

# Analisis Pengaruh Parameter Mesin Bubut Konvensional Terhadap Kesilindrisan Permukaan Baja ST 42 Menggunakan Metode *Box Behnken Design*

Nadia Musharofah<sup>1\*</sup>, Pranowo Sidi<sup>1</sup>, Bayu Wiro Karuniawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia  
Email: [nadiamusharofah@gmail.com](mailto:nadiamusharofah@gmail.com)

## Abstract

*The dimensional accuracy of the workpiece might be impacted by geometric variations that machines frequently experience. The geometric shape of the workpiece as a result of the machining process can be used to quantify machine quality and can take the form of cylindricity, smoothness, roundness, and other geometric shapes. The results of the workpiece surface's cylindricity will depend on machining parameters such engine rotation, feed speed, and feed depth. For the design of the research experiment and the data analysis, this study employs the Box Behnken Design in Response Surface Method that is figuring out the trial variation using 3 stages. The specimen used was ST 42 steel, and a DNMG 150404 carbide insert tool was used on a Pinacho L-1/260 conventional lathe to perform a total of 15 experimental modifications on the specimen. Furthermore, the cylindricity test was carried out using a dial indicator. The research results on the effect of parameters on surface cylindricity, namely engine speed with a Pvalue of 0.068, depth of feed with a Pvalue of 0.784, and feed speed with a Pvalue of 0.839, the three parameters were declared not to have a significant effect. The engine rotation parameter provides a contribution effect of 26.87%, the depth of feed is 0.52% and the feed speed is 0.28%.*

**Keywords:** Lathe Machine; ST 42 steel; Surface Cylindricity; Box-Behnken Design.

## 1. Pendahuluan

Proses permesinan khususnya mesin perkakas memanfaatkan gerakan antara pahat dengan benda kerja sehingga dapat menghasilkan produk yang geometris. Mesin bubut sering mengalami penyimpangan geometris yang dapat mempengaruhi keakuratan dimensi benda kerja yang diproduksi, kerusakan sistem kelistrikan, motor penggerak dan komponen lainnya, sehingga menyebabkan mesin bubut tidak dapat beroperasi dengan maksimal (Aswin et al., 2017), serta pemilihan parameter pemotongan yang salah menyebabkan kualitas permukaan dan dimensi benda kerja yang di produksi tidak sesuai dengan toleransi (Duran & Nalbant, 2005). Parameter utama dalam proses bubut seperti putaran mesin, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan menentukan besarnya laju pengerjaan material dari proses bubut karena merupakan bagian yang paling berpengaruh dan merupakan bagian yang bisa diatur langsung oleh operator.

Silindrisitas yang nyaris sempurna pada hasil proses merupakan salah satu kualitas hasil pemesinan yang baik. Kesilindrisan adalah salah satu jenis variasi yang mungkin terjadi akibat kondisi pemotongan dalam proses pemesinan, oleh karena itu diperlukan persiapan yang cermat. Memperhatikan parameter pemotongan, seperti pemakanan dan putaran spindle yang digunakan saat membubut benda kerja, diperlukan untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

Hasil pembubutan akan bagus dan tingkat kesilindrisan akan sangat mendekati kesempurnaan dengan mengontrol gerakan pemakanan dan putaran spindel secara tepat. Selain itu, kesilindrisan permukaan juga dapat dipengaruhi oleh posisi benda kerja yang tidak berada secara tepat pada pusatnya terhadap tail stock (Ardinta, dkk, 2011). Secara umum, kesilindrisan dapat diartikan sebagai kondisi di mana seluruh titik yang terletak pada permukaan silinder berada dalam posisi yang memiliki jarak yang sama terhadap sumbu yang sama.

Penggunaan perangkat lunak Minitab versi 18 dalam desain eksperimen akan menghasilkan persamaan polinomial berdasarkan data hasil percobaan sebagai model matematika dan statistika menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM). Data percobaan yang dijelaskan melalui persamaan tersebut memaparkan pengaruh variabel atau faktor terhadap respon. Metode desain eksperimen RSM mencakup Box Behnken Design dan Central Composite Design (CCD). Dalam konteks ini, metode RSM menggunakan Box Behnken Design sebagai desain eksperimen. Keunggulan dari desain Box Behnken dibandingkan dengan desain Taguchi dan CCD adalah efisiensinya, dengan jumlah variabel yang sama tetapi memerlukan jumlah percobaan yang lebih sedikit, sehingga mengurangi biaya uji.

