

OPTIMASI PARAMETER PROSES PEMESINAN CNC TURNING TERHADAP KESILINDRISAN BENDA KERJA DENGAN MODEL PEMBUBUTAN TIRUS DIVERGEN TANPA MENGGUNAKAN TAIL STOCK

Mohammad Anas Fikri¹⁾, Auliana Diah Wilujeng¹⁾,

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Madura, Sampang

ABSTRACT

In the CNC Turning, product may experience deviations in its geometric characteristic. One of the deviations is cylindrical. If the cylindrical tolerances of the engine components are not met, the system will not work properly. Using CNC turning with incorrect parameter settings will result in geometric shapes with low precision and long time in the machining process. This research was conducted to determine the correct CNC turning parameter settings to minimize cylindrical deviations in tapered cutting. The process parameters to be optimized are cutting speed, feed rate, depth of cut, and L/D ratio. Making experimental design using an orthogonal array L_9 (3^4) to various the four parameters each of which has three levels to get a significant effect on cylindrical. The configuration parameters of the machining process that produce optimum cylindrical are cutting speed 120 m/min, feedrate 0,3 mm/rev, depth of cut 0,125 mm, and L/D ratio for 2,67.

Keywords: CNC Turning, Aluminium 6061, Tapered, Orthogonal Array, Cylindrical

1. PENDAHULUAN

Karakteristik geometrik yang ideal (ukuran/dimensi yang teliti, bentuk yang sempurna, posisi yang tepat, dan permukaan yang sangat halus) pada proses CNC *turning* tidak mungkin dapat terpenuhi terutama pada hasil produksi yang mempunyai bentuk dengan tingkat kerumitan yang tinggi. Selama proses pembuatan produk, selalu terdapat faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya penyimpangan yang tidak dapat dihindari, sehingga terjadinya penyimpangan karakteristik geometri kemungkinan besar akan berpengaruh pada karakteristik fungsional seperti: kekuatan dan perkiraan umur. Pada proses pembubutan terdapat beberapa parameter seperti *cutting speed*, *feed rate*, *depth of cut* dan rasio L/D. Semua parameter tersebut langsung maupun tidak langsung memiliki pengaruh pada hasil akhir produk seperti kekasaran permukaan dan juga kesilindrisan pada suatu benda kerja. Kemampuan mencapai kesilindrisan pada suatu produk, merupakan tujuan utama pada proses pembubutan.

Permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah: 1). Bagaimana pengaruh *cutting speed* (V_c), *feed rate* (f), *depth of cut* (a), dan rasio L/D terhadap penyimpangan kesilindrisan benda kerja, 2.) Bagaimana mengetahui panjang maksimum benda kerja dalam proses CNC *turning* dengan mesin CNC Lathe Takamaz GSL-10, tanpa harus menggunakan *tail stock* (kepala lepas), 3). Bagaimana setting kombinasi parameter *cutting speed*, *feed rate*, *depth of cut*, dan rasio L/D yang tepat untuk menghasilkan produk dengan penyimpangan kesilindrisan yang optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah: 1). Mengetahui pengaruh *cutting speed*, *feed rate*, *depth of cut*, dan rasio L/D terhadap kesilindrisan benda kerja, 2). Mengetahui panjang maksimum benda kerja dalam proses CNC *turning* dengan mesin CNC Lathe Takamaz GSL-10, tanpa harus menggunakan *tail stock* (kepala lepas), 3). Memperoleh setting kombinasi parameter *cutting speed* (V_c), *feed rate* (f), *depth of cut* (a), dan rasio L/D yang tepat untuk menghasilkan produk dengan penyimpangan kesilindrisan yang optimal.

Urgensi dari penelitian ini adalah sebagai berikut: 1). Memberikan informasi tentang pengaruh *cutting speed*, *feed rate*, *depth of cut*, dan rasio L/D terhadap kesilindrisan benda kerja, 2). Mendapatkan informasi tentang panjang maksimum benda kerja dalam proses CNC *turning* dengan mesin CNC Lathe Takamaz GSL-10, tanpa harus menggunakan *tail stock* (kepala lepas). 3). Memberikan formulasi model konfigurasi setting parameter *cutting speed* (V_c), *feed rate* (f), *depth of cut* (a), dan rasio L/D yang terbaik sehingga menghasilkan produk dengan kesilindrisan optimum.

