

Optimasi Parameter Pemessinan CNC Turning untuk Meminimalkan Deviasi Diameter Collar Menggunakan Metode Taguchi

Tio Suhendri^{1*}, Husman², Yuliyanto³

^{1,2,3}Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin dan Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*Corresponding author: tiosuhendri@gmail.com

Abstract

Diameter deviation in Aluminium 6061 motorcycle front wheel collar components is critical since deviations exceeding ± 0.02 mm may cause loose joints and wheel vibration. This study aims to determine the optimal CNC turning parameters using the Taguchi method. Three parameters were investigated: spindle speed (1300, 1900, 2500 rpm), feed rate (0.10, 0.20, 0.30 mm/rev), and depth of cut (1.50, 2.00, 2.50 mm), arranged in an L9 orthogonal array with three replications on a Mori Seiki SL-25 CNC Turning machine. The Smaller-the-Better characteristic was applied in signal-to-noise ratio and ANOVA. Results revealed depth of cut as the most dominant factor contributing 60.09%, followed by spindle speed 28.08% and feed rate 10.71%. The optimal condition was 2500 rpm, 0.10 mm/rev, and 2.00 mm, yielding a predicted RMS deviation of 0.031 mm within a 95% confidence interval of 0.020–0.049 mm. Confirmation testing produced an RMS of 0.054 mm and a mean absolute deviation of 0.044 mm. None of the nine L9 conditions achieved the ± 0.02 mm tolerance, and the confirmation RMS fell outside the predicted interval, indicating the Taguchi additive model tends to over-estimate. The Taguchi method proved effective in identifying dominant factors and optimal parameter combinations for minimizing Aluminium 6061 collar diameter deviation.

Keywords: Aluminium 6061; ANOVA; CNC turning; diameter deviation; Taguchi method

Abstrak

Deviasi diameter pada komponen *collar* roda depan sepeda motor berbahan Aluminium 6061 merupakan indikator kualitas kritis karena penyimpangan melewati toleransi $\pm 0,02$ mm dapat menyebabkan sambungan longgar dan getaran. Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi optimal parameter CNC turning menggunakan metode Taguchi. Tiga parameter dikaji: putaran spindle (1300, 1900, 2500 rpm), laju pemakanan (0,10; 0,20; 0,30 mm/rev), dan kedalaman potong (1,50; 2,00; 2,50 mm), disusun dalam matriks ortogonal L9 dengan tiga replikasi pada mesin CNC Turning SL-25 Mori Seiki. Karakteristik *Smaller-the-Better* diterapkan pada rasio *signal-to-noise* dan ANOVA. Hasil menunjukkan kedalaman potong sebagai faktor paling dominan (60,09%), diikuti putaran spindle (28,08%) dan laju pemakanan (10,71%). Kondisi optimal pada 2500 rpm, 0,10 mm/rev, dan 2,00 mm menghasilkan prediksi RMS 0,031 mm pada interval keyakinan 95% antara 0,020–0,049 mm. Uji konfirmasi menghasilkan RMS 0,054 mm dan deviasi absolut rata-rata 0,044 mm. Tidak satu pun dari sembilan kondisi L9 mencapai toleransi $\pm 0,02$ mm, dan RMS konfirmasi berada di luar interval prediksi, mengindikasikan model aditif Taguchi cenderung *over-estimate*. Metode Taguchi terbukti efektif mengidentifikasi faktor dominan dan kombinasi parameter optimal untuk meminimalkan deviasi diameter *collar* Aluminium 6061.

Kata kunci: Aluminium 6061; ANOVA; CNC turning; deviasi diameter; metode Taguchi.

1. Pendahuluan

Komponen *collar* roda depan sepeda motor berbentuk silindris dan berfungsi sebagai penopang poros roda sekaligus menjaga posisi bantalan tetap sejajar. Kerusakan pada komponen ini menyebabkan roda bergetar dan tidak stabil, sehingga membahayakan keselamatan pengendara. Akurasi diameter menjadi indikator kualitas paling kritis karena penyimpangan melewati toleransi $\pm 0,02$ mm

dapat menyebabkan sambungan longgar [1]. Toleransi $\pm 0,02$ mm yang menjadi acuan dalam penelitian ini mengacu pada kebutuhan fungsi komponen *collar* sebagai penopang poros roda dan penjaga posisi bantalan, di mana penyimpangan di luar batas tersebut dapat menyebabkan sambungan longgar dan memicu getaran pada roda.