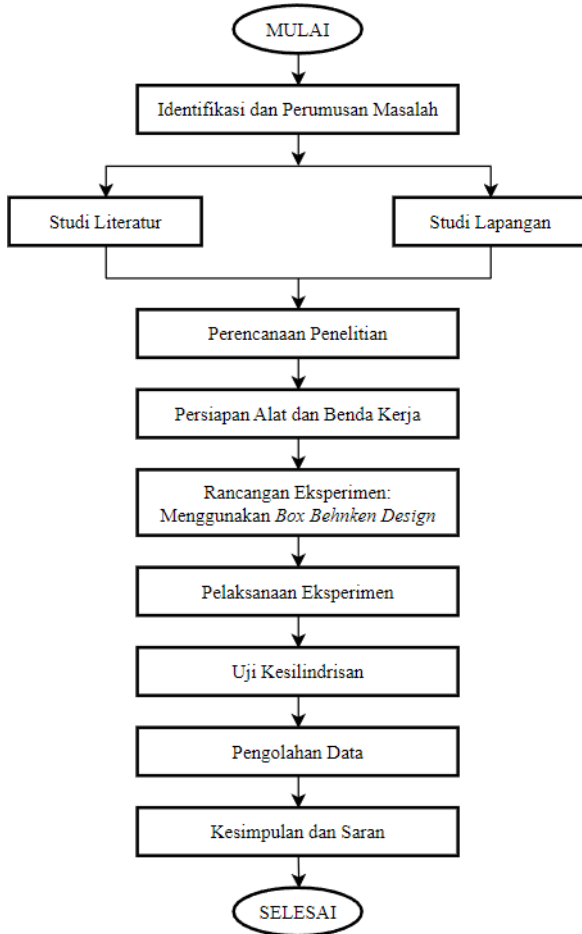
Umur mesin bubut konvensional yang melewati umur teknis mesin, seringkali terjadi kesalahan operasional seperti kesalahan pengaturan parameter mesin, kesalahan penggunaan indikator-indikator ukur, kesalahan perawatan.

Bentuk geometris benda kerja yang dihasilkan oleh proses pemesinan, seperti kesilindrisan, ketidaksesuaian tingkat kekasaran, kehalusan, kebulatan, dan bentuk geometris lainnya, digunakan untuk mengevaluasi kualitas mesin. Karena pengaruh umur mesin bubut, sangat penting dilakukan pengujian kesilindrisannya untuk memastikan seberapa baik kinerja mesin bubut. Pengujian dengan melakukan proses pembubutan pada mesin bubut dan dilihat berapakah nilai kesilindrisan benda kerja yang mampu dicapai untuk mengetahui kinerja mesin bubut.



**2. Metode Penelitian**

**2.1. Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

**2.2. Metode Box Behnken Design**

Box dan Behnken (1960) telah mengusulkan beberapa desain tiga tingkat untuk pemasangan permukaan respon. Desain ini dibentuk dengan menggabungkan faktorial  $2^k$  dengan desain blok yang tidak lengkap. Desain yang dihasilkan biasanya sangat efisien dalam hal dari jumlah putaran yang diperlukan, dan keduanya dapat diputar atau hampir dapat diputar. Rancangan faktorial  $2^k$  Box Behnken Design digunakan untuk percobaan yang terdiri dari k faktor dengan masing-masing faktor mempunyai level rendah (-1), level tengah (0) dan level tinggi (+1) (Montgomery, 2013)

2

**3. Faktor dan Level Eksperimen**

Jenis kontrol, level, dan nilai dari faktor kontrol yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Parameter Penelitian

Simbol	Faktor Kontrol	Satuan	Level		
			-1	0	+1
A	Putaran Mesin	rpm	410	625	900
B	Kedalaman Pemakanan	mm	0,5	1,0	1,5
C	Kecepatan Pemakanan	mm/rev	0,04	0,07	0,1

