

## Analisis Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Kebulatan Benda Kerja Pada Mesin CNC Turning SL-25 MORI Seiki dengan Metode Taguchi

**Davina Oktavia<sup>1</sup>, Yudi Oktriadi<sup>1\*</sup>, Elisa Mayang Sari<sup>1</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : yudioktriadi@gmail.com

Received : 30 Januari 2024; Received in revised form : 6 Februari 2024;

Accepted : 6 Februari 2024

### Abstract

*In handle machining, generation is something that must be prioritized. Roundness is one of the geometric shapes that's taken under consideration within the comes about of the turning generation handle. The right utilize of machining parameters in arrange to make strides common quality is anticipated to optimize the comes about of the machining prepare. A few controlled parameters are carried out that are the axle speed, bolster speed and cutting profundity with three levels within the turning handle of ST-60 steel fabric. At that point the roundness of the turning comes about was measured and a fluctuation investigation of the flag to clamor proportion was carried out in agreement with Taguchi's proposed plan. Comes about of change examination of the S/N proportion result that the parameters of bolster speed and nourish profundity are the same essentially with commitment levels of 17,85% and 76,46% impact roundness. Shaft revolution at parameter conditions 2.441 [m/min], bolster speed 0.15 [mm/rev], and a cutting profundity of 1 [mm] are the ideal parameters gotten.*

**Keywords:** Roundness, Taguchi, Optimization

### Abstrak

Dalam proses pemesinan, produksi merupakan hal yang harus diprioritaskan. Kebulatan menjadi salah satu bentuk geometri yang diperhatikan dari hasil proses produksi pembubutan. Pemakaian indikator permesinan yang tepat guna meningkatkan mutu secara general harapannya dapat memaksimalkan hasil proses permesinan. Beberapa indikator yang dikontrol yakni kecepatan pemakanan, kecepatan spindle, serta kedalaman pemakanan dengan tiga level dalam proses pembubutan material baja ST-60. Selanjutnya diukur hasil kebulatannya dan dijalankan analisis varian rasio signal to noise berdasarkan rancangan usulan Taguchi. Hasil analisis varian S/N rasio diperoleh parameter kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan memiliki tingkat kontribusi pengaruh kebulatan sebesar 17,85% dan 76,46%. Kondisi parameter pada kecepatan spindle 2.441 [m/min], kecepatan pemakanan 0.15 [mm/rev], dan kedalaman pemakanan 1 [mm] merupakan parameter optimum yang diperoleh.

**Kata kunci:** Kebulatan Metode, Taguchi, Optimasi

### 1. PENDAHULUAN

Mesin bubut ialah mesin produksi yang dipakai guna memproduksi bagian-bagian yang berbentuk silindris [1]. Mutu suku cadang yang diperoleh dari peralatan mesin diukur dari keakuratan ukuran benda, permukaan dan geometri. Peralatan mesin meliputi: peralatan mesin tradisional dan peralatan mesin komputer yang dikontrol

secara numerik. Selaras terhadap kelebihan mesin CNC yakni lebih lengkap, produktif, akurat, serta lebih kompleks, maka elemen yang dibuat akan mempunyai mutu yang lebih baik dibandingkan peralatan mesin konvensional [2]

Mutu produk yang diproduksi bisa dinilai bagus jika sesuai pada kualifikasi maupun standar mutu produk, terutama memperhatikan tentang mutu geometri

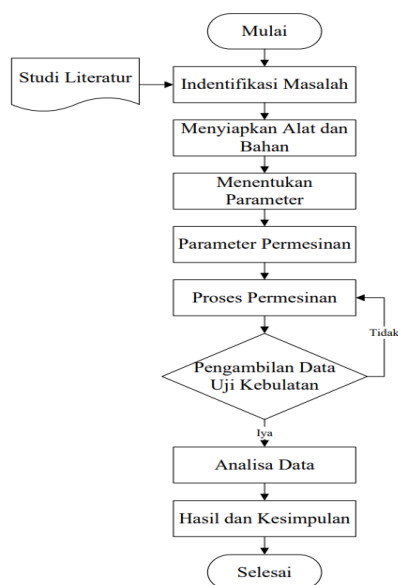
produk. Suatu komponen mesin memiliki sifat geometri ideal jika bagian tersebut memiliki: 1) tingkat presisi pada dimensi produk, 2) Kesempurnaan bentuk, dan 3) Permukaan benda yang bagus[3]. Salah satu jenis kesalahan bentuk (geometrik) adalah ketidakbulatan, yang biasanya dikaitkan dengan kelurusan, kesamaan sumbu, tegaklurusnya, serta kesejajaran. Suatu *part* yang mempunyai kebulatan proporsional sangat susah untuk diperoleh, sehingga sudah tentu bahwa terjadi ketidakbulatan pada *part* tersebut [4].

