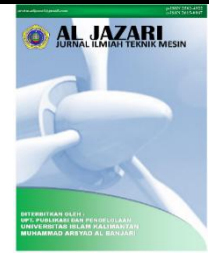




Al Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

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



Optimasi Proses CNC Milling HKI dan CAD CAM pada Produk Plakat Akrilik

Vinsentius Bram Armunanto^a, Yoseph Abrian Wohangara^b, Aditya Nugraha^{c*}

^{a,b,c} Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta

^a bram.amunarto@atmi.ac.id, ^b yoseph.2024ptrtm12@student.atmi.ac, ^{c*} aditya.nugraha@atmi.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 23 Januari 2026

Diterima dalam bentuk revisi: 7

April 2026

Diteima/publis: 22 April 2026

Abstrak

Industri 4.0 yang semakin berkembang, teknologi manufaktur mengalami kemajuan pesat, terutama dalam penggunaan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) dan perangkat lunak CAD CAM (*Computer Aided Design*) (*Computer Aided Manufacturing*). Penelitian ini melakukan optimasi parameter strategi pemotongan 3D Model Area Clearance terhadap waktu pemotongan dan kekasaran permukaan pada material akrilik. 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 pembanding *Rugo Test* dan metode pengecekan waktu pemotongan menggunakan *Stopwatch*. Parameter optimal yang diperoleh untuk mendapatkan hasil kekasaran permukaan yang rendah yaitu *depth of cut* 0,2 mm, *feed rate* 1500 mm/menit dan *cutting speed* 14,13 m/menit. Variabel yang mempengaruhi hasil kekasaran permukaan adalah 3,28% *depth of cut*, 81,09% *feeding*, dan 3,23% *cutting speed*. Waktu pemotongan dalam penelitian memperoleh hasil parameter yang optimal dengan *depth of cut* 0,2 mm, *feed rate* 1500 mm/menit, dan *cutting speed* 14.13 m/menit. Variabel *depth of cut* berpengaruh sebesar 34,39%, *feeding* 56,16% dan *cutting speed* 9,26%

Kata Kunci

CNC Milling, Optimization,
Taguchi, CAD, CAM

Abstract

With the rapid development of Industry 4.0, manufacturing technology has advanced significantly, particularly in the use of CNC (*Computer Numerical Control*) machines and CAD CAM (*Computer Aided Design*) (*Computer Aided Manufacturing*) software. This study optimizes the cutting strategy parameters of the 3D Model Area Clearance to improve cutting time and surface roughness on acrylic material. This study employs the Taguchi method to identify the optimal combination of cutting strategy parameters and the ANOVA method to determine the extent of the influence of these parameters. Surface roughness testing is conducted using a *Rugo Test* comparator, and cutting time measurement is performed using a stopwatch. The optimal parameters obtained for achieving low surface roughness were a depth of cut of 0.2 mm, a feed rate of 1500 mm/min, and a cutting speed of 14.13 m/min. The variables influencing surface roughness were 3.28% depth of cut, 81.09% feed rate, and 3.23% cutting speed. The cutting time in the study obtained optimal parameters with a depth of cut of 0.2 mm, feed rate of 1500 mm/min, and cutting speed of 14.13 m/min. The depth of cut variable had an influence of 34.39%, feed rate 56.16%, and cutting speed 9.26%.

<http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v11i1.22474>



@UNISKA 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

Jurnal Al Jazari is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Teknologi manufaktur didalamnya terdapat proses pengerjaan sebuah produk dengan mesin tertentu. Ada beberapa proses pemesinan, salah satunya adalah proses milling atau proses pemotongan benda kerja yang diam dengan meja yang bergerak menuju alat potong yang berputar (Riyadi, 1983).

