

# *Analysis of the Effect of Spindle Rotational Speed and Type Chisel Against Surface Roughness On 304 Stainless Steel Turning*

## **[Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Spindle dan Jenis Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Pembubutan *Stainless Steel 304*]**

Melldianto Abimanyu<sup>1)</sup>, Mulyadi\*<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [mulyadi@umsida.ac.id](mailto:mulyadi@umsida.ac.id)

**Abstract.** *In the era of the manufacturing industrial revolution in Indonesia and even in the world today, manufacturing machines and equipment play an important role in increasing the ability of manufacturing companies to produce high quality products. This research aims to determine the effect of spindle rotation speed and tool type on surface roughness in turning 304 stainless steel. The method used in this research is quantitative descriptive, where valid data from test results are presented in the form of sentences that are easy to read and understand. The research results show that the roughness value with the highest level of smoothness is at spindle rotation 1200 RPM and feed 0.16 which produces test points  $C = 2.167 \mu\text{m}$ .*

**Keywords** - Lathe, Speed, Spindle, Chisel, Stainless Steel

**Abstrak.** *Pada era revolusi industri manufaktur di Indonesia bahkan di dunia saat ini, mesin dan peralatan manufaktur berperan penting dalam meningkatkan kemampuan perusahaan manufaktur untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar spindle dan jenis pahat terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan stainless steel 304. Metode yang digunakan di penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, dimana data valid dari hasil pengujian dipresentasikan dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca dan dipahami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekasaran dengan tingkat kehalusan tertinggi pada putaran spindle 1200 RPM dan feed 0,16 yang menghasilkan titik uji  $C = 2,167 \mu\text{m}$ .*

**Kata Kunci** - Mesin bubut, Kecepatan, Spindle, Pahatan, Stainless Steel.

## I. PENDAHULUAN

Era dunia industri manufaktur di Indonesia bangkit setelah pandemi Juni 2020. Pemerintah memberlakukan aturan new normal, yang mendukung hal ini. Selama era new normal saat ini, pemerintah harus mendorong perusahaan manufaktur untuk terus berinovasi agar mereka dapat mengembangkan product yang berkualitas tinggi dan dapat bersanding dengan product di seluruh dunia. Industri mesin dan perlengkapan, yang memproduksi mesin dan peralatan manufaktur, berperan sangat penting dalam meningkatkan kemampuan perusahaan manufaktur untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi [1][2].

Mesin perkakas sangat penting untuk keberhasilan proses produksi industri karena setiap bengkel mesin konstruksi dan pengerjaan logam biasanya menggunakan mesin-mesin ini untuk membuat atau memperbaiki komponen tertentu dalam suatu mesin. Mesin bubut adalah jenis mesin perkakas yang berfungsi untuk memotong benda kerja yang sedang diputar. Proses pemotongan dilakukan dengan cara meletakkan benda kerja pada pahat yang bergerak secara translasi sejajar dengan sumbu putarannya. Gerakan putar benda kerja disebut gerak potong relatif, sedangkan gerakan translasi pahat disebut gerak potong relatif. Industri manufaktur dihadapkan dengan tantangan perkembangan teknologi seiring berjalannya waktu yang kian berkembang. Kualitas [3][4].

Hasil pembubutan, terutama kualitas permukaannya, sangat dipengaruhi oleh tiga parameter utama, yaitu kecepatan putar spindle (speed), gerak makan (feed), dan kedalaman potong (depth of cut). Meskipun faktor lain, seperti bahan benda kerja dan jenis pahat, juga memiliki dampak yang signifikan, operator memiliki kendali langsung atas ketiga parameter ini [5].