Ketepatan dimensi CNC turning ditentukan oleh tiga parameter utama: putaran spindle, laju pemakanan, dan

DOI: <https://doi.org/10.24127/trb.v15i2.5493>

Received 20 August 2026; Received in revised form 16 September 2026; Accepted 17 September 2026

Available online 23 September 2026



kedalaman potong. Putaran spindel yang tidak sesuai memicu getaran atau panas berlebih yang menyebabkan pemuatan termal. Laju pemakanan terlalu tinggi menghasilkan gaya potong fluktuatif, sedangkan kedalaman potong berlebihan berpotensi menimbulkan defleksi pada sistem pahat-benda kerja yang menggeser dimensi aktual [2]. Material yang digunakan adalah Aluminium 6061, paduan aluminium yang banyak dimanfaatkan pada komponen otomotif karena bobot ringan, ketahanan korosi baik, dan kemampuan mesin (*machinability*) sangat baik. Namun, koefisien muai termalnya relatif besar dibandingkan baja, sehingga rentan terhadap perubahan dimensi akibat panas pemotongan [3].

Metode Taguchi menggunakan matriks ortogonal sebagai kerangka eksperimen terstruktur, memungkinkan penentuan kombinasi parameter optimal dengan jumlah percobaan lebih efisien dibandingkan *full factorial*. Oktavia dkk. [1] menerapkan metode Taguchi L9 pada mesin CNC *Turning* SL-25 Mori Seiki dengan material ST-60 dan melaporkan kedalaman potong memberikan kontribusi terbesar terhadap kebulatan benda kerja (76,06%). Widian dkk. [4] pada mesin dan rentang parameter serupa juga menunjukkan hasil pemesinan yang stabil. Napitupulu dan Perangin Angin [5] pada material Aluminium 6061 melaporkan kedalaman potong berpengaruh signifikan terhadap kualitas permukaan, dan Rifelino dkk. [6] menemukan bahwa laju pemakanan menjadi faktor paling dominan terhadap kekasaran permukaan pada material AISI 1045 dengan kontribusi 53,73%.

Pada material yang sama dengan penelitian ini, Puoza dkk. [7] menerapkan analisis *grey relational* untuk optimasi parameter pemesinan presisi Aluminium 6061 pada komponen otomotif, membuktikan bahwa toleransi dimensi ketat dapat dicapai melalui pemilihan kombinasi parameter yang tepat. Rekomendasi pabrikan pahat *insert carbide* CNMG 120402-HA memberikan rentang kecepatan

potong 100–200 m/menit, laju pemakanan 0,03–0,40 mm/rev, dan kedalaman potong 0,10–5,00 mm untuk material aluminium.

Penelusuran pustaka menunjukkan penelitian tentang *dimensional accuracy* pada *turning* Al6061 masih didominasi respons kekasaran permukaan dan kebulatan, sementara studi yang secara spesifik menyasar deviasi diameter dengan toleransi ketat masih terbatas [7]. Kebaruan penelitian ini: (1) objek berupa *collar* roda depan sepeda motor yang memiliki fungsi keselamatan langsung, (2) respons kualitas berupa deviasi diameter dengan toleransi sangat ketat, dan (3) material Aluminium 6061-T6 dengan koefisien muai termal relatif besar. Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi parameter optimal untuk meminimalkan deviasi diameter *collar* Aluminium 6061, sekaligus mengidentifikasi faktor dominan. Penelitian ini tidak mengklaim kondisi optimal memenuhi toleransi $\pm 0,02$ mm secara konsisten.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Peralatan Penelitian

Benda uji berupa batang bulat Aluminium 6061-T6 berdiameter Ø25 mm panjang 2000 mm, dipotong menjadi 30 spesimen berukuran 60 mm (27 untuk eksperimen utama dan 3 untuk uji konfirmasi) menggunakan mesin gergaji DOALL Model C-916. Proses pemesinan dilaksanakan pada mesin CNC *Turning* SL-25 Mori Seiki (35–3500 rpm) dengan *tool holder* standar bawaan mesin dan program CNC berbasis kode G dan M [8]. Pahat yang digunakan adalah *insert carbide* CNMG 120402-HA (merek KOESTR) dengan *chip breaker* HA untuk material *non-ferrous* guna mencegah *built-up edge*. Setiap ujung mata potong digunakan untuk satu spesimen, sehingga 30 spesimen memerlukan 8 *insert* (4 ujung per *insert*) [9]. Pendingin dari sistem bawaan mesin dialirkan kontinu. Pengukuran menggunakan mikrometer luar ketelitian 0,001 mm yang telah dikalibrasi.

