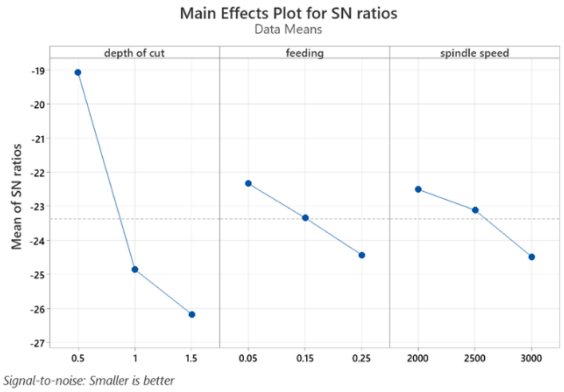
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai kebulatan yang dihasilkan berada pada rentang 6,667-21,667µm. Nilai kebulatan paling rendah yaitu 6,667 µm, dimana nilai ini diperoleh pada parameter variasi pertama.

Analisis dengan metode Taguchi dilakukan dengan *S/N Ratio.* Diperoleh data seperti pada Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. *S/N Ratio* dari kebulatan

Trial No.	*Control Factor*			Rerata Kebulatan (*µm*)	*S/N Ratio*
	DOC (mm)	*Feeding* (mm/menit)	*Spindle Speed* (rpm)		
1	0,5	0,05	2000	6,667	-16,990
2	0,5	0,15	2500	8,333	-18,751
3	0,5	0,25	3000	11,667	-21,513
4	1	0,05	2500	15,000	-23,832
5	1	0,15	3000	18,333	-25,740
6	1	0,25	2000	16,667	-25,006
7	1,5	0,05	3000	20,000	-26,198
8	1,5	0,15	2000	18,333	-25,543
9	1,5	0,25	2500	21,667	-26,767

Tabel 8 menunjukkan nilai *S/N Ratio* untuk kebulatan masing-masing faktor, yang mana variasi nomer 1 menduduki peringkat 1 yang memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai kebulatan. Adapun grafik dari *main effects plot for S/N Ratio* masing-masing faktor terhadap nilai kebulatan dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Grafik *main effects plot S/N Ratios* untuk kebulatan
Sumber: Koleksi Pribadi

Gambar 7 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap kebulatan, dimana pada grafik faktor *depth of cut* dapat dilihat bahwa *depth of cut* level 1 yaitu 0,5mm memberikan efek yang lebih besar dibandingkan *depth of cut* pada level 2 yaitu 1mm dan level 3 yaitu 1,5mm. Pada grafik *feeding* dan *spindle speed* juga menunjukan hasil yang sama dimana pada level 1 di faktor *feeding* dan *spindle speed* memberikan efek yang lebih besar dibandingan 2 level lainnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa level 1 di faktor *depth of cut, feeding* dan *spindle speed* akan memberikan nilai kebulatan yang lebih rendah.

Dari analisis di atas, Tabel 9 dibawah ini merupakan kombinasi terbaik untuk parameter strategi pemotongan *2D Contour*.

Tabel 9. Kombinasi Terbaik dari kebulatan

Material	Parameter Strategi Pemotongan		
	DOC (mm)	*Feeding* (mm/menit)	*Spindle Speed* (rpm)
MS	0,5mm	0,05 mm / menit	2000 rpm

Tabel 9 menunjukkan faktor dan level yang memberikan nilai kebulatan paling optimal yaitu *depth of cut* 0,5mm, *feeding* sebesar 0,05mm/menit dan *spindle speed* 2000rpm.