Pada penelitian yang dilakukan F. Pambudi dkk (2022), dengan judul “Analisis Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Pengerjaan Mesin Bubut” yang menggunakan metode Eksperimen berhasil mendapatkan data penelitian dengan mengidentifikasi masalah dan

membuat tabel pengambilan data. Hasil penelitian tentang efek kekasaran pada benda kerja yang diuji dengan alat *surface roughness tester* yang memiliki variasi rpm dan dua variable feeding menunjukkan bahwa lebih halus benda kerja yang diuji jika kecepatan putaran spindle lebih tinggi dan kecepatan feeding atau pemakanan lebih lambat, dan lebih halus benda kerja yang diuji jika kecepatan putaran spindle lebih rendah [6].

Selanjutnya dari penelitian Indra Lesmono dkk (2013), dengan judul “Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Dan Kekerasan Permukaan Baja St. 42 Pada Proses Bubut Konvensional” menggunakan metode kuantitatif setelah data terkumpul, termasuk ukuran tingkat kerataan permukaan dan bentuk geram, dilakukan analisis statistik. Kemudian dijabarkan dalam deskripsi, ditafsirkan menggunakan pendekatan kualitatif, dan data diproses menggunakan perangkat lunak statistik SPSS versi 16. Dan hasil yang dicapai yaitu Phat Bohler menunjukkan kekasaran permukaan paling rendah, yaitu sebesar 3,28  $\mu\text{m}$ , sementara pahat Jck menunjukkan kekerasan permukaan tertinggi, yaitu sebesar 51,5 Kg/mm<sup>2</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan spindle terendah dan kedalaman pemakanan terendah adalah 0,4 mm, yang menghasilkan kekasaran permukaan paling rendah (3,28  $\mu\text{m}$ ), sementara kedalaman pemakanan 0,8 mm menghasilkan kekasaran permukaan tertinggi (3,28  $\mu\text{m}$ ) [7].

Terakhir penelitian dari Bakti Suroso dkk (2019) dengan judul “Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle Dan Kedalaman Pengerindaan Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja St 37 Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda” dengan metode Eksperimen kuantitatif digunakan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Setelah mereka mendapatkan hasil yang diinginkan, metode eksperimen kuantitatif digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian. Dan hasil yang dicapai yaitu Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kekasaran permukaan material baja ST 37 menurun seiring dengan peningkatan kecepatan putaran spindle. Pada kecepatan putaran spindle 260 rpm, nilai kekasaran permukaan paling rendah terukur sebesar Ra 3,71  $\mu\text{m}$ , sedangkan pada kecepatan putaran spindle 440 rpm, nilai kekasaran permukaan paling rendah terukur sebesar Ra 2,51  $\mu\text{m}$  [8]. Tiga penelitian tersebut menunjukkan hasil yang serupa: kecepatan putaran spindle dan parameter lainnya memiliki pengaruh signifikan pada kekasaran permukaan benda kerja dalam proses pengerjaan mesin bubut. Hasil yang dicapai menunjukkan bahwa mengatur variabel-variabel seperti kecepatan putaran spindle, feeding, jenis pahat, dan kedalaman pemakanan dapat menghasilkan kekasaran permukaan yang diinginkan pada berbagai jenis material.

Berdasarkan informasi yang diberikan, penelitian kami berfokus pada pengaruh kecepatan putaran spindle (rpm) terhadap kekasaran permukaan pada bahan baja stainless steel dalam proses mesin bubut, serta penentuan parameter ideal untuk mencapai kekasaran permukaan yang diinginkan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga dalam mengoptimalkan proses pengerjaan mesin bubut pada material tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi industri manufaktur dan produsen yang mengandalkan mesin bubut untuk mendapatkan hasil yang lebih berkualitas, serta bagi penelitian lanjutan dalam bidang teknik mesin.