**3. Hasil dan Diskusi**

Data respon diambil dengan melakukan pengukuran spesimen uji menggunakan dial indikator pada mesin bubut konvensional Pinacho L-1/260 setelah pembubutan. Uji kesilindrisan dilakukan pada 4 titik dan 8 lokasi dari setiap titik, selanjutnya menghitung kesilindrisan permukaan dari respon yang dihasilkan. Hasil uji kesilindrisan permukaan yang didapatkan pada data tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Hasil Eskperimen Nilai Kesilindrisan *Box Behnken*

No.	Putaran Mesin [rpm]	Kedalaman Pemakanan [mm]	Kecepatan Pemakanan [mm/rev]	Kesilindrisan Permukaan [mm]
1	410	0,5	0,07	0,120
2	410	1,5	0,07	0,100
3	900	0,5	0,07	0,201
4	900	1,5	0,07	0,765
5	410	1,0	0,04	0,110
6	410	1,0	0,1	0,090
7	900	1,0	0,04	0,120
8	900	1,0	0,1	0,520
9	625	0,5	0,04	0,350
10	625	0,5	0,1	0,110
11	625	1,5	0,04	0,050
12	625	1,5	0,1	0,035
13	625	1,0	0,07	0,050
14	625	1,0	0,07	0,545
15	625	1,0	0,07	0,125

### 3.1. Pengujian Kesesuaian Model Kesilindrisan Permukaan

Dari tabel 2 dapat digunakan untuk menguji kesilindrisan permukaan, yaitu dengan pengujian kesesuaian model. Untuk mendapatkan kesesuaian model tersebut dilakukan dengan uji berikut ini:

#### a. Pengujian *Lack of Fit*

Uji *lack of fit* diperlukan dalam menentukan ketepatan model. Hipotesa untuk uji *lack of fit* dari kesilindrisan permukaan adalah sebagai berikut:

- $H_0$ : Tidak ada *lack of fit* dalam model
- $H_1$ : Ada *lack of fit* dalam model

Pada level pengujian dengan  $\alpha=0,05$  dapat dilihat pada tabel 2 dimana nilai  $P_{value}$  dari *lack of fit* adalah 0,781, dimana  $P_{value} > \alpha$  yang berarti  $H_0$  diterima. Maka, tidak terdapat *lack of fit* pada hasil kesilindrisan permukaan.

**Tabel 3.** Hasil ANOVA Kesilindrisan Permukaan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	P-Value
Regression	3	0,190026	0,063342	0,294
Putaran Mesin	1	0,184503	0,184503	0,068
Kedalaman Pemakanan	1	0,003570	0,003570	0,784
Kecepatan Pemakanan	1	0,001953	0,001953	0,839
Error	11	0,496430	0,045130	
Lack-of-Fit	9	0,354080	0,039342	0,781
Pure Error	2	0,142350	0,071175	
Total	14	0,686456		

b. Pengujian Koefisien Determinasi Berganda ( $R^2$ )

Hasil uji koefisien determinan berganda dengan hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{SS_R}{SS_T}$$

$$R^2 = \frac{0,190026}{0,686456}$$

$$= 27,68\%$$

Jumlah persentase variasi keseluruhan yang dapat diterangkan oleh model ( $R^2$ ) sebesar 27.68% yang artinya, model ini kurang baik karena nilai persentase ini semakin jauh dari 100%. Dimana 27.68% dipengaruhi oleh variabel dalam model inidan 72.32% dipengaruhi oleh variabel diluarmodel.

**3.2. Pengujian Koefisien Regresi Kesilindrisan Permukaan**

## a. Pengujian Koefisien Regresi Secara Serentak Berikut ini adalah hipotesis untuk uji koefisien regresi serentak dari hasil uji kesilindrisan permukaan:

- $H_0$ : semua  $\beta_i$  tidak memberi pengaruh terhadap

**Tabel 5.** Hasil Analisis Regresi Kesilindrisan Permukaan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	P-Value
Regression	3	0,190026	0,063342	0,294
Putaran Mesin	1	0,184503	0,184503	0,068
Kedalaman Pemakanan	1	0,003570	0,003570	0,784
Kecepatan Pemakanan	1	0,001953	0,001953	0,839