2.2 Rancangan Eksperimen

Tiga parameter pemesinan yang diuji beserta levelnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan level parameter pemesinan

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3	Satuan
Putaran spindel	1300	1900	2500	rpm
Laju pemakanan	0,10	0,20	0,30	mm/rev
Kedalaman potong	1,50	2,00	2,50	mm

Rancangan eksperimen disusun menggunakan matriks ortogonal L9(3³) melalui perangkat lunak Minitab, dengan diameter nominal target sebesar 20 mm dan toleransi kritis $\pm 0,02$ mm. Pendekatan matriks ortogonal L9 telah banyak

diterapkan pada optimasi parameter CNC *turning* di lingkungan laboratorium yang sama, termasuk untuk memaksimalkan laju pembuangan material (*material removal rate*) [10]. Setiap kombinasi direplikasi tiga kali sehingga diperoleh 27 spesimen. Karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Smaller-the-Better* (STB).

Kedalaman potong yang diuji merupakan kedalaman potong *finishing*. Proses *roughing* dilakukan dengan siklus G71 hingga diameter tertentu, kemudian *finishing* dengan G70 ke diameter nominal Ø20 mm dalam satu lintasan (Tabel 2) Program CNC disusun secara berbeda untuk setiap level kedalaman potong, dengan nilai *finishing allowance* pada siklus G71 disesuaikan dengan kedalaman potong *finishing* yang diuji. *Cutting speed* aktual disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Rincian kedalaman potong *finishing* dan diameter setelah *roughing*

Level	DOC <i>Finishing</i> (mm)	Diameter setelah <i>Roughing</i> (mm)	Diameter Akhir (mm)	Jumlah Lintasan <i>Finishing</i>
1	1,50	21,5	20	1
2	2,00	22,0	20	1
3	2,50	22,5	20	1

Tabel 3. *Cutting speed* aktual untuk setiap level putaran spindel

Level RPM	Diameter Awal (mm)	Diameter Akhir (mm)	<i>Cutting Speed</i> (m/min)
1300	25	20	81,7 – 102,1
1900	25	20	119,4 – 149,2
2500	25	20	157,1 – 196,3

2.3 Prosedur dan Analisis Data

Setiap spesimen dicekam pada *chuck* dengan panjang pencekaman ± 20 mm dan panjang bebas ± 40 mm. Program CNC dijalankan berurutan dari eksperimen 1 hingga 9 sesuai matriks L9. Urutan berurutan ini dipilih untuk memudahkan pelacakan, namun berpotensi menimbulkan pengaruh keausan pahat dan *thermal drift* seiring bertambahnya nomor eksperimen, yang diakui sebagai keterbatasan. Setelah pemesinan, diameter luar aktual diukur pada tiga titik aksial (depan, tengah, belakang) menggunakan mikrometer luar. Spesimen didiamkan ± 7 hari sebelum pengukuran

untuk memastikan tidak ada pengaruh panas sisa. Respons per spesimen dihitung sebagai rata-rata dari $|\text{Diameter aktual} - 20|$ pada tiga titik. Pengukuran hanya dilakukan pada satu orientasi sudut, sehingga kemungkinan *ovality* tidak terdeteksi; hal ini diakui sebagai keterbatasan.

$$\text{Deviasi} = \frac{|\text{Diameter aktual} - \text{Diameter nominal}|}{\text{Diameter nominal}} \quad (1)$$

Selain deviasi absolut, *signed error* juga dihitung untuk mengetahui kecenderungan *oversize* atau *undersize*. Hasil menunjukkan dari 27 spesimen, 8 spesimen (29,6%) mengalami *oversize* dan 19 spesimen (70,4%) mengalami *undersize*.