## II. METODE

Dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, data valid dari hasil pengujian dipresentasikan dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca dan dipahami. Selama penelitian ini, dua benda kerja diberi perlakuan yang berbeda. Perubahan kecepatan spindle, kedalaman pemakanan, dan ukuran diameter adalah perilaku ini. Pada tahap akhirnya, benda kerja mana yang memiliki tingkat kekasaran paling rendah dan paling tinggi dapat ditemukan. Nilai kekasaran permukaan benda kerja dapat dihitung dengan menggunakan hasil variasi pengerjaannya. Setiap benda kerja diuji kekasaran tiga kali dan dihitung nilai rata-ratanya untuk mendapatkan data yang lebih akurat [9]. Dari metode yang sudah dijabarkan diatas, maka didapatkan variabel penelitian dan teknik pengumpulan data yang digunakan, yaitu antara lain :

### A. Variable Penelitian

1. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi kecepatan spindle, kedalaman pemakanan, dan variasi ukuran diameter setiap benda kerja.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat kekasaran permukaan benda kerja besi Steinlees.
3. Variabel kontrol mencakup semua faktor yang dapat mempengaruhi kekasaran hasil pembubutan. Faktor-faktor tersebut meliputi operator mesin, jenis mesin bubut konvensional, tingkat ketajaman pahat, jenis pahat yang digunakan, sudut pahat, dan jenis material benda kerja.

### B. Teknik Pengumpulan Data

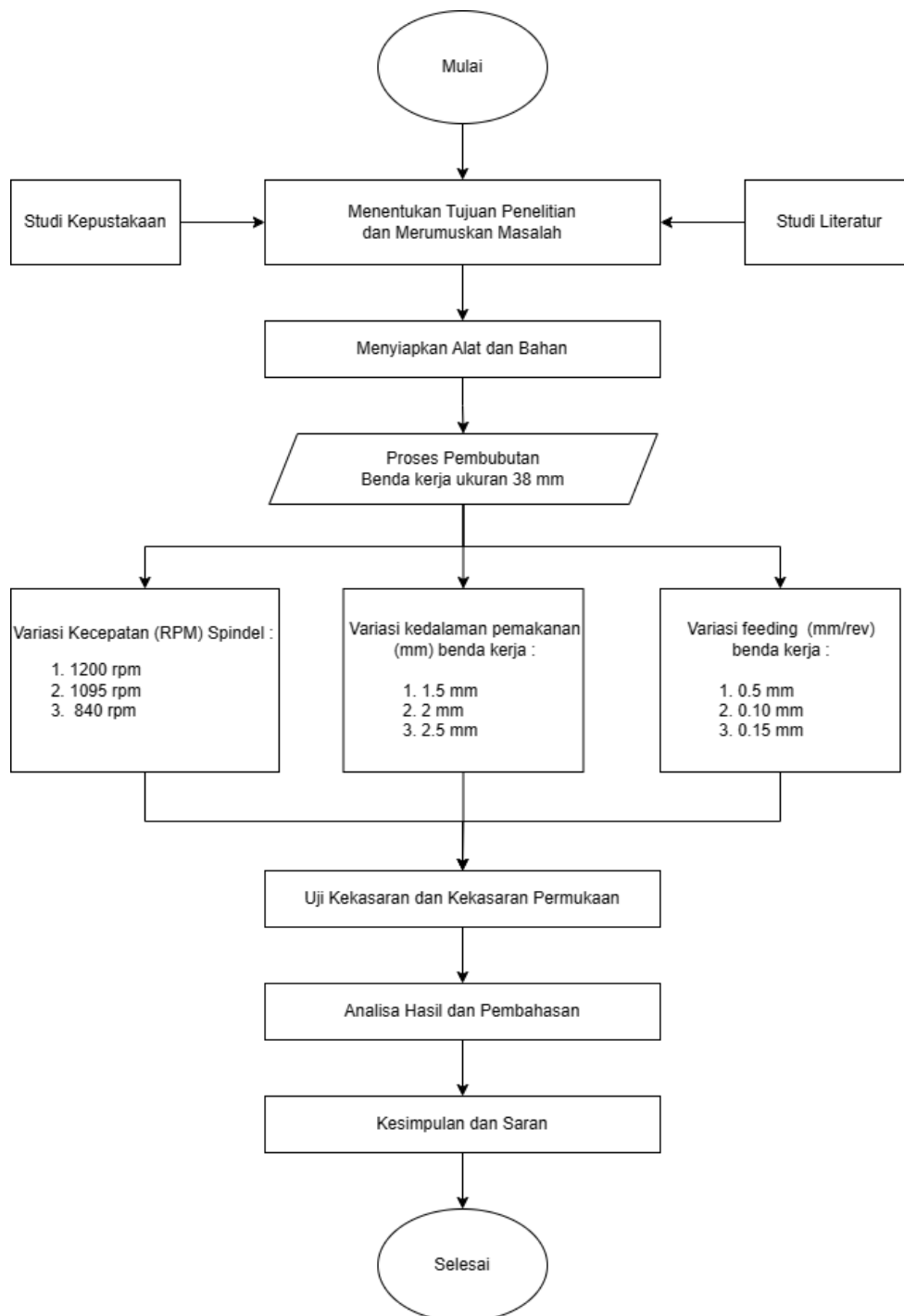
1. Dalam penelitian ini, metode eksperimen digunakan karena dapat memberikan data yang valid dan dapat