Tingkat kesalahan tidak dianjurkan melebihi batasan yang diperbolehkan. Derajat kesalahan yang muncul dapat dipahami melalui hasil uji ketelitian geometri [5]. Metrologi adalah ilmu pengukuran yang mempelajari metode pengukuran, alat ukur keteknikan, kalibrasi, dan ketelitian dalam industri [6]. Saat memakai mesin CNC pada proses bubut, operator harus menetapkan indikator pemesinan yang pas agar mencapai mutu produk yang maksimal. Sejumlah faktor, diantaranya kecepatan perputaran spindle, kecepatan potong, serta sudut pemotongan, bisa berdampak pada mutu dari permukaan yang dibubut [7]. Sangat penting untuk memiliki rencana desain eksperimen yang tepat karena kualitas produk tidak dapat diabaikan. Desain eksperimen memiliki keuntungan karena bisa memperbaiki sebuah mekanisme serta menciptakan rancangan yang kuat pada hal-hal yang tidak terkontrol [8].

Teknik Taguchi memakai pendekatan sistematis pada proses optimasi dan mempunyai kelebihan guna menyederhanakan desain eksperimen serta mencari tahu bagaimana setiap parameter saling berhubungan [9]. Teknik Taguchi ini sendiri memakai rancangan khusus matriks ortogonal guna mencari tahu seluruh parameter melalui sebagian eksperimen. Pada rasio signal-to-noise atau analisis S/N, ada tiga jenis kualitas diantaranya: kecil lebih baik, besar lebih baik, dan berpusat pada nilai tertentu [10]. Analisis statistik varians (ANOVA) dipakai dalam memperoleh indikator yang signifikan secara statistik dan untuk mempelajari serta memodelkan keterkaitan antara variabel respon dan variabel independent. [11]. Pada riset berikut metode Taguchi dipilih guna memastikan parameter pemesinan yang ideal terhadap kebulatan meliputi kecepatan spindle, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan [12]. Penentuan parameter tersebut dilaksanakan lantaran operator mesin CNC bisa memaksimalkan parameter melalui cara menggabungkan parameter. Dengan ini diperlukan penelitian tentang pengoptimalan parameter mesin terhadap kebulatan.

## 2. METODE PENELITIAN

Adapun *flow chart* Langkah-langkah dalam proses penelitian



Gambar 1. Flow Chart Tahap Penelitian

## 2.1. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan untuk menambah wawasan mengenai persoalan-persoalan yang berkaitan dengan cara menggali informasi dari penelitian sebelumnya, buku, jurnal dan juga dari referensi yang lain.

## 2.2. Menyiapkan Alat dan Bahan

Objek penelitian ini adalah mesin CNC Bubut SL-25 Mori Seiki di Bengkel Polman Babel. Pada tahap pelaksanaan penelitian dilakukan 9 sampel berdasarkan matriks ortogonal yang telah ditentukan dan kombinasi parameter yang berbeda, dengan masing-masing percobaan diulang sebanyak 3 kali. Material yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan baja ST-60 dengan dimensi untuk setiap spesimen nya yaitu  $\varnothing 30$  [mm] x 100 [mm]. Sedangkan alat potongnya menggunakan pahat *insert carbide* DNMG 150404-MA dan alat pengujian yang digunakan dalam pengambilan data terdiri dari :

- *Dial Indicator* kecermatan  $1\mu\text{m}$

- Benda kerja hasil pembubutan
- *Stand Holder* dan *Block-V*
- Alat bantu lainnya seperti spidol dan jangka sorong

## 2.3. Menentukan Parameter

Tahap ini yaitu menentukan parameter yang digunakan dalam proses penelitian. Ada 2 macam parameter yaitu tetap dan tidak tetap, untuk parameter tetap berupa objek mesin dan parameter tidak tetap atau bisa diubah-ubah ada kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan.

## 2.4. Parameter Permesinan

Dalam penelitian ini, 3 faktor digunakan, masing-masing dengan 3 level. Level yang ditentukan ini telah dipertimbangkan dari alat potong dan kemampuan mesin. Untuk faktor kontrolnya adalah kebulatan, karena variabel ini hasilnya dipengaruhi oleh faktor bebas.