Mesin CNC Milling adalah mesin yang dioperasikan menggunakan sistem kontrol komputer untuk proses pemesinan yang akurat sehingga menghasilkan part atau produk yang diinginkan dengan bantuan perangkat lunak, dan mesin yang digunakan memiliki poros spindle utama serta tiga sumbu linear untuk mengontrol pergerakan benda kerja

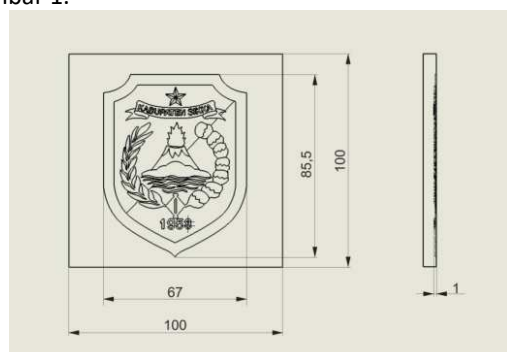
Computer Aided Design (CAD) perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain produk dalam bentuk digital. Desainer dapat menggambar dan merancang objek secara tiga dimensi (3D) atau objek dua dimensi (2D)

Computer Aided Manufacturing (CAM) perangkat lunak yang digunakan untuk mengontrol mesin produksi, seperti CNC, berdasarkan desain yang telah dibuat dengan CAD.

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian adalah bagaimana mengoptimalkan parameter pemesinan (*toolpath strategy*) dalam proses machining mesin milling CNC HKI terhadap produk plakat akrilik dan mengetahui faktor apa saja yang dapat mempengaruhi waktu pemotongan dan kekasaran permukaan sehingga hasil dari pemesinan dapat maksimal. Penelitian dilakukan untuk memberikan analisis pengaruh parameter pemotongan dari strategi pemotongan *3D Model Area Clearance* terhadap waktu pemotongan dan kekasaran permukaan dengan metode Taguchi dan ANOVA

METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada penelitian adalah akrilik. Dimensi dari spesimen yang digunakan yaitu 100x100x6 mm. Spesimen pengujian adalah bentuk dari logo Pemerintahan Kabupaten Sikka seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar Spesimen Satuan dalam mm

Peralatan yang digunakan adalah mesin milling CNC HKI tipe 4025, *End Mill Cutter Carbide* $\varnothing$ 0,5 mm, $\varnothing$ 1 mm dan $\varnothing$ 2 mm, alat ukur pembanding menggunakan *Stopwatch* untuk mengukur waktu pemotongan, alat ukur pembanding *Rugo Test* untuk membandingkan kekasaran permukaan dari plakat akrilik.

Parameter yang digunakan pada penelitian yaitu *depth of cut*, *feeding*, dan *cutting speed* dari setiap parameter yang digunakan seperti Tabel 1 (Putra dkk, 2022).

Tabel 1. Parameter Proses Pemesinan

Faktor	Level		
	1	2	3
<i>Depth of cut</i> (mm)	0,1	0,15	0,2
<i>Feeding</i> (mm/menit)	500	1000	1500
<i>Cutting speed</i> (m/menit)	12,56	14,13	15,7

Pengambilan data menggunakan metode Taguchi dengan 3 faktor dan 3 level. Matriks *Orthogonal Array* yang digunakan adalah $L_9 (3^3)$, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2 (Nugraha dkk, 2023).

Tabel 2. $L_9(33)$ Orthogonal Array

Trial	Column No		
	<i>Depth of cut</i>	<i>Feeding</i>	<i>Cutting speed</i>
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 *3D Model Area Clearance* diperlukan spesimen akrilik sebanyak 27 pcs.

Proses pengukuran waktu pemotongan menggunakan *Stopwatch* dan proses pembandingan kekasaran permukaan menggunakan alat ukur pembanding *Rugo Test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Tabel 3. Desain Kombinasi Parameter Percobaan

Trial No.	Control Factor			Waktu (menit)
	A	B	C	
1	0,1	500	12,56	121,53
2	0,1	1000	14,13	68,35
3	0,1	1500	15,7	54,73
4	0,15	500	14,13	81,15
5	0,15	1000	15,7	39,08
6	0,15	1500	12,56	35,27

7	0,2	500	15,7	64,05
8	0,2	1000	15,7	36,25
9	0,2	1500	14,13	28,08

Dari Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa waktu pemotongan paling rendah yaitu 28,08 menit dimana nilai ini diperoleh pada parameter variasi kesembilan.