dipertanggung jawabkan. Dalam penelitian ini, eksperimen pembubutan dilakukan pada benda uji dengan kedalaman pemakanan (mm), variasi diameter (mm) dan kecepatan spindel (rpm).

2. Metode literatur berfungsi sebagai referensi atau pedoman untuk penelitian sehingga penelitian dapat sesuai dengan dasar ilmu dan tidak menyimpang dari konvensi. Metode literatur ini digunakan untuk mengumpulkan data yang terdiri dari teori, gambar, dan tabel yang dikumpulkan dari buku-buku yang relevan dengan penelitian ini. Alat penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah mesin bubut CQ6230A- 2/910, jenis besi steinless, dan alat pengukur diameter benda kerja.

### C. Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah proses penelitian dan menjalankan penelitian sesuai dengan tahapan, diagram alir ini dibuat seperti Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

#### D. Peralatan Penelitian

##### 1. Mesin Bubut

Sebuah perangkat digunakan untuk memotong diameter benda yang terpasang pada chuck atau kepala tetap, kemudian benda tersebut akan disayat oleh pahat yang terpasang pada tollpost [10]. Prinsip dasar adalah proses pemesinan permukaan luar benda silindris:

1. Dengan benda kerja yang berputar
2. Dengan alat pemotong satu mata
3. Dengan gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu.



Gambar 2. Mesin bubut CQ6230A-2/910

##### 2. Spindle Mesin Bubut

Pada penelitian ini spindle atau pemahat menggunakan tipe Spindle Snelheden [11]. Dengan tabel ukuran spindle seperti tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Ukuran Spindel Snelheden

		<i>Spindle Snelheden</i>		
		O/min		
		1	2	3
I	A	360	1810	1095
	B	100	500	300
	C	280	1400	840
II	A	235	1200	700
	B	65	330	200
	C	160	910	550



Gambar 3. *Spindle Snelheden*

### 3. Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, *stainless steel 304* atau baja tahan karat digunakan. Baja tahan karat adalah logam yang dibuat dengan kromium untuk mencegah proses korosi, yang mengubah logam menjadi karat. Proses oksidasi spontan oksigen terhadap krom menghasilkan lapisan oksida kromium yang mencegah oksidasi besi, yang menghasilkan kemampuan tahan karat. Mekanisme perlindungan lapisan ini jelas berbeda dari mekanisme perlindungan cat atau baja yang dilapisi (seperti Seng dan Cadmium). Berwarna perak, baja tahan karat memiliki kekuatan dan kekerasan tinggi yang membuat pembubutan tidak mudah patah. Ini membuat pembubutan lebih cepat dan lebih mudah [12][13].