Kriteria penerimaan yaitu  $H_0$  ditolak apabila  $P_{value} < \alpha$  dan  $H_0$  diterima apabila  $P_{value} > \alpha$ . Nilai  $\alpha$  yang digunakan adalah 0,05, selanjutnya diperhatikan nilai  $P_{value}$  yang terdapat pada setiap parameter. Dapat dilihat dari hasil software minitab yang didapatkan bahwa parameter putaran mesin memiliki nilai  $P_{value}$  0.068 yang berarti  $P_{value} > \alpha$ , parameter kedalaman pemakanan memiliki nilai  $P_{value}$  0.784 yang berarti  $P_{value} > \alpha$ , dan parameter kecepatan pemakanan memiliki nilai  $P_{value}$  0.839 yang berarti  $P_{value} > \alpha$ . Dapat dikatakan bahwa  $H_0$  diterima, yang menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara parameter apapun dengan kesilindrisan permukaan.

### 3.3. Pengujian Asumsi Residual Kesilindrisan Permukaan

#### a. Uji Asumsi Identik

Uji asumsi dapat diketahui dengan membuat plot antara residual dan  $\hat{y}$  estimasi akan memperlihatkan hasil uji asumsi, jika nilai residual menyebar secara acak pada plot dan tidak membentuk pola tertentu atau mengindikasikan kenaikan atau penurunan, maka dapat diasumsikan bahwa residual dari kesilindrisan permukaan adalah identik. Hasil analisa identik ditunjukkan pada gambar berikut:

- $H_1$ : paling tidak ada satu  $\beta_i$  memberi pengaruh terhadap kesilindrisan permukaan

Kriteria untuk penerimaan permukaan dari pengujian ini dalam software minitab dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

**Tabel 4.** Regresi Kesilindrisan Permukaan

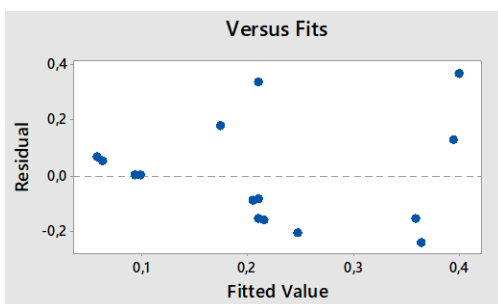
Source	DF	Adj SS	Adj MS	Pvalue
Regression	3	0,190026	0,63342	0,294

Dengan level pengujian  $\alpha=0,05$ , nilai P pada analisis regresi sebesar 0,294 lebih besar dari 0,05, sehingga  $H_0$  diterima. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan respon tidak terlalu dipengaruhi oleh parameter bebas ( $\beta_i$ ).

#### b. Pengujian Koefisien Regresi Secara Individu Berikut ini adalah hipotesis untuk uji koefisien regresi individual dari hasil uji kesilindrisan permukaan:

- $H_0 : \beta_i = 0$ ,  $\beta_i$  tidak berpengaruh terhadap respon secara individu
- $H_1 : \beta_i \neq 0$ ,  $\beta_i$  berpengaruh terhadap respon secara individu

Hasil regresi pada software minitab dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

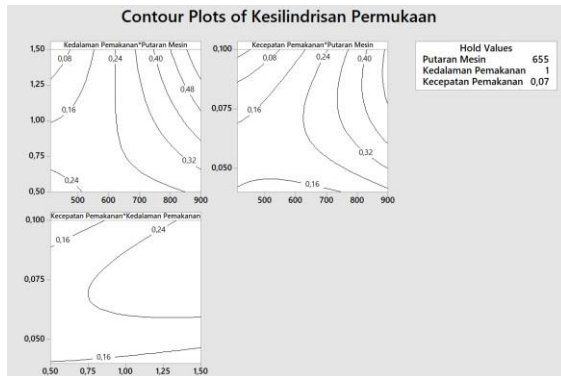
**Gambar 2.** Residual-Fitted Value Kesilindrisan Permukaan

Titik-titik data pada Gambar 2 di atas menyebar di sepanjang garis diagonal, dan distribusinya searah dengan garis diagonal. Nilai residual juga menyebar secara acak, tidak cenderung naik atau turun, sehingga residual bersifat identik.

#### b. Uji Asumsi Independen

Uji independen dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya ketergantungan diantara residual yang ada. Dari hasil analisa minitab pada tabel 6 diperoleh nilai uji statistik *durbin watson* sebesar 2.22706. Untuk ukuran sampel 15, dengan level signifikan 0.05 dan 3 level parameter proses.