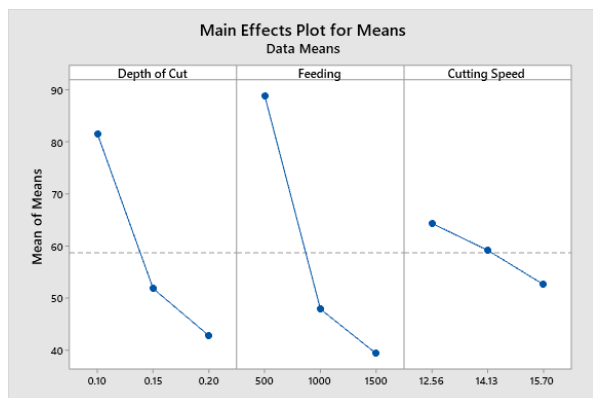
Analisis dengan metode Taguchi dilakukan dengan S/N Ratio. Diperoleh data seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. S/N Ratio dari Waktu Pemotongan

Trial No.	Control Factor			Waktu Pemotongan (menit)	S/N Ratio
	A	B	C		
1	0,1	500	12,56	121,53	-41,693
2	0,1	1000	14,13	68,35	-36,694
3	0,1	1500	15,7	54,73	-34,764
4	0,15	500	14,13	81,15	-38,185
5	0,15	1000	15,7	39,08	-31,839
6	0,15	1500	12,56	35,27	-30,948
7	0,2	500	15,7	64,05	-36,130
8	0,2	1000	15,7	36,25	-31,186
9	0,2	1500	14,13	28,08	-28,967

Tabel 4. Menunjukkan nilai *S/N Ratio* untuk waktu pemotongan masing-masing faktor, yang mana variasi nomor 9 menduduki peringkat 1 yang memberikan pengaruh signifikan terhadap waktu pemotongan.

Grafik dari *main effects plot for S/N Ratio* masing-masing faktor terhadap nilai waktu pemotongan dapat dilihat pada Gambar 2 (Santoso dkk, 2025).



Gambar 2. Grafik *main effects plot S/N Ratio* untuk waktu pemotongan

Gambar 2 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap waktu pemotongan dimana pada grafik faktor *depth of cut* dapat dilihat bahwa *depth of cut* level 3 yaitu 0,2 mm memberikan efek yang lebih besar dibandingkan *depth of cut* level 1 yaitu 0,1 mm dan level 2 yaitu 0,15 mm. Pada grafik *feeding* juga menunjukkan hasil yang sama dimana pada level 3 di faktor *feeding* memberikan efek yang lebih besar dibandingkan 2 level lainnya. Pada grafik *cutting speed* menunjukkan hasil yang sama dimana pada level 3 di faktor *cutting speed* memberikan efek yang lebih besar dibandingkan dengan level

1. Sehingga dapat dikatakan bahwa level 3 di faktor *depth of cut*, *feeding* dan *cutting speed* akan memberikan nilai waktu pemotongan yang lebih rendah.

Tabel 5 merupakan kombinasi terbaik untuk parameter strategi pemotongan 3D Model *Area Clearance*.

Tabel 5. Kombinasi Terbaik dari Waktu Pemotongan

Material	Parameter Strategi Pemotongan		
	DOC (mm)	Feeding (mm/menit)	Cutting Speed (m/Menit)
Akrilik	0,2	1500	14,13

Tabel 5 menunjukkan faktor dan level yang memberikan nilai waktu pemotongan paling optimal yaitu *depth of cut* 0,2 mm, *feeding* 1500 mm/menit dan *cutting speed* 14,13 m/menit.

Hasil analisis varian atau ANOVA untuk waktu pemotongan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis varian (ANOVA) untuk waktu pemotongan

Faktor	Mean Square	F-Ratio	Kontribusi (%)
A (<i>depth of cut</i>)	25,42	3,72	34,39%
B (<i>Feeding</i>)	41,49	6,06	56,16%
C (<i>cutting speed</i>)	0,1405	0,02	0,19%
Error	6,84	1	9,26%
Total			100%

Tabel 6 menunjukkan bahwa faktor *feeding* memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan waktu pemotongan dengan nilai kontribusi sebesar 56,16%, selanjutnya diikuti oleh faktor *depth of cut* dengan nilai kontribusi sebesar 34,39% sedangkan faktor *cutting speed* sebesar 0,19%

Hasil perbandingan kekasaran permukaan juga menggunakan metode Taguchi dan ANOVA. Data hasil perbandingan kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Hasil Perbandingan Kekasaran Permukaan