Gambar 4. Benda kerja *stainless steel 304*

### 4. Alat ukur kekasaran permukaan

Alat uji kekasaran permukaan Surface Roughness Tester Type yang berfungsi mengukur nilai kekasaran dari permukaan spesimen benda kerja hasil proses pembubutan dengan variasi jenis media spindle snelheden yang digunakan [14]. Kekasaran permukaan merujuk pada deviasi rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan suatu benda. Nilai kekasaran permukaan pada benda kerja industri sangat dipengaruhi oleh alat yang digunakan dalam proses pembubutan. Dalam pengujian kekasaran permukaan, spindle digunakan pada mesin bubut. Penggunaan spindle ini memungkinkan pengukuran tingkat kekasaran permukaan dengan cara mengamati langsung keadaan kekasaran permukaan benda kerja, bahan logam mempunyai sifat-sifat umum seperti kuat, ulet, mudah dibentuk dan bersifat penghantar panas dan listrik yang baik [15][16][17].

Dibawah ini adalah hasil pengujian kekasaran yang memiliki tingkat kehalusan tinggi, sebagai berikut :


#### 1. Kecepatan Spindel 1095 RPM, dengan Feed 0,05

Dapat dilihat pada tabel 2, pada titik uji A B C memiliki nilai berturut-turut yaitu : A = 3,852  $\mu\text{m}$ , B = 3,727  $\mu\text{m}$ , C = 4,041  $\mu\text{m}$

Titik Uji A = 3,852 $\mu\text{m}$	
Titik Uji B = 3,727 $\mu\text{m}$	

2. Kecepatan Spindel 1200 RPM, dengan Feed 0,16

Dapat dilihat pada tabel 2, pada titik uji A B C memiliki nilai berturut-turut yaitu : A = 2,407  $\mu\text{m}$ , B = 2,491  $\mu\text{m}$  , C = 2,167  $\mu\text{m}$

Titik Uji C = 2,167 $\mu\text{m}$	
-----------------------------------	--

Dari 2 hasil uji kekasaran dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *spindle snelheden* dan pahatan *type insert*, dengan menggunakan kecepatan 1095 RPM dan feed 0,05 serta menggunakan kecepatan 1200 RPM dan feed 0,16, maka dapat dihasilkan hasil permukaan benda uji *steinless stell* 304 dengan tingkat kehalusan tinggi. Dimana hasil anailisa menunjukkan bahwa dengan menggunakan *spindle snelheden* dan pahatan *type insert* memiliki hasil kekasaran permukaan pada alat uji *steinless stell* yang cukup tinggi tingkat kehalusan permukaannya, dengan melakukan pengujian yang telah dilakukan menggunakan kecepatan dan feed seperti diatas, dapat dilihat bahwa kecepatan tinggi dan nilai feed yang sesuai dapat membuat hasil kekasaran permukaan yang sangat halus.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian ini menggunakan 9 spesimen yang digunakan untuk pembubutan. Setelah dilakukannya proses pembubutan, kemudian pengukuran kekasaran permukaan menggunakan Surface Roughness Tester. Pengukuran kekasaran permukaan roughness average (Ra) pada spesimen dilakukan pada benda kerja Stainless Steel 304 berukuran diameter 38 mm dengan titik uji A, B, dan C setelah dilakukan proses permesinan. Jenis pahatan yang digunakan adalah tipe insert dan variasi kecepatan spindle snelheden yaitu 830 rpm, 1095 rpm, 1200 rpm.