*Surface plot* menunjukkan pengaruh 2 faktor terhadap respon kesilindrisan permukaan. Dari kombinasi level masing-masing faktor, respon kesilindrisan permukaan terbaik didapatkan apabila semakin kecil putaran mesin dan kedalaman pemakanan serta semakin besar kecepatan pemakanan seperti yang ditunjukkan pada gambar *contour plots* berikut.



**Gambar 5.** *Contour Plots* KesilindrisanPermukaan

*Contour plots* kesilindrisan permukaan pada Gambar 5, menunjukkan bagaimana kombinasi parameter yang berbeda berinteraksi untuk saling mempengaruhi nilai respon kesilindrisan permukaan melalui garis kontur. Nilai terbaik untuk kesilindrisan permukaan didapatkan apabila putaran mesin berada dibawah 500 rpm dan kecepatan pemakanan pada 0,10 mm/rev dengan kedalaman pemakanan semakin kecil semakin baik.

Karena plot pada Gambar 4 dan 5 tidak menunjukkan titik stasioner, nilai faktor dapat diubah untuk mencapai respons yang lebih optimal. Sehingga dapat disimpulkan semakin kecil nilai putaran mesin dan nilai kedalaman pemakanan serta semakin besar nilai kecepatan pemakanan, maka semakin optimal nilai kesilindrisan permukaan.

### 3.4. Pengaruh Parameter Terhadap Kesilindrisan Permukaan

Hasil ANOVA menggunakan *software* minitab ditunjukkan pada tabel 7 dan perhitungan persentase parameter yang berpengaruh terhadap kesilindrisan permukaan berikut:

**Tabel 7.** Tabel ANOVA Kesilindrisan Permukaan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	P-Value
Regression	3	0,190026	0,063342	0,294
Putaran Mesin	1	0,184503	0,184503	0,068
Kedalaman Pemakanan	1	0,003570	0,003570	0,784
Kecepatan Pemakanan	1	0,001953	0,001953	0,839
Error	11	0,496430	0,045130	
Lack-of-Fit	9	0,354080	0,039342	0,781
Pure Error	2	0,142350	0,071175	
Total	14	0,686456	0,686456	

- Kedalaman Pemakanan =  $\frac{0,184503}{0,686456} \times 100\% = 26,87\%$
- Kedalaman Pemakanan =  $\frac{0,003570}{0,686456} \times 100\% = 0,52\%$
- Kecepatan Pemakanan =  $\frac{0,001953}{0,686456} \times 100\% = 0,28\%$

### 3. Kesimpulan

Hasil penelitian diketahui bahwa pengaruh parameter pada respon kesilindrisan permukaan setelah dihitung menggunakan ANOVA, yaitu putaran mesin memiliki nilai  $P_{value}$  0,068 dengan persentase kontribusi sebesar 26,87%, kedalaman pemakanan memiliki nilai  $P_{value}$  0,784 dengan persentase kontribusi sebesar 0,52%, dan kecepatan pemakanan memiliki nilai  $P_{value}$  0,839 dengan persentase kontribusi sebesar 0,28%. Ketiga parameter tersebut dinyatakan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kesilindrisan permukaan karena memiliki nilai  $P_{value}$  yang melebihi nilai *interval confidence* ( $\alpha$ ) 5% atau 0,05.



**Daftar Pustaka**

- Ardinta, S. D., Triyono, J., & Muhayat, N. (2011). Pengaruh Gerak Mmakan dan Sudut Potong Utama Terhadap Hasil Kesilindrisan Permukaan Benda Kerja ST 42 pada Proses Bubut Silindris. **Skripsi**, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Aswin, F., Masdani, Randa, & Yulianto, O. (2017). *Rekondisi Mesin Bubut DoALL LT 13 BU01DI Laboratorium Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*. **Jurnal Manutceh Vol. 9**, 26-85.
- Duran, A., & Nalbant, M. (2005). *Finite Element Analysis of Bending Occurring Whilecutting with High Speed Steel Lathe Cutting Tools*. **Materials & Design**, 549-554.
- Montgomery, D. C. (2013). **Design and Analysis of Experiments**. John Wiley & Sonc, Inc.