Kecenderungan *undersize* ini mengindikasikan proses pemesinan pada rentang parameter yang diuji cenderung menghasilkan dimensi di bawah diameter nominal. Data deviasi diolah menggunakan pendekatan Taguchi melalui tiga tahap. Tahap pertama adalah perhitungan rasio *signal-to-noise* (S/N) dengan karakteristik *Smaller-the-Better* menggunakan persamaan (2), dengan $n = 3$ dan y_i adalah deviasi pada replikasi ke- i .

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2)$$

Tahap kedua adalah penyusunan tabel respons rasio S/N dan perhitungan nilai delta untuk menentukan peringkat pengaruh faktor [11]. Tahap ketiga adalah ANOVA terhadap nilai rasio S/N untuk mengidentifikasi faktor signifikan dan menghitung kontribusi masing-masing faktor [12]. ANOVA dilakukan terhadap 9 nilai rasio S/N sesuai prosedur standar Taguchi, sehingga $df \text{ error} = 2$ tergolong sangat kecil dan inferensi signifikansi perlu ditafsirkan dengan hati-hati. Model aditif Taguchi mengasumsikan efek utama dapat dijumlahkan dan tidak memodelkan interaksi antarfaktor; dengan demikian *interaction effects* tidak dievaluasi.

Level optimal ditentukan dari nilai rasio S/N rata-rata tertinggi, dan nilai prediksi

S/N dihitung menggunakan model aditif Taguchi pada persamaan (3), dengan $\bar{\eta}$ adalah rata-rata seluruh nilai S/N (21,667 dB).

$$\eta_{\text{pred}} = \bar{\eta} + (A_{\text{opt}} - \bar{\eta}) + (B_{\text{opt}} - \bar{\eta}) + (C_{\text{opt}} - \bar{\eta}) \quad (3)$$

Perlu dicatat bahwa konversi rasio S/N ke deviasi menghasilkan nilai RMS (*root mean square*), yang merupakan konsekuensi matematis dari karakteristik STB, bukan *mean absolute deviation*. Validasi model dilakukan melalui uji konfirmasi dengan tiga spesimen baru pada kondisi optimal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deviasi Diameter dan Rasio Signal-to-Noise

Pengukuran terhadap 27 spesimen menghasilkan deviasi diameter rata-rata sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Kombinasi dengan deviasi terkecil adalah eksperimen ke-9 (2500 rpm, 0,30 mm/rev, 2,00 mm) dengan nilai 0,032 mm, sedangkan deviasi terbesar pada eksperimen ke-3 (1300 rpm; 0,30 mm/rev; 2,50 mm) dengan nilai 0,178 mm. Perlu dinyatakan secara eksplisit bahwa tidak satu pun dari sembilan kondisi L9 yang mencapai toleransi $\pm 0,02$ mm berdasarkan rata-rata deviasi.

Tabel 4. Matriks ortogonal L9, rata-rata deviasi diameter, dan rasio S/N

No.	Putaran spindel (rpm)	Laju pemakanan (mm/rev)	Kedalaman potong (mm)	Deviasi rata-rata (mm)	Rasio S/N (dB)
1	1300	0,10	1,50	0,071	22,851
2	1300	0,20	2,00	0,092	20,396
3	1300	0,30	2,50	0,178	14,911
4	1900	0,10	2,00	0,045	25,766
5	1900	0,20	2,50	0,150	14,522
6	1900	0,30	1,50	0,066	21,639
7	2500	0,10	2,50	0,068	21,258
8	2500	0,20	1,50	0,052	24,232
9	2500	0,30	2,00	0,032	29,422

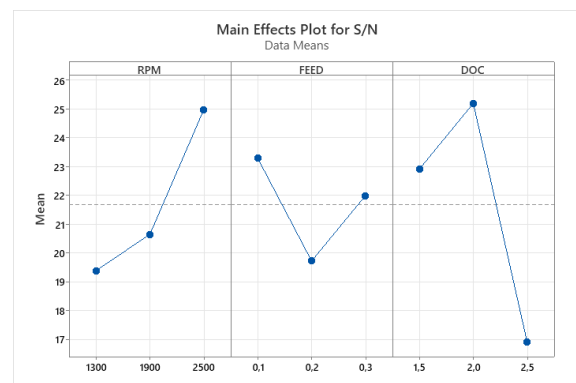
3.2 Tabel Respons dan Faktor Dominan

Rata-rata rasio S/N pada setiap level faktor disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel respons rasio S/N terhadap deviasi diameter