Penelitian sebelumnya [1], menganalisa pengaruh panjang maksimum pada pembubutan baja tanpa *tail stock* terhadap kebulatan. Penelitian ini menghasilkan tingkat kebulatan terbaik pada panjang benda kerja 100 mm dengan hasil pengukuran kesilindrisan yang sama rata sebesar 10/100 μm . Taha, N.K., [2] melakukan optimasi CNC turning untuk mendapatkan nilai out of roundness yang rendah. Penelitian ini menghasilkan

¹ Korespondensi penulis: Mohammad Anas Fikri, Telp 081332355523, fikri@poltera.ac.id

seting kombinasi parameter *cutting speed* pada 2000 rpm, *feed rate* 0,11 mm/rev, *depth of cut* 0,12 mm, dan *hardness equal* 90.

Proses bubut merupakan proses pemesinan untuk menghasilkan produk-produk berbentuk silindris yang dikerjakan dengan mesin bubut. Ada beberapa prinsip dasar cara pembubutan, yaitu: 1. Bubut rata, dimana gerakan pahat sejajar dengan arah sumbu putar benda kerja. (2). Bubut permukaan, dimana gerakan pahat tegak lurus dengan arah sumbu putar benda kerja. (3). Bubut tirus, dimana gerakan pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. (4). Bubut kontur, merupakan pembubutan dengan cara memvariasi kedalaman potong sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan [3].

Pembubutan Tirus

Suatu benda kerja dikatakan tirus apabila terdapat perbedaan dimensi pada kedua ujung sisi pada benda yang memiliki bentuk silindris. Pembubutan tirus yaitu proses pembuatan benda kerja berbentuk konis. Pembubutan tirus *divergen* adalah proses pembubutan benda kerja berbentuk konis yang dimulai dari diameter terkecil dahulu kemudian diameter terbesar. sedangkan. Pembubutan tirus *Konvergen* adalah proses pembubutan benda kerja berbentuk konis yang dimulai dari diameter terbesar dahulu kemudian diameter terkecil. [4].

Parameter Pemesinan

Berikut ini adalah tabel kecepatan laju pemakanan berdasarkan material benda kerja dan material pahat: [5]

Tabel 1. *Turning cutting speed*

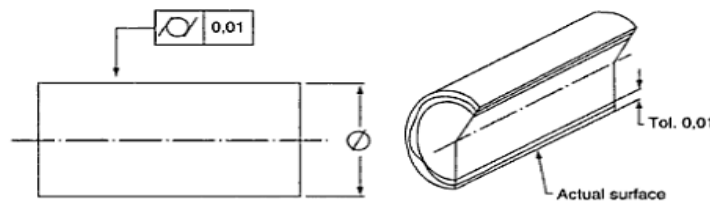
Material	Tool material			
	High-speed steel	Super-high-speed steel	Stellite	Tungsten carbide
Aluminium alloys	70-100	90-120	> 200	> 350
Brass, free cutting	70-100	90-120	170-250	350-500
Bronze	40-70	50-80	70-150	150-250
Grey cast iron	35-50	45-60	60-90	90-120
Copper	35-70	50-90	70-150	100-300
Magnesium alloys	85-135	110-150	85-135	85-135
Monel metal	15-20	18-25	25-45	50-80
Mild steel	35-50	45-60	70-120	—
High tensile steel	5-10	7-12	20-35	—
Stainless steel	10-15	12-18	30-50	—
Thermosetting plastic	35-50	45-60	70-120	100-200

Aluminium

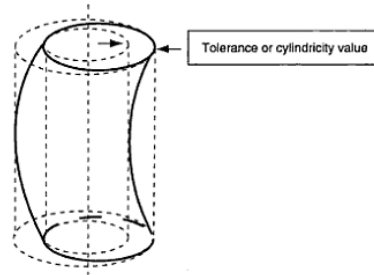
Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Selain untuk peralatan rumah tangga, aluminium dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, bodi mobil, kapal laut, konstruksi dsb. [6].