Tabel 1. Faktor dan level kendali

| Parameter           | Level |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|
|                     | 1     | 2     | 3     |
| Kecepatan Spindel   | 2.016 | 2.229 | 2.441 |
| Kecepatan Pemakanan | 0.15  | 0.20  | 0.25  |
| Kedalaman Pemakanan | 1     | 1.5   | 2     |

Table 2. Matriks Orthogonal  $L_9(3^3)$

| Eksperimen | Faktor |     |            |
|------------|--------|-----|------------|
|            | $V_c$  | $f$ | $\alpha_p$ |
| 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          |

Melalui perhitungan derajat kebebasan  $L_9(3^3)$  didapatkan 6 DoF dan melalui perhitungan derajat kebebasan setiap faktor didapatkan 6 DoF yang tandanya dalam memilih matriks ortogonal sudah sesuai. Matriks ortogonal guna melakukan percobaan adalah matriks dalam Tabel 2

melalui tiga kali pengulangan pada setiap percobaan.

## 2.5. Proses Permesinan

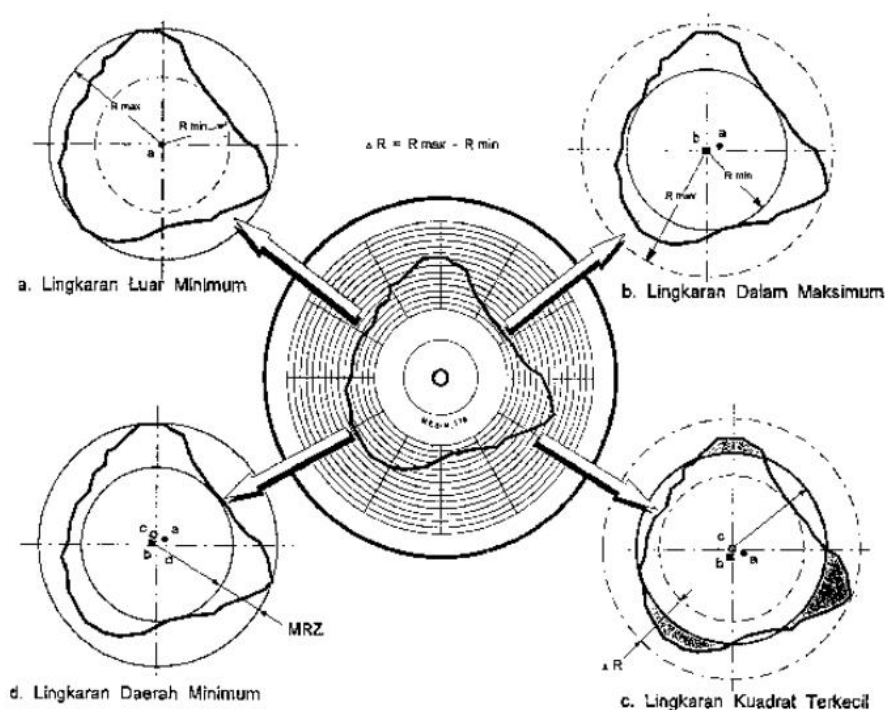
Percobaan dilaksanakan sebanyak sembilan kali menurut matriks ortogonal yang sebelumnya sudah ditentukan, diulang

sebanyak tiga kali. Bahan yang dipakai pada riset berikut ialah baja karbon ST-60 berdimensi pada tiap sampel sekitar Ø30 [mm] x 100 [mm]. dilaksanakan pembubutan sepanjang 50mm melalui 1 kali penyayatan 2.6. Pengujian Kebulatan

Setelah proses pemesinan dilakukan dilanjutkan dengan pengujian kebulatan untuk mendapatkan nilai ketidakbulatan pada spesimen. Pengukuran ketidakbulatan dilakukan menggunakan *dial indicator* dan

jaraknya 15mm, pengukuran kebulatan dilakukan di tiap titik pada setiap posisi. Nilai ketidakbulatan dicari menggunakan metode lingkaran referensi yakni: Lingkaran luas minimum (lingkaran luas minimum). Pertama, dibuat plot profil sirkularitas disetiap persimpangan, kemudian dibuat dua lingkaran konsentris yang mengelilingi profil sirkularitas. Wujud profil lingkaran acuan kebulatan bisa dicermati dalam Gambar 2.