Faktor	Level 1 (dB)	Level 2 (dB)	Level 3 (dB)	Delta	Peringkat
Putaran spindel	19,386	20,642	24,971	5,585	2
Laju pemakanan	23,292	19,717	21,991	3,575	3
Kedalaman potong	22,907	25,195	16,897	8,298	1

Kedalaman potong memiliki delta terbesar (8,298), diikuti putaran spindel (5,585) dan laju pemakanan (3,575), sehingga kedalaman potong paling dominan. Rasio S/N meningkat konsisten seiring naiknya putaran spindel, dengan nilai tertinggi pada 2500 rpm. Pada laju pemakanan, pola bersifat tidak linier dengan nilai tertinggi pada 0,10 mm/rev. Pada kedalaman potong, rasio S/N meningkat dari 1,50 mm ke 2,00 mm, kemudian menurun tajam pada 2,50 mm (Gambar 1).



Gambar 1. Grafik pengaruh utama (*main effects plot*) rasio S/N terhadap deviasi diameter

3.3 Analisis Varians (ANOVA)

Hasil ANOVA terhadap rasio S/N disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis varians (ANOVA) untuk rasio S/N

Sumber Variasi	df	SS	MS	F	P	Kontribusi (%)
Putaran spindel	2	51,505	25,753	25,15	0,038	28,08
Laju pemakanan	2	19,640	9,820	9,59	0,094	10,71
Kedalaman potong	2	110,211	55,105	53,81	0,018	60,09
Galat (error)	2	2,048	1,024	—	—	1,12
Total	8	183,404	—	—	—	100

Dengan $df_1 = 2$ dan $df_2 = 2$, nilai F-tabel pada $\alpha = 0,05$ adalah 19,00. Nilai F-hitung kedalaman potong (53,81) dan putaran spindel (25,15) melampaui nilai F-tabel, sehingga kedua faktor tersebut

menunjukkan pengaruh signifikan pada model yang digunakan ($P = 0,018$ dan $0,038$). Sebaliknya, laju pemakanan ($F = 9,59$; $P = 0,094$) tidak signifikan secara statistik, meskipun berkontribusi 10,71%.

Nilai galat 1,12% mengindikasikan ketiga parameter telah mewakili sebagian besar sumber variasi. Namun, $df_{error} = 2$ tergolong sangat kecil, sehingga hasil uji F perlu diinterpretasi dengan hati-hati. Nilai galat rendah tidak dapat langsung disimpulkan sebagai kemampuan model menjelaskan 98,88% variasi proses.

3.4 Kondisi Optimal dan Prediksi Deviasi Diameter

Kondisi optimal berdasarkan rasio S/N tertinggi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kondisi parameter optimal hasil metode Taguchi

Parameter	Level optimal	Nilai optimal	S/N (dB)
Putaran spindel	3	2500 rpm	24,971
Laju pemakanan	1	0,10 mm/rev	23,291
Kedalaman potong	2	2,00 mm	25,195

Kombinasi ini tidak terdapat pada sembilan kombinasi matriks L9, sehingga diperlukan prediksi menggunakan model aditif Taguchi. Perhitungan menghasilkan prediksi S/N 30,123 dB, dikonversi menjadi prediksi RMS 0,031 mm. Interval keyakinan 95% dengan $F_{0,05}(1,2) = 18,51$ menghasilkan rentang S/N 26,284–33,964 dB, setara dengan RMS 0,020–0,049 mm.

Pendekatan permukaan respons (*Response Surface Methodology*) yang pernah diterapkan pada optimasi kekasaran permukaan baja tahan karat [13] merupakan salah satu metode alternatif terhadap model aditif Taguchi yang digunakan pada penelitian ini, terutama apabila interaksi

antarfaktor perlu dimodelkan secara lebih eksplisit.