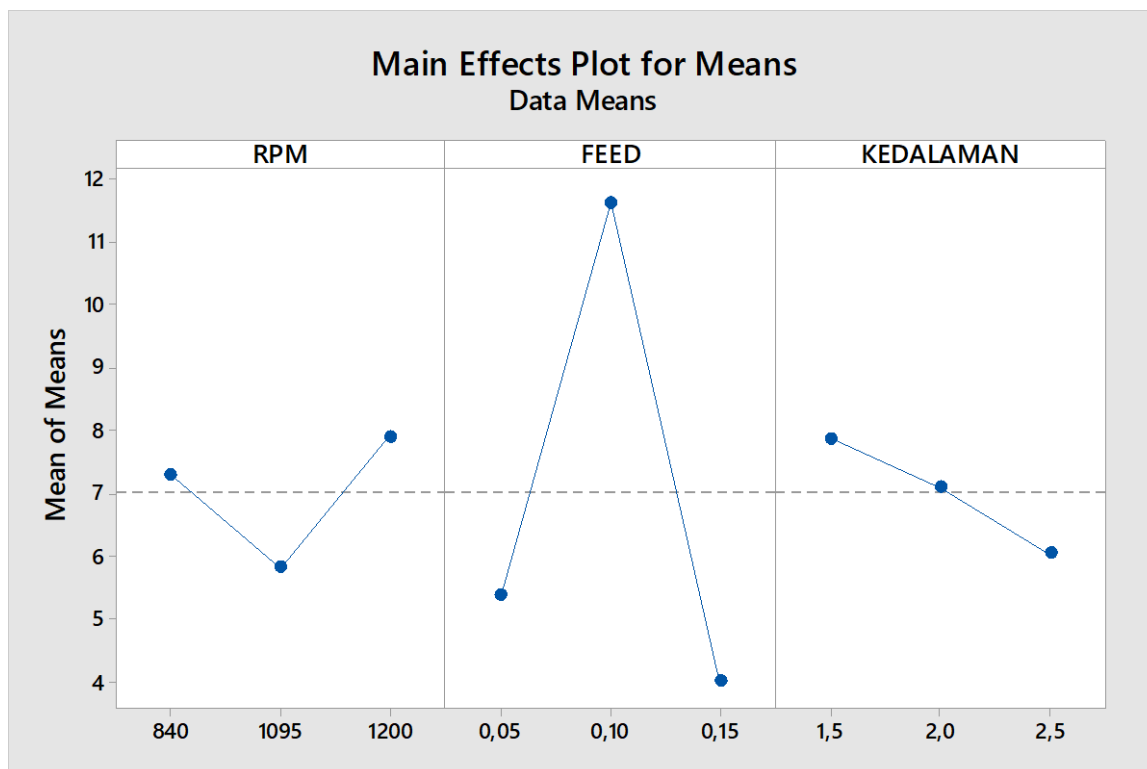
Dari hasil pengujian diatas, maka didapatkan data hasil uji coba seperti tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 2 Hasil Uji Kekasaran

No.	Kecepatan Spindel (Rpm)	Feed	Kedalaman	Titik Uji (Hasil Kekasaran $\mu\text{m}$ )		
				A	B	C
1	840	0,05	1,5	4,899	5,402	4,941
		0,010	2,0	15,41	15,07	14,74
		0,016	2,5	4,794	4,459	1,376
2	1095	0,05	2,0	3,852	3,727	4,041
		0,010	2,5	8,082	6,658	7,538
		0,016	1,5	4,313	6,658	7,583
3	1200	0,05	2,5	7,161	7,119	7,203
		0,010	1,5	11,97	12,56	12,56
		0,016	2,0	2,407	2,491	2,167

Dari tabel hasil uji diatas maka didapatkan grafik hasil uji kekasaran dengan menggunakan metode *Taguchi Analysis* yang telah diproses menggunakan software Minitab, sebagai berikut :

Grafik 1 Plot efek utama untuk sarana pengujian



Grafik di atas menunjukkan bahwa 1200 rpm, 0,10 feed, 1,5 kedalaman, adalah hasil yang paling optimal atau halus pada pembubutan permukaan benda kerja stainless steel 304.



### Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
RPM	2	0,748	0,44%	0,748	0,3741	0,02	0,984
FEED	2	110,592	65,15%	110,592	55,2960	2,46	0,289
KEDALAMAN	2	13,496	7,95%	13,496	6,7479	0,30	0,769
Error	2	44,923	26,46%	44,923	22,4617		
Total	8	169,759	100,00%				

Pengecekan kecukupan analisis meliputi pengujian signifikansi regresi dan pengujian signifikansi pada koefisien hasil ANOVA merekomendasikan, bahwa *Analysis Taguchi Design Signal to Noise Ratio: Smaller is Better* adalah yang terbaik secara hasil kostanta cocok dalam kasus ini. Analisis statistik menunjukkan bahwa nilai yang paling berkontribusi adalah 65,15%. Hal ini menggambarkan bahwa model tersebut bersifat statistik penting. Artinya model regresi memberikan penjelasan yang sangat baik tentang hubungan antara variabel independen dan respon.