*V-block*. Spesimen diberi tanda titik dengan jarak setiap titiknya 30° dan 2 posisi yang



Gambar 2. Bentuk Lingkaran Referensi Kebulatan

### 2.7. Analisa Data

Setelah didapatkan hasil nilai eksperimen maka dilakukan analisis data dengan rasio S/N dan *analisis varians* untuk mengetahui faktor yang berpengaruh.

### 2.8. Hasil dan Kesimpulan

Tahap ini adalah hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan ditentukan kesimpulannya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengambilan nilai ketidakbulatan pada permukaan spesimen menggunakan metode lingkaran *minimum zone circle* (MZC), maka didapatkan nilai ketidakbulatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Ketidakbulatan

| Eksperimen | Vc<br>[m/min] | F<br>[mm/rev] | $\alpha_p$<br>[mm] | Nilai<br>Ketidakbulatan<br>[ $\mu\text{m}$ ] |
|------------|---------------|---------------|--------------------|----------------------------------------------|
| 1          | 2.016         | 0.15          | 1                  | 15                                           |
| 2          | 2.016         | 0.20          | 1.5                | 20,17                                        |
| 3          | 2.016         | 0.25          | 2                  | 32                                           |
| 4          | 2.229         | 0.15          | 1.5                | 16,83                                        |
| 5          | 2.229         | 0.20          | 2                  | 26,33                                        |
| 6          | 2.229         | 0.25          | 1                  | 17,17                                        |
| 7          | 2.441         | 0.15          | 2                  | 22,83                                        |
| 8          | 2.441         | 0.20          | 1                  | 12,17                                        |
| 9          | 2.441         | 0.25          | 1.5                | 22,5                                         |

### 3.1. Menghitung Nilai S/N Rasio

Selanjutnya, data yang telah diperoleh dihitung ke dalam bentuk rasio S/N untuk menentukan parameter yang paling ideal pada variansi kebulatan dengan hasil ketidakbualatan terkecil. Karakteristik S/N yang digunakan yaitu kecil semakin baik

(*smaller is better*), dan persamaannya adalah sebagai berikut:

$$S/N = -10 \times \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \dots\dots (1)$$

Hasil perhitungan Rasio S/N pada eksperimen 1 sampai eksperimen ke 9 dilakukan pengulangan sebanyak 3 replikasi dapat dilihat pada tabel 4:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Rasio S/N

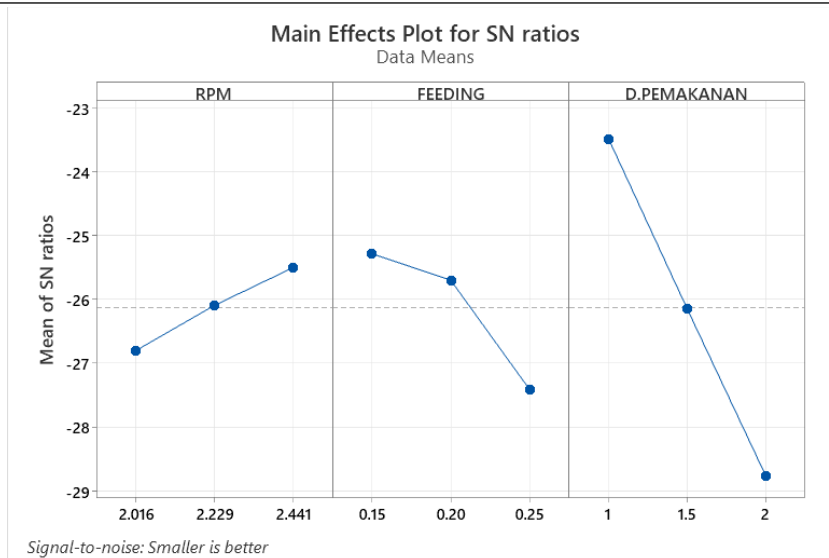
| Ex<br>no | Condition                                           | Replicated<br>[ $\mu\text{m}$ ] |      |      | Average | S/N      |
|----------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|---------|----------|
|          |                                                     | 1                               | 2    | 3    |         |          |
| 1        | Vc <sub>1</sub> ; f <sub>1</sub> ; a <sub>1</sub> ; | 20                              | 15,5 | 8,5  | 15      | -23,7566 |
| 2        | Vc <sub>1</sub> ; f <sub>2</sub> ; a <sub>2</sub> ; | 13,5                            | 28,5 | 18,5 | 20,17   | -26,4893 |
| 3        | Vc <sub>1</sub> ; f <sub>3</sub> ; a <sub>3</sub> ; | 27,5                            | 33   | 35,5 | 32      | -30,1501 |
| 4        | Vc <sub>2</sub> ; f <sub>1</sub> ; a <sub>2</sub> ; | 13,5                            | 21,5 | 15,5 | 16,83   | -24,6970 |
| 5        | Vc <sub>2</sub> ; f <sub>2</sub> ; a <sub>3</sub> ; | 36                              | 25   | 18   | 26,33   | -28,7410 |
| 6        | Vc <sub>2</sub> ; f <sub>3</sub> ; a <sub>1</sub> ; | 14,5                            | 21,5 | 15,5 | 17,17   | -24,8323 |
| 7        | Vc <sub>3</sub> ; f <sub>1</sub> ; a <sub>3</sub> ; | 30                              | 18   | 20,5 | 22,83   | -27,3885 |
| 8        | Vc <sub>3</sub> ; f <sub>2</sub> ; a <sub>1</sub> ; | 14,5                            | 9    | 13   | 12,17   | -21,8587 |
| 9        | Vc <sub>3</sub> ; f <sub>3</sub> ; a <sub>2</sub> ; | 26,5                            | 25,5 | 15,5 | 22,5    | -27,2503 |