3.5 Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi dilakukan dengan memproses tiga spesimen baru pada kondisi parameter optimal (putaran spindel 2500 rpm, laju pemakanan 0,10 mm/rev, kedalaman potong 2,00 mm) untuk memverifikasi keakuratan model prediksi, mengikuti prosedur validasi yang juga diterapkan pada optimasi parameter pemesinan berbasis Taguchi terhadap keausan pahat pada material Aluminium 6061 [14]. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji konfirmasi pada kondisi parameter optimal

Replikasi	Titik 1 (mm)	Titik 2 (mm)	Titik 3 (mm)	Deviasi rata-rata (mm)
1	19,908	19,915	19,919	0,086
2	19,982	19,990	19,990	0,013
3	19,962	19,965	19,970	0,034

Rata-rata deviasi absolut dari ketiga replikasi adalah 0,044 mm dengan S/N 25,365 dB. Nilai RMS yang setara dari S/N tersebut adalah 0,054 mm, berada di luar batas atas interval keyakinan 95% (0,049

mm). Nilai S/N konfirmasi (25,365 dB) juga berada di luar rentang CI S/N (26,284–33,964 dB). Dengan demikian, model aditif Taguchi cenderung *over-estimate* dan hasil uji konfirmasi tidak sepenuhnya sesuai

dengan prediksi. Beberapa faktor yang tidak dimodelkan secara eksplisit diduga turut memengaruhi, antara lain keausan pahat, variasi kondisi material, dan faktor lingkungan.

Dari ketiga replikasi, replikasi kedua menghasilkan deviasi terkecil (0,013 mm, di bawah toleransi $\pm 0,02$ mm), sedangkan replikasi pertama terbesar (0,086 mm), menunjukkan proses pemesinan pada kondisi optimal belum sepenuhnya stabil. Kondisi optimal yang diperoleh berhasil memberikan deviasi terkecil dalam rentang parameter yang diuji, namun belum memenuhi toleransi $\pm 0,02$ mm secara konsisten.

3.6 Pembahasan

Peningkatan putaran spindel konsisten meningkatkan rasio S/N, berarti menurunkan deviasi diameter. Berdasarkan literatur, putaran rendah memperpanjang waktu kontak pahat-benda kerja sehingga panas gesekan berpotensi menyebar dan menimbulkan pemuaian termal; sebaliknya pada putaran tinggi, waktu kontak singkat membuat panas terkonsentrasi di zona pemotongan. Penelitian ini tidak mengukur temperatur secara langsung, sehingga penjelasan tersebut bersifat interpretatif dan didukung referensi [5], [11].

Pengaruh laju pemakanan bersifat tidak linier, dengan rasio S/N tertinggi pada level terendah (0,10 mm/rev). Pada laju rendah, gaya potong kecil menekan defleksi dan getaran pahat; pada laju tinggi, gaya potong lebih besar diimbangi waktu kontak singkat. Level menengah (0,20 mm/rev) mengalami kombinasi kurang menguntungkan. Pola serupa dilaporkan Verdian dan Oktriadi [15] pada material baja AISI 1045.

Kedalaman potong memiliki hubungan Kedalaman potong berhubungan erat dengan gaya radial. Penurunan tajam rasio S/N dari 2,00 mm ke 2,50 mm diduga disebabkan peningkatan gaya radial yang berpotensi melampaui batas kekakuan sistem pahat-benda kerja, sehingga dapat menyebabkan defleksi yang menggeser posisi pahat. Karena penelitian ini tidak

mengukur gaya potong maupun defleksi secara langsung, penjelasan tersebut bersifat interpretatif dan didukung literatur [16].

Dominasi kedalaman potong sejalan dengan Oktavia dkk. [1], yang melaporkan kedalaman potong dominan terhadap kebulatan (76,06%). Namun, faktor dominan bergantung pada material dan respons kualitas. Rifelino dkk. [6] dan Cahyo dkk. [17] melaporkan laju pemakanan dominan terhadap kekasaran permukaan AISI 1045, sedangkan Yongki dkk. [18] pada AISI 1040. Sebaliknya, kedalaman potong kembali dilaporkan dominan pada pembubutan baja ST 42 [19] dan pada laju pembuangan material (MRR) baja ST 37 [20]. Pada proses CNC *milling* material Aluminium 6061, Kasim dkk. [21] melaporkan parameter pemesinan menentukan kualitas permukaan. Perbedaan ini menegaskan generalisasi hasil optimasi antar material dan respons kualitas perlu dilakukan hati-hati.