### Regression Equation

$$C = 6,79 + 0,18 \text{ RPM}_{840} - 0,41 \text{ RPM}_{1095} + 0,22 \text{ RPM}_{1200} - 1,40 \text{ FEED}_{0,05} + 4,82 \text{ FEED}_{0,10} - 3,42 \text{ FEED}_{0,15} + 1,57 \text{ KEDALAMAN}_{1,5} - 0,15 \text{ KEDALAMAN}_{2,0} - 1,42 \text{ KEDALAMAN}_{2,5}$$

Diketahui bahwa tingkat kekasaran yang paling tinggi untuk permukaan benda kerja adalah pada putaran spindel 1200 RPM, feed 0,16 dan kedalaman 2,5 yang menghasilkan titik uji A = 2,407  $\mu\text{m}$ , B = 2,491  $\mu\text{m}$ , C = 2,167  $\mu\text{m}$ . Titik uji tersebut adalah nilai terbaik dari hasil uji kekasaran permukaan pada penelitian ini.

Pada proses pembubutan terjadi sebuah proses material pada turning (bubut) sehingga pada gesekan antara pahat dan benda kerja tersebut muncul sebuah gram, walaupun dengan kondisi pahat yang sama hasil bram berbeda ketika diuji dengan pemakanan feeding yang berbeda dan variasi rpm yang berbeda. karena selain karena mata potong pahat, geram yang berbeda dihasilkan dari material benda kerja, variasi dari kecepatan putar dan juga kedalaman pemakanan ( depth cut) dimana selain perbedaan kecepatan putar menyebabkan variasi dari kekasaran benda kerja juga menyebabkan perbedaan geram pada proses pemakanan dengan kecepatan putar yang berbeda. adanya pengaruh signifikan pada asutan atau feeding dan juga kecepatan putaran spindel terhadap nilai kekasaran benda kerja membuat benda kerja memiliki perbedaan kekasaran apabila dilakukan variasi kecepatan pemakanan yang berbeda dan juga kecepatan putaran yang berbeda.

## VII. KESIMPULAN

Dari penjabaran penelitian diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kekasaran dengan tingkat kehalusan tertinggi adalah 1095 RPM dan feed 0,05 yang menghasilkan titik uji A = 3,852  $\mu\text{m}$ , B = 3,727  $\mu\text{m}$ , C = 4,041  $\mu\text{m}$ . Dan 1200 RPM dan feed 0,16 yang menghasilkan titik uji A = 2,407  $\mu\text{m}$ , B = 2,491  $\mu\text{m}$ , C = 2,167  $\mu\text{m}$ .
2. Jenis Spindel yang digunakan juga sangat berpengaruh dalam menghasikan tingkat kehalusan pada bahan uji yang dibubut, pada penelitian ini jenis spindel snelheden type insert mempunyai tingkat hasil pahatan yang tinggi, dimana hasil terendah pada benda kerja yaitu 2,167  $\mu\text{m}$  didapatkan dengan hasil yang sangat halus.

Agar dapat hasil kerja yang lebih baik disarankan dapat menggunakan jenis pahatan yang lain dan menggunakan variasi kecepatan yang lain. Juga dapat menggunakan bahan uji yang lain pula untuk mendapatkan hasil uji kekasaran terbaik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang ikut terlibat membantu dan memberikan saran dalam penelitian ini, semoga penelitian ini bisa bermanfaat untuk khalayak umum.