Trial No.	Control Factor			Kekasaran Permukaan (Ra)
	A	B	C	
1	0.1	500	12,56	3.2 μ m
2	0.1	1000	14,13	3.2 μ m
3	0.1	1500	15,7	0.8 μ m
4	0.15	500	14,13	1.6 μ m
5	0.15	1000	15,7	3.2 μ m
6	0.15	1500	12,56	0.8 μ m
7	0.2	500	15,7	3.2 μ m
8	0.2	1000	12,56	1.6 μ m
9	0.2	1500	14,13	0.8 μ m

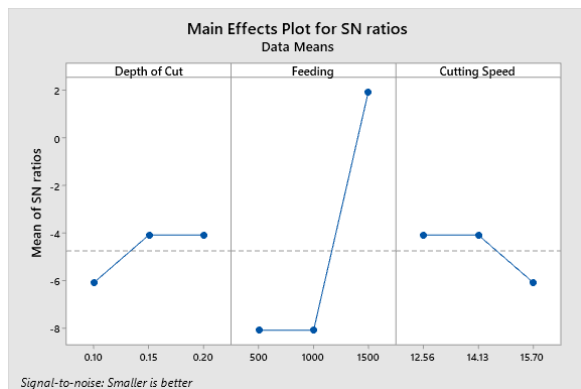
Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan paling rendah yaitu 0,8 μ m, dimana nilai ini diperoleh pada parameter kesembilan.

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

Tabel 8. S/N Ratio dari Kekasaran Permukaan

Trial No.	Control Factor			Kekasaran Permukaan (Ra)	S/N Ratio
	A	B	C		
1	0.1	500	12,56	3.2 μm	-10.103
2	0.1	1000	14,13	3.2 μm	-10.103
3	0.1	1500	15,7	0.8 μm	1.938
4	0.15	500	14,13	1.6 μm	-4.082
5	0.15	1000	15,7	3.2 μm	-10.103
6	0.15	1500	12,56	0.8 μm	1.938
7	0.2	500	15,7	3.2 μm	-10.103
8	0.2	1000	12,56	1.6 μm	-4.082
9	0.2	1500	14,13	0.8 μm	1.938

Tabel 8 menunjukkan nilai S/N Ratio untuk kekasaran permukaan masing-masing faktor, yang mana variasi 9 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 3.



Gambar 3. Main Effect Plot for S/N Ratio untuk Kekasaran Permukaan

Gambar 3 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap kekasaran permukaan dimana pada grafik faktor *depth of cut* level 3 yaitu 0,2 mm memberikan efek besar dibandingkan *depth of cut* level 1 yaitu 0,1 mm dan level 2 yaitu 0,15 mm. Pada grafik *feeding* dan *cutting speed* juga menunjukkan hasil yang sama dimana pada level 3 di faktor *feeding* dan *cutting speed* memberikan efek yang lebih besar dibandingkan 2 level lainnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa level 3 di faktor *depth of cut*, *feeding*, dan *cutting speed* akan memberikan nilai kekasaran yang lebih rendah.

Dari analisis, Tabel 9 merupakan kombinasi terbaik untuk parameter strategi pemotongan *3D Model Area Clearance*

Tabel 9. Kombinasi Terbaik dari Kekasaran Permukaan

Material	Parameter Strategi Pemotongan		
	DOC (mm)	Feeding (mm/menit)	Cutting Speed (m/Menit)
Akrilik	0,2	1500	14,13

Tabel 9 menunjukkan faktor dan level yang memberikan nilai kekasaran permukaan paling optimal yaitu *depth of cut* 0,2 mm, *feeding* 1500 mm/menit dan *cutting speed* 14,13 m/menit.

Hasil analisis varian atau ANOVA untuk kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil analisis varian (ANOVA untuk kekasaran permukaan

Faktor	Mean Square	F-Ratio	Kontribusi (%)
A (<i>depth of cut</i>)	4,0375	0,26	3,23%
B (<i>Feeding</i>)	101,265	6,52	81,09%
C (<i>cutting speed</i>)	4,0375	0,26	3,23%
Error	15,515	1	12,42%
Total			100%

Tabel 10 menunjukkan bahwa faktor *feeding* memberikan pengaruh yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dengan nilai kontribusi sebesar 81,09%, selanjutnya diikuti oleh faktor *depth of cut* dan *cutting speed* dengan nilai kontribusi sebesar 3,23%.