Kesilindrisan

Nilai kesilindrisan merupakan komponen pengukuran yang berpengaruh pada efisiensi sistem. Kesilindrisan seringkali menjadi kendala dalam pemesinan CNC bubut, terutama pada benda kerja yang cukup panjang dan hanya mampu dicekam sedalam 15-20 mm dari bibir *chuck* tanpa dilengkapi dengan *tail stock*. Untuk mengukur nilai kesilindrisan, dibutuhkan minimal dua penampang kebulatan. Cara terbaik untuk menentukan kesilindrisan suatu komponen yaitu dengan analisis metode zona minimum.



Gambar 1. Representasi Kesilindrisan



Gambar 2. Kesilindrisan

2. METODE PENELITIAN

Memilih Matriks Ortogonal

Matriks standar untuk eksperimen dengan jumlah level 3 adalah: $L_9(3^4)$, $L_{27}(3^{13})$ dan $L_{81}(3^{40})$.

Derajat kebebasan $L_9(3^4) = (\text{banyak faktor}) \times (\text{banyak level} - 1) = 4 \times (3 - 1) = 8$

Analisis Varians (ANOVA)

Langkah-langkah analisis varian adalah:

1. Menghitung Signal to Noise ratio (S/N Ratio)
2. Analisis Varians (anova)
3. Uji hipotesis
4. Pooling Up factor
5. Analisa Persen Kontribusi
6. Prediksi rasio S/N pada kondisi optimum

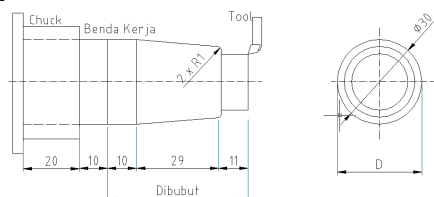
Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat:
 - Mesin CNC turning Takamaz GSL-10
 - Dial Indicator dengan ketelitian 0,01 mm
2. Bahan
 - Material Uji: Aluminium 6061
 - Material pahat: Insert Carbide, nose radius 0,8 mm
3. Alur Penelitian:
 - a. Tahap perencanaan
 - Menentukan respon: kesilindrisan
 - Menentukan faktor dan level setiap faktor.

Tabel 2 Faktor dan level yang dipilih dalam pembubutan

Faktor	Level		
	1	2	3
Cutting Speed (m/min)	90	105	120
Feed Rate (mm/rev)	0.1	0.2	0.3
Depth of Cut (mm)	0.125	0.25	0.375
Rasio L/D	2.67	3	3.33

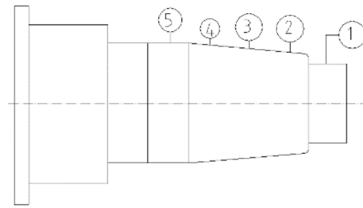
- b. Tahap pelaksanaan
 - Material Al-6061 dipotong dengan ukuran 102 x Ø32 mm
 - Spesimen dibubut muka menjadi 100 x Ø30 mm
 - Spesimen dibubut rata dan tirus dengan parameter yang sudah ditentukan.
 - Spesimen diukur kesilindrisannya.



Gambar 3. Desain pembubutan tirus

c. Pengukuran Kesilindrisan

- Satu penampang dibagi menjadi 5 posisi pengukuran.



Gambar 4. Posisi Pengukuran Kesilindrisan Produk

- Pengukuran dilakukan dengan cara menentukan satu titik referensi untuk satu spesimen.
- Nilai kesilindrisan adalah selisih paling besar dari simpangan yang sudah diukur dalam setiap spesimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah data, analisa dan pembahasan.