Dari sisi praktis, kondisi optimal (2500 rpm, 0,10 mm/rev, 2,00 mm) berada dalam batas kemampuan mesin CNC *Turning* SL-25 Mori Seiki sehingga tidak memerlukan investasi tambahan. Namun, penelitian ini tidak mengukur *cycle time* atau MRR, sehingga klaim produktivitas tidak dapat diverifikasi. Mengingat kedalaman potong paling berpengaruh, pengendalian kekakuan pencekaman benda kerja dan kestabilan kedalaman potong perlu menjadi prioritas operator.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Taguchi efektif digunakan untuk menentukan kombinasi parameter pemesinan CNC *turning* yang optimal dalam meminimalkan deviasi diameter komponen *collar* Aluminium 6061. Kombinasi parameter optimal diperoleh pada putaran spindel 2500 rpm, laju pemakanan 0,10 mm/rev, dan kedalaman potong 2,00 mm, dengan prediksi RMS 0,031 mm pada rentang keyakinan 95% antara 0,020 mm dan 0,049 mm. Uji konfirmasi menghasilkan RMS 0,054 mm

dan deviasi absolut rata-rata 0,044 mm. Tidak satu pun dari sembilan kondisi L9 yang mencapai toleransi $\pm 0,02$ mm, dan RMS konfirmasi berada di luar interval keyakinan prediksi, mengindikasikan bahwa model aditif Taguchi cenderung *over-estimate*. Dengan demikian, kondisi optimal yang diperoleh berhasil memberikan deviasi terkecil dalam rentang parameter yang diuji, namun belum mampu memenuhi toleransi $\pm 0,02$ mm secara konsisten. Kedalaman potong menunjukkan pengaruh signifikan pada model yang digunakan dengan kontribusi 60,09%, diikuti putaran spindel 28,08% dan laju pemakanan 10,71%. Penelitian lanjutan disarankan menambah replikasi pada uji konfirmasi, melakukan pengukuran gaya potong dan temperatur secara langsung, serta mempertimbangkan parameter tambahan seperti jenis pahat dan sudut potong.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas fasilitas laboratorium, kepada Bapak Husman, S.S.T., M.T. dan Bapak Yuliyanto, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, kepada Bapak Achmad Afriadi, S.S.T. dan Bapak Sutrisno selaku PLP/Teknisi Mesin CNC, serta kepada teman-teman dan keluarga atas doa, dukungan, dan motivasi selama penelitian.

Referensi

- [1] D. Oktavia, Y. Oktriadi, dan E. Mayang Sari, "Analisis Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Kebulatan Benda Kerja Pada Mesin CNC Turning SL-25 MORI Seiki dengan Metode Taguchi," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 71–78, 2024.
- [2] A. Fauzi dan W. Sumbodo, "Pengaruh Parameter Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan ST 40 pada Mesin Bubut CNC," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 46–57, 2021. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v6i1.38114>
- [3] D. I. Tsamroh dan M. R. Fauzy, "Peningkatan Sifat Mekanik AL6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 8–13, 2022. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i1.1217>
- [4] A. Widian, Y. Oktriadi, dan Subkhan, "Analisis Kinerja Mesin CNC Turning SL 25 Mori Seiki Ditinjau dari Nilai Kebulatan Benda Kerja di Bengkel Mekanik Polman Babel," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023. <https://doi.org/10.33504/jitt.v1i1.21>
- [5] R. A. M. Napitupulu dan S. E. A. Perangin Angin, "Pengaruh Parameter Pemmesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Al6061BE Pada Pemmesinan CNC Mini 500 Watt Menggunakan Pahat Karbida Straight Endmill," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 3, pp. 1789–1797, 2024. <https://doi.org/10.21776/jrm.v15i3.1812>
- [6] R. Rifelino, B. Rahim, dan E. Indrawan, "Optimization of CNC Turning Parameters Using Taguchi Method," *Teknomekanik*, vol. 4, no. 1, pp. 42–48, 2021. <https://doi.org/10.24036/teknomekanik.v4i1.11072>
- [7] J. C. Puoja, T. Zhang, F. Uba, Y. Kuusana, dan A. Ibrahim, "Experimental Optimization of High-precision Turning Parameters of AL6061 Materials for Automotive Industry Based on Grey Relational Analysis," *International Journal of Automotive and Mechanical*