Tabel 5. Respon Rasio S/N

| Level | Spindle Speed | Feedrate | Depth of Cut |
|-------|---------------|----------|--------------|
| 1     | -26,80        | -25,28   | -23,48       |
| 2     | -26,09        | -25,70   | -26,15       |
| 3     | -25,50        | -27,41   | -28,76       |
| Delta | 1,30          | 2,13     | 5,28         |
| Rank  | 3             | 2        | 1            |

Adapun plot yang dihasilkan dalam analisis menggunakan metode Taguchi berupa pengaruh faktor yang dikendalikan terhadap

nilai ketidakbulatan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Plot for SN ratios

Pada Gambar 3 merupakan plot hasil respons S/N rasio. Faktor kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan menunjukkan nilai grafik yang tinggi, dan dikatakan paling berpengaruh terhadap kebulatan. Faktor RPM, yang memiliki nilai grafik yang lebih rendah, adalah yang paling tidak signifikan berpengaruh terhadap respon yang diamati. Untuk parameter optimum yaitu pada kombinasi parameter pemesinannya  $V_c = 2.441$  [m/min],  $f = 0,15$  [mm/rev],  $a_p = 1$  [mm].

### 3.2. Anova

Tujuan dari analisis varian adalah untuk menentukan parameter pemesinan yang memengaruhi karakteristik kualitas secara signifikan. Hasil ANOVA yang dilakukan dengan *software* analisis menunjukkan bahwa faktor kedalaman pemakanan memberikan nilai kontribusi tertinggi yaitu 76,46% dan kecepatan pemakanan sebesar 17,85%. Sedangkan faktor RPM yang memiliki pengaruh terkecil terhadap kebulatan permukaan yaitu sebesar 5,02%. Dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Analysis of Variance

| Source       | DF | SS      | Contribution | Adj SS  | F-value | P-value |
|--------------|----|---------|--------------|---------|---------|---------|
| RPM          | 2  | 15,265  | 5,02%        | 15,265  | 7,61    | 0,116   |
| Feedrate     | 2  | 54,247  | 17,85%       | 54,247  | 27,04   | 0,036   |
| Depth of Cut | 2  | 232,340 | 76,46%       | 232,340 | 115,81  | 0,009   |
| Error        | 2  | 2,006   | 0,66%        | 2,006   |         |         |
| Total        | 8  | 303,858 | 100,00%      |         |         |         |

Hasil ANOVA dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil *Percent Contribution* pada faktor kedalaman pemakanan memiliki nilai kontribusi tertinggi yaitu 76,46%. Sedangkan untuk faktor kecepatan spindle memiliki nilai

terendah yang berarti bahwa faktor tersebut berkontribusi kecil hanya 5,02% terhadap kebulatan permukaan pada proses pembubutan.