Adapun hasil analisis varian atau ANOVA untuk kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Hasil analisis varian (ANOVA) untuk kebulatan

Faktor	faktor variabel	penjumlahan pangkat	nilai variasi	F	P
depth of cut	2	195,061728	97,530864	315,99	89,01%
feeding	2	11,728395	5,864198	19	5,35%
spindle speed	2	11,728395	5,864198	19	5,35%
error	2	0,617284	0,308642		0,28%
total	8	219,135802			100,00%

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa faktor *depth of cut* memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan dengan nilai F sebesar 315,99 dan nilai F sebesar 8901%. Selanjutnya diikuti oleh faktor *feeding* dengan nilai F sebesar 19 dan nilai P sebesar 5,35%, sedangkan faktor *spindle speed* mendapatkan nilai F sebesar 19 dan nilai P sebesar 5,35%.

Setelah semua pengujian dilakukan dan didapat parameter dari strategi pemotongan *2D Contour* yang paling optimal, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi dengan parameter tersebut. Berikut hasil dari pengujian validasi.

Tabel 11. Hasil validasi pengujian kekasaran permukaan

Validation No.	*Control Factor*			Kekasaran Permukaan RA 1 *(µm)*	Kekasaran Permukaan RA 2 *(µm)*	Kekasaran Permukaan RA 3 *(µm)*	Rerata Kekasaran Permukaan RA *(µm)*	*S/N Ratio*
	DOC (mm)	*Feeding* (mm/menit)	*Spindle Speed* (rpm)					
1	0,5	0,05	2000	4,41	4,36	4,12	4,30	-12,666

Tabel 12. Hasil validasi pengujian kebulatan

Validation No.	*Control Factor*			Ketidakbulatan Rata-rata 1 *(µm)*	Ketidakbulatan Rata-rata 2 *(µm)*	Ketidakbulatan Rata-rata 3 *(µm)*	Rerata Ketidakbulatan Rata-rata *(µm)*	*S/N Ratio*
	DOC (mm)	*Feeding* (mm/menit)	*Spindle Speed* (rpm)					
1	0,5	0,05	2000	5,0	5,0	10,0	6,667	-16,990

Dari Tabel 11 dan Tabel 12 diatas, hasil dari parameter *depth of cut* 0,5 mm, *feeding* 0,05 mm/menit dan *spindle speed* 2000 rpm, direplikasi sebanyak 3 kali spesimen sehingga menghasilkan rerata kekasaran permukaan sebesar 4,30 µm dan rerata ketidakbulatan sebesar 6,667µm.

KESIMPULAN

1. Parameter pemotongan yang paling sesuai dari strategi pemotongan *2D Contour* terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan dengan *depth of cut* 0,5 mm, *feeding* 0,05 mm/menit dan *spindle speed* 2000 rpm.
2. Parameter yang mempengaruhi hasil kekasaran permukaan adalah 91,4% *depth of cut*, *feeding* hanya 5,4%, *spindle speed* mempengaruhi 2,3%, sedangkan 0,9% adalah faktor *error* yang lainnya. Sedangkan parameter yang mempengaruhi hasil kebulatan adalah 89,01% *depth of cut*, *feeding* hanya 5,35%, *spindle speed* mempengaruhi 5,35%, sedangkan 0,9% adalah faktor *error* yang lainnya.

REFERENSI

N. G. Riyadi, Teori Bengkel, Surakarta, ATMI Solo, (1983).

R.S. Budi, J. Waluyo, & A. Purwanto, Proses Manufaktur End Grip Pada Sepeda Motor Berbantuan CAD, CAM, CNC, (2020).

F. Rachman, B.K. Wiro, T.K. Setiawan, & P. Nurkholies, Penerapan Metode Taguchi Untuk Optimasi Setting Parameter CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material, Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur, Vol. 2 No.2, ISSN(P):2715-3908, ISSN(E):2715-016X, (2020).

G. A. Ibrahim, A. Hamni, R. Rahmadani, Analisis Kekasaran Permukaan Dan Kebulatan Pada Pemesinan Drill Paduan Magnesium Menggunakan Metode Taguchi, P-ISSN : 2502-2040, E-ISSN : 2581-0138, Jurnal Teknik Mesin Vol. 5 No. 1, (2019).