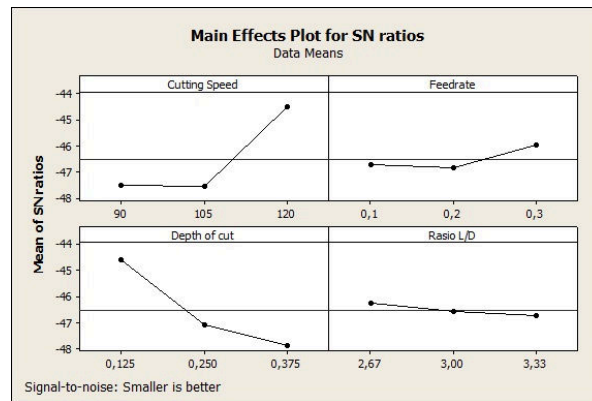
Gambar 5. Benda kerja hasil CNC tirus divergen.

Tabel 3. Data hasil eksperimen

Eksp	Kondisi	Faktor				Replikasi (mm)			Rerata (mm)	Rerata ² (mm)	Rasio S/N
		v	f	a	L/D	I	II	III			
1	v ₁ , f ₁ , a ₁	90	0,1	0,125	2,67	187	220	152	186,333	34720,111	-45,501
2	v ₁ , f ₂ , a ₂	90	0,2	0,25	3,00	249	281	263	264,333	69872,111	-48,454
3	v ₁ , f ₃ , a ₃	90	0,3	0,375	3,33	260	296	243	266,333	70933,444	-48,538
4	v ₂ , f ₁ , a ₂	105	0,1	0,25	3,33	187	320	278	261,667	68469,444	-48,546
5	v ₂ , f ₂ , a ₃	105	0,2	0,375	2,67	312	240	287	279,667	78213,444	-48,982
6	v ₂ , f ₃ , a ₁	105	0,3	0,125	3,00	181	192	167	180,000	32400,000	-45,119
7	v ₃ , f ₁ , a ₃	120	0,1	0,375	3,00	220	179	202	200,333	40133,444	-46,065
8	v ₃ , f ₂ , a ₁	120	0,2	0,125	3,33	140	132	156	142,667	20353,778	-43,108
9	v ₃ , f ₃ , a ₂	120	0,3	0,25	2,67	165	150	173	162,667	26460,444	-44,241

Tabel 4. Respon rasio S/N kesilindrisan dari pengaruh faktor

	V	f	a	L/D
level 1	-47,498	-46,704	-44,576	-46,241
level 2	-47,549	-46,848	-47,080	-46,546
level 3	-44,471	-45,966	-47,862	-46,731
selisih	3,078	0,882	3,286	0,489
ranking	2	3	1	4



Gambar 6. Grafik pengaruh parameter terhadap respon berdasarkan nilai Rasio S/N

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, maka untuk mendapatkan karakteristik kualitas respon dengan target semakin kecil semakin baik (*smaller is better*), kombinasi level-faktor optimum dicapai pada nilai rata-rata rasio S/N level faktor tertinggi dari setiap faktor kombinasi level faktor optimum adalah:

- *Cutting speed* pada level 3, $Cs_2 = 120$ m/menit
- *Feedrate* pada level 3, $f_2 = 0.3$ mm/putaran
- *depth of cut* pada level 1, $a_1 = 0.125$ mm
- Rasio L/D pada level 1, $L/D = 2,67$

Tabel 5. Analisis Varian rasio S/N kesilindrisan

faktor	SS	DF	MS	F	$F_{(0.05;2;4)}$	kesimpulan
V	18,635	2	9,318	22,178	6,94	tolak H_0
f	1,342	2	0,671	3,972	6,94	tolak H_0
a	17,678	2	8,839	21,040	6,94	tolak H_0
L/D	0,366	2	0,183	1,084	6,94	tolak H_0
er	1,680	4	0,420	-	-	-
total	38,361	10	-	-	-	-

Berdasarkan analisis varian, diperoleh hasil sebagai berikut:

Untuk faktor v (*cutting speed*)

Kesimpulan : $F_{hitung} = 22,178 > F_{(0.05;2;4)} = 6.94$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan parameter *cutting speed* terhadap variansi kesilindrisan.