### 3.3. Uji Konfirmasi

Konfirmasi dilakukan sesuai dengan setting nilai optimasi (v3 f1 a1) yaitu kecepatan spindle = 2.441 m /menit; Kecepatan

Pemakanan = 0.15 mm/rev; Kedalaman Pemakanan = 1 mm dan dilakukan dengan menggunakan 3 spesimen. Tujuan dari uji

konfirmasi adalah untuk mengetahui hasil yang diperoleh berdasarkan hasil prediksi

dari *software* analisis dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Prediksi

| S/N Ratio | Mean    | StDev   | Ln(StDev) |
|-----------|---------|---------|-----------|
| -22,0038  | 10,9074 | 3,58904 | 1,31748   |

Hasil Uji Konfirmasi

Untuk hasil uji konfirmasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Uji Konfirmasi

| Spesimen  | Nilai Ketidakbulatan |
|-----------|----------------------|
| 1         | 8,5                  |
| 2         | 12                   |
| 3         | 10                   |
| Rata-rata | 10,16                |

Jadi nilai rata-rata kebulatan yang didapat adalah 10,16  $\mu\text{m}$  dan nilai prediksi kebulatan 10,9074  $\mu\text{m}$ . Jadi nilai deviasi :  $= \frac{10,9074 - 10,16}{10,9074} = 0,06\%$ . Di sini terlihat perbedaan minimum dari nilai diprediksi dan yang diamati nilai dari percobaan konfirmasi ini adalah sebesar 0,06%.

#### 4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, metode Taguchi digunakan untuk merancang, mencari pengaruh, dan menemukan nilai parameter permesinan ideal untuk kebulatan permukaan dengan objek mesin bubut CNC dan baja ST-60. Hasil analisis menunjukkan bahwa:

1. Nilai parameter permesinan optimal dengan nilai ketidakbulatan terkecil yaitu *spindle speed* = 2.441 rpm, *feedrate* = 0.15 mm/ref, dan *depth of cut* = 1 mm dengan nilai ketidakbulatannya yaitu 10,16  $\mu\text{m}$ .
2. Kedalaman pemakanan sebesar 76,46% adalah parameter yang sangat mempengaruhi kebulatan permukaan, tetapi putaran spindle dan kecepatan pemakanan masing-masing hanya berkontribusi 5,02% dan 17,85%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schlesinger, *Testing Machine Tools (Seventh Edition)*. India: Plant Engineering Department, 1977.
- [2] Rochim Taufiq, *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik-Buku 1*. Bandung: Penerbit ITB, 2007.
- [3] Rochim Taufiq, *Spesifikasi, Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik-Buku 1*. Bandung, Indonesia: Penerbit ITB, 2001.
- [4] M. Yanis, "Analisis Profil Kebulatan Untuk Menentukan Kesalahan Geometrik Pada Pembuatan Komponen Menggunakan Mesin Bubut Cnc," *J. Rekayasa Sriwij.*, vol. 19, no. 1, pp. 50-58, 2018, [Online]. Available: [download.portalgaruda.org/article.php?article=141284&val=5845](https://download.portalgaruda.org/article.php?article=141284&val=5845)
- [5] A. S. Morris, "Measurement and Instrumentation Principles," *Meas. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 10, pp. 1743-1744, Oct. 2001, doi: 10.1088/0957-0233/12/10/702.
- [6] E. Indrawan and Rifelino, "Peningkatan Aktifitas Belajar Mahasiswa Melalui Penggunaan Multimedia dalam Mata Kuliah Metrologi Industri," *J. Penelit. Pendidik.*, vol. 5, no. 1, pp. 74-87, 2014.
- [7] D. I. Permana and Y. Yayat, "Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium Proses Pembubutan Dengan Metode Taguchi," *Met. J. Sist. Mek. dan Termal*, vol. 3, no. 1, p. 10, 2019, doi: 10.25077/metal.3.1.10-16.2019.
- [8] I. Soejatno, *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi, 1 st ed*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [9] Saurabh, J. S. Jassi, A. Mohammad, D. P. Singh, and H. Z. Jafri, "Machining parameter optimization using Taguchi approach," in *2015 1st International*

- 
- Conference on Futuristic Trends in Computational Analysis and Knowledge Management, ABLAZE 2015*, 2015. doi: 10.1109/ABLAZE.2015.7154964.
- [10] M. Ravuri, Y. S. K. Reddy, and D. H. Vardhan, "Parametric optimization of face turning parameters for surface roughness on EN 31 material using RSM and Taguchi method," *Mater. Today Proc.*, vol. 37, pp. 769-774, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.816.
- [11] A. Saravanakumar, P. Sasikumar, and N. Nilavusri, "Optimization of Machining Parameters using Taguchi Method for Surface Roughness," *J. Mater. Environ. Sci.*, vol. 7, no. 5, pp. 1556-1561, 2016.
- [12] T. Rochim, *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*. Bandung, Indonesia: Penerbit ITB, 1982.