Setelah semua pengujian dilakukan dan didapat parameter dari strategi pemotongan *3D Model Area Clearance* yang paling optimal, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi dengan parameter variasi 9. Hasil dari pengujian validasi bisa dilihat pada Tabel 11 dan 12.

Tabel 11. Hasil validasi pengujian waktu pemotongan

Validatio n No	Parameter Strategi Pemotongan			S/N Ratio
	DOC (mm)	Feeding (mm/menit)	Cutting Speed (m/Menit)	
1	0,2	1500	14,13	-28,967

Tabel 12. Hasil validasi pengujian kekasaran permukaan

Validatio n No	Parameter Strategi Pemotongan			S/N Ratio
	DOC (mm)	Feeding (mm/menit)	Cutting Speed (m/Menit)	
1	0,2	1500	14,13	1.938

Tabel 11 dan Tabel 12 menunjukkan hasil dari parameter *depth of cut* 0,2 mm, *feeding* 1500 mm/menit dan *cutting speed* 14,13 m/menit, direplikasi sebanyak 3 kali spesimen sehingga menghasilkan rerata waktu pemotongan sebesar 28,08 menit dan rerata kekasaran permukaan sebesar 0,8 μm .

KESIMPULAN

1. Parameter pemotongan yang paling sesuai dari strategi pemotongan *3D Model Area Clearance* terhadap waktu pemotongan dan kekasaran permukaan plak akrilik dengan *depth of cut* 0,2 mm, *feeding* 1500mm/menit dan *cutting speed* 14,13 m/menit
2. Parameter yang mempengaruhi waktu pemotongan adalah 34,39% *depth of cut* , 56,16% *feeding*, *cutting*

speed 0,19% sedangkan 9,26% adalah faktor error yang lainnya. Sedangkan parameter yang mempengaruhi hasil kekasaran permukaan adalah 3.28% *depth of cut*, 81.09% *feeding*, 3.23% *cutting speed* sedangkan 12.42% adalah faktor error lainnya

REFERENSI

- Bipinkumar, P. H. (2023). *Tribological Performance Based Machinability Investigations on Ceramic Cutting Tool Material* (Doctoral dissertation, Gujarat Technological University).
- Khalid, A., & Norhafani, N. (2024). Rekayasa Mesin Pembersih Sisik Ikan Untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kebersihan Pada Proses Pengolahan Hasil Perikanan. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(2).
- Novrialdy, Y., & Arwizet, K., (2021). Pengaruh Variasi Feed Rate terhadap Kekasaran Permukaan Polyethylene menggunakan mesin CNC Milling. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 3(2), 25-33
- Nugraha, A., Saputro, F. R. T., (2023). Optimasi Parameter Strategi Pemotongan 2D *Countour* CNC Milling terhadap Kekasaran Permukaan dan Kebulatan dengan Metode Taguchi dan ANOVA. *Al Jazar: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(1)
- Wijaya, D.K., Marcelina, T., & Tjahyono., (2021). Optimasi Proses Cutting Material Akrilik pada CNC Laser G-Weike LC6090 dengan Metode *Simplex Centroid Design* dan Optimasi *Plot Multirespon*. *Jurnal Ilmiah Giga*, 24(1), 23-34.
- Praveen, N., NG, S. K., Prasad, C. D., Soni, H., Prasad, M., TC, & Aden, A. A. (2025). *Effect of CNC turning parameters on MRR, cutting force and surface roughness for ternary shape memory alloys (SMAs). Results in Engineering*, 26, 104876.
- Putra, M. A., Sani, A. A., Ismail, I., & Sampurno, R. D. (2022). Pengaruh Feed Rate dan Deep Of Cut Proses Permesin CNC Router Terhadap Kekasaran Permukaan Akrilik. *Machinery Jurnal Teknologi Terapan*, 3(3), 87-92.
- Riyadi, N.G., (1983). Teori Bengkel, Surakarta, ATMI Solo.
- Santoso, F. P., Nugraha, A., & Hermawan, Y. C. (2025). Optimasi Parameter Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Pada Pipa Bekas Api 5l Sch 40 Untuk Meminimalisir Cacat Pengelasan Serta Deviasi Ketebalan Pada Heat Affected Zone (Haz). *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 10(2).