- Engineering, vol. 20, no. 4, pp. 10878–10893, 2023.
<https://doi.org/10.15282/ijame.20.4.2023.06.0841>
- [8] Y. Oktriadi, CTS 1 CNC Training System, Modul Praktikum. Sungailiat: Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2023
- [9] A. Jannuar, B. Syahri, dan Z. Abadi, "Analysis Variance of Lathe Machining Parameters on the Quality of the Workpiece Surface and Characteristics of Chipped Chip," Jurnal Vokasi Mekanika, vol. 4, no. 4, pp. 117–123, 2022.
<https://doi.org/10.24036/vomek.v4i4.447>
- [10] A. Gilbran, Y. Oktriadi, dan E. Yudo, "Analisis Pengaruh Parameter Terhadap MRR Pada Benda Kerja di Mesin CNC Turning dengan Metode Taguchi," Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, vol. 2, no. 1, pp. 79–85, 2024.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.134>
- [11] M. R. A. Priatama, Y. Oktriadi, dan Zulfitriyanto, "Analisis Kekasaran Permukaan Pada Pengaruh Kecepatan Spindel Dan Feeding Terhadap Material Baja AISI 1045 Pada Mesin Bubut CNC," Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, vol. 1, no. 1, pp. 231–237, 2023.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v1i1.23>
- [12] O. E. S. Riyanto, M. I. N. Sasongko, S. Karim, J. Maulana, D. I. Tsamroh, dan S. N. K. Andrianto, "Optimasi Parameter *Dry Machining* CNC Material Bakelite Dengan Menggunakan Metode Taguchi," Ring Mechanical Engineering, vol. 5, no. 1, pp. 22–35, 2024.
<https://doi.org/10.33474/rme.v5i1.23600>
- [13] T. Aiwa, Husman, dan Z. Kurniawan, "Optimization of Surface Roughness in CNC Turning of SS 304 Stainless Steel Using Response Surface Methodology," Jurnal Rekayasa Mesin, vol. 20, no. 3, pp. 393–401, 2025.
<https://doi.org/10.32497/jrm.v20i3.7169>
- [14] R. Napitupulu, S. Perangin Angin, dan H. V. Sihombing, "The Effect of Machining Parameters of Water Surface Tool Wear 6061BE on 500 Watt Mini CNC Machining Using Taguchi Method," Jurnal Dinamis, vol. 12, no. 2, pp. 64–71, 2024.
<https://doi.org/10.32734/dinamis.v12i2.18697>
- [15] M. Verdian dan Y. Oktriadi, "Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Terhadap Pemakanan Kering dan Basah Terhadap Material Baja AISI 1045 Pada Proses Pemesinan CNC Bubut," Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, vol. 1, no. 2, pp. 294–300, 2023.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v1i2.25>
- [16] M. I. S. Sutaji dan Subagiyo, "Evaluation of Geometric Parameter Variations in GMAW Weld Joints on SPA-H Steel: A Statistical and Practical Perspective," Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, vol. 15, no. 1, pp. 49–62, 2026.
<https://doi.org/10.24127/trb.v15i1.4196>
- [17] R. D. Cahyo, M. Subhan, dan I. R. Pratiwi, "Analisis Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 pada Proses Pemesinan Bubut CNC dengan Metode Taguchi," Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, vol. 1, no. 1, pp. 42–48, 2021

- [18] Yongki, M. Subhan, I. R. Pratiwi, dan I. A. Wahyudie, "Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 1040 Pada Proses Pemesinan CNC Bubut Menggunakan Metode Taguchi," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 2, pp. 306–311, 2023.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v1i2.15>
- [19] H. Rhomadan, R. Napitupulu, dan T. Mesin dan Manufaktur, "Analisis Kekasaran Permukaan pada Proses CNC Turning Material Baja ST 42 Menggunakan Metode Taguchi," *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 191–197, 2021.
- [20] N. R. Syahputra, Y. Oktriadi, dan Y. Dharta, "Pengaruh Parameter Pemesinan CNC Bubut Terhadap MRR dan Kekasaran Permukaan Material ST 37 Menggunakan Metode Taguchi," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 101–110, 2026.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v4i1.404>
- [21] B. Kasim, A. Yunus, dan A. Harmin, "Analisis Kualitas Permukaan Benda Kerja Al-6061 Hasil Pemesinan dengan Mesin CNC Milling," *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2024.