Untuk faktor f (*feedrate*)

Kesimpulan : $F_{hitung} = 3,972 < F_{(0.05;2;4)} = 6.94$; maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh yang cukup signifikan parameter *feedrate* terhadap variansi kesilindrisan.

Untuk faktor a (*depth of cut*)

Kesimpulan : $F_{hitung} = 21,040 > F_{(0.05;2;4)} = 6.94$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan parameter *depth of cut* terhadap variansi kesilindrisan.

Untuk faktor Rasio L/D

Kesimpulan : $F_{hitung} = 1,084 < F_{(0.05;2;4)} = 6.94$; maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh yang cukup signifikan parameter L/D terhadap variansi kesilindrisan

Adapun persen kontribusi dari masing-masing faktor dalam mempengaruhi respon kesilindrisan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Persen Kontribusi masing-masing Faktor

faktor	SS	DF	MS	SS'	$\rho(\%)$
V	18,635	2	9,318	17,795	44,82
f	1,342	2	0,671	3,972	10,00
a	17,678	2	8,839	16,838	42,41
L/D	0,366	2	0,183	1,084	2,73
er	1,680	4	0,420	-	-
total	39,703	12	-	-	-

4. KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen, analisis dan pengolahan data, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Faktor yang memiliki pengaruh paling signifikan adalah *depth of cut* diikuti *cutting speed*. Sedang *feed rate* dan rasio L/D tidak memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kesilindrisan.
- 2) Konfigurasi faktor-level yang menghasilkan kesilindrisan optimum adalah:
 - *Cutting speed* – level 3 = 120 (m/menit)
 - *Feed rate* – level 3 = 0,3 (mm/rev)
 - *Depth of cut* – level 1 = 0,125 (mm)
 - *Rasio L/D* – level 1 = 2,67
- 3) Prediksi nilai rasio S/N konfigurasi faktor-level optimum adalah -42,0015

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyo, Y. A., “Pengaruh Panjang Maksimum yang diijinkan dalam Pembubutan Material Baja JISS S45C Tanpa Menggunakan Alat Bantu Senter Putar (Kepala Lepas) terhadap Kebulatan”, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah, Jember, 2014
- [2] Taha N. K., “Surface Characteristic Optimization for CNC Turning of Different Mechanical Seals”, Proceedings of the PEDAC-9., At Alexandria, Egypt., 2017.
- [3] Sidi P., Wahyudi M.T., , “Aplikasi Metoda *Taguchi* untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut CNC”, Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 4, No. 2, pp. 101-108, 2013.
- [4] Yanis M., “Analisis Profil Kebulatan untuk Menentukan Kesalahan Geometrik pada Pembuatan Komponen Menggunakan Mesin Bubut CNC ”, Jurnal Rekayasa Sriwijaya, Vol. 19, No. 1, pp. 50-58., 2010
- [5] Anggoro W. D., “Pengaruh Cutting Speed dan Rasio L/D terhadap Kesilindrisan Benda Kerja Hasil Finishing pada Proses Pembubutan Tirus Divergen dengan Aluminium 6061”, Jurnal Teknik Produksi, Universitas Brawijaya, Malang, 2013.
- [6] Hamdi E., Arief D. S., Prayitno A., “Pengujian Kebulatan Hasil Pembuatan Poros Aluminium Menggunakan Emco T.U CNC -2A SMKN 2 Pekanbaru dengan Roundness Tester Machine.” *JOM Fteknik*, Volume 2 no 2, Oktober, 2015.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan syukur dan terima kasih kami sampaikan kepada:

1. Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi, BRIN, yang telah memberikan kesempatan yang sangat berharga kepada peneliti untuk berkontribusi kepada bangsa dan negara dalam bidang riset terapan manufaktur.
2. Politeknik Negeri Madura yang telah berkenan memfasilitasi peneliti untuk mengembangkan riset terapan bidang manufaktur di salah satu kampus kebanggaan masyarakat Madura ini.
3. Segenap Panitia SNP2M Politeknik Negeri Ujung Pandang atas kesempatan berharga kepada kami untuk bisa bergabung dan bertukar informasi dalam event Seminar Nasional ini.