## REFERENSI

- [1] A. Mashudi and N. A. Susanti, "Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut CNC PU," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 57–66, 2020.
- [2] N. A. P. Harahap, F. Al Qadri, D. I. Y. Harahap, M. Situmorang, and S. Wulandari, "Analisis Perkkembangan Industri Manufaktur Indonesia," *El-Mal J. Kaji. Ekon. Bisnis Islam*, vol. 4, no. 5, pp. 1444–1450, 2023, doi: 10.47467/elmal.v4i5.2918.
- [3] R. Rachmadi, Y. A. I. Irzal, and A. Kurniawan, "Pengaruh Sudut Potong Dan Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja Karbon Ems 45 Menggunakan Mesin Bubut Konvensional," *J. Vokasi Mek.*, vol. 4, no. 1, pp. 151–157, 2022, doi: 10.24036/vomek.v4i1.318.
- [4] Suprayoga, A., & Mulyadi, M. (2021). Experimental Study on AA6005-T6 Material Welded with Friction Stir Welding Using Impact Test. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 13, 1–10. <https://doi.org/10.21070/ijins.v13i.532>
- [5] B. Suroso and D. Prayogi, "Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle Dan Kedalaman Penggerindaan Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja St 37 Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 24–33, 2019, doi: 10.30596/rmme.v2i1.3066.
- [6] I. Lesmono and Yunus, "Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Baja st. 42 pada Proses Bubut Konvensional," *Jtm*, vol. 1, no. 3, pp. 48–55, 2013.
- [7] F. Pambudi, F. Pambudi, H. Abdillah, and W. Andriyanto, "Analisis Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Pengerjaan Mesin Bubut," *Din. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 137–143, 2022, doi: 10.29303/dtm.v12i2.542.
- [8] R. Poeng and F. P. Sappu, "Penguji Kecepatan Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Bubut Knuth Dm 1000 a," *J. Tekno Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [9] R. Alfianto and D. Wulandari, "Studi Eksperimen Kecepatan Putar Spindle Dan Kedalaman Potong Terhadap Getaran Pahat Dan Tingkat Kekasaran Pada Proses Pembuatan Poros Menggunakan Mesin Bubut," *Jtm*, vol. 6, no. 2, pp. 61–68, 2018.
- [10] I. P. Raharja, I. B. Suardika, and H. Galuh W, "Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Cv. Jaya Perkasa Teknik," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 39–48, 2021, doi: 10.36040/industri.v11i1.3414.
- [11] K. Sutrisna, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, "Pengaruh Variasi Kedalaman Potong Dan Kecepatan Putar Mesin Bubut Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Bahan Baja St 37," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 5, no. 3, 2019, doi: 10.23887/jjtm.v5i3.20248.
- [12] K. Umurani, "Rancang Bangun Instrument Untuk Mengukur Gaya Potong, Kecepatan, Dan Temperatur Spesimen Pada Mesin Bubut," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 1, no. 1, p. 38, 2018, doi: 10.31289/jmemme.v1i1.1199.
- [13] A. Rusilowati, "Profil kesulitan belajar fisika pokok bahasan kelistrikan siswa SMA di kota Semarang," *J. Pendidik. Fis. Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 100–106, 2006, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JPMFI/article/view/163/168>
- [14] O. Adam, I. Rizianiza, and H. D. Haryono, "Pengaruh Variasi Jenis Media Pendingin Terhadap Surface Benda Kerja St41 Dengan Menggunakan Uji Kekasaran (Surface Roughness Tester)," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 106–112, 2022, doi: 10.36289/jtmi.v17i1.230.
- [15] H. Yanuar, A. Syarief, and A. Kusairi, "Pengaruh Variasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Dengan Berbagai Media Pendingin Pada Proses Frais Konvensional," *J. Ilm. Tek. Mesin Unlam*, vol. 03, no. 1, pp. 27–33, 2014.
- [16] A. G. F. Alabi, T. K. Ajiboye, and H. D. Olusegun, "Investigating the cutting forces in heat treated medium carbon steel when turning on a lathe machine," *J. Eng. Des. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 80–93, 2010, doi: 10.1108/17260531011034664.
- [17] Prantasi, O., & Tjahjanti, H. (2019). *Buku Ajar Mata Kuliah Pengetahuan Bahan Teknik Diterbitkan oleh UMSIDA PRESS*.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*