

PENGARUH KEDALAMAN PEMAKANAN DAN KECEPATAN PUTAR SPINDEL PADA PROSES BUBUT TANPA CAIRAN PENDINGIN MATERIAL SS316L

Mukti Pambudi ¹⁾ ✉, Tarsono Dwi Susanto ²⁾ ✉,

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT WIWOROTOMO PURWOKERTO
Jl. semingkir No. 01 Purwokerto,
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA -
53134
muktipambudi22@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT WIWOROTOMO PURWOKERTO
Jl. semingkir No. 01 Purwokerto,
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA -
53134
t2Sono7212@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze turning parameters against the value of cutting vibration and surface roughness of SS316 material workpieces in the turning process without coolant. Three variations of spindle rotation speed used in this study are 500 Rpm, 600 Rpm, and 850 Rpm. As well as three variations of cutting depth are 0.5 mm, 0.75 mm, and 1 mm with a constant feed rate of 0.022 mm/rev. The results of the study showed that the combination of a spindle speed of 500 Rpm with a cutting depth of 0.5 mm produced the lowest vibration value, namely 0.7 mm/s (Rms) and produced the lowest surface roughness value, namely 0.646 μ m. From these results, it can be concluded that the parameters of spindle rotation speed and cutting depth in the turning process have a significant influence on the cutting vibration value and the surface roughness value of the object.

Keywords: Stainless Steel 316L, Cutting Vibration, Surface Roughness

1. PENDAHULUAN

Pembubutan tidak hanya dituntut untuk menghasilkan dimensi yang akurat, tetapi juga kualitas permukaan yang baik, efisiensi proses, dan umur pahat yang optimal. Proses bubut merupakan metode pemotongan logam yang paling umum digunakan karena fleksibilitasnya dalam menghasilkan berbagai bentuk, ukuran, dan tingkat kekasaran permukaan (Kalpakjian & Schmid 2014). Material SS316L banyak digunakan di industri, khususnya pada bidang medis, kimia, dan kelautan, karena memiliki ketahanan korosi yang sangat baik dan sifat mekanik yang stabil.

Salah satu tantangan utama dalam proses pembubutan adalah munculnya getaran pemotongan. Getaran yang timbul diakibatkan interaksi dinamis antara pahat, benda kerja, dan mesin, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kecepatan potong, kedalaman potong, dan laju pemakanan.

Proses pembubutan material seperti SS316L pada umumnya dilakukan dengan bantuan cairan pemotong (*cutting fluid*) untuk mengurangi panas dan gesekan. Namun penggunaan cairan pemotong menimbulkan masalah lingkungan dan biaya tambahan, sehingga tren industri mulai mengarah ke proses bubut tanpa cairan pendingin (*dry turning*). Meski lebih ramah lingkungan dan ekonomis, bubut kering berpotensi meningkatkan suhu pemotongan dan getaran, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kekasaran permukaan.

Selain getaran, kekasaran permukaan (*surface roughness*) menjadi parameter penting untuk menilai kualitas hasil pembubutan. Kekasaran permukaan yang tinggi dapat menurunkan performa komponen, terutama pada aplikasi yang membutuhkan ketahanan aus, gesekan rendah, atau kedekatan sambungan. Hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan bersifat erat, di mana peningkatan amplitudo getaran umumnya menyebabkan permukaan hasil potong menjadi lebih kasar.

Beberapa penelitian berkaitan dengan kualitas proses pemesinan telah banyak dilakukan. Pengamatan dari B.S Widodo dkk. (2023) menyimpulkan bahwa bahwa kecepatan putar spindel dan kecepatan pemakanan sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

Kecepatan rendah menghasilkan gaya potong yang lebih besar dan proses pemotongan cenderung tidak stabil, sehingga permukaan benda kerja menjadi lebih kasar.

Penelitian juga dilakukan oleh Muji Burrahman (2024), melakukan analisis Pengaruh Variasi Putaran Spindle dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4340 pada Proses Bubut Konvensional, menyimpulkan bahwa kecepatan spindle rendah dan kedalaman potong besar menghasilkan permukaan yang lebih kasar karena pemotongan tidak stabil dan geram tidak terkontrol. Sebaliknya, pada kecepatan spindle tinggi dengan kedalaman potong sedang menghasilkan pemotongan yang lebih halus dan stabil, sehingga membuat permukaan benda kerja menjadi lebih rata atau nilai kekasarannya rendah (halus).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan, khususnya variasi kecepatan putar spindle dan kedalaman pemotongan, terhadap getaran yang timbul serta kualitas permukaan hasil bubutan material SS316L tanpa penggunaan cairan pendingin. Variasi kecepatan spindle yang digunakan adalah 500 rpm, 600 rpm, dan 850 rpm, sedangkan variasi kedalaman pemotongan meliputi 0,5 mm, 0,75 mm, dan 1 mm, dengan laju pemakanan yang dijaga konstan pada 0,022 mm/rev.

2. METODE DAN BAHAN

2.1. Metode Penelitian

Jenis metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode eksperimental merupakan penelitian yang berusaha mencari pengaruh variable tertentu terhadap variable lain dalam suatu kondisi terkontrol ketat dengan teknik analisis dan statistik deskriptif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh parameter pemotongan (kecepatan putar spindle, kedalaman potong, dan laju pemakanan) terhadap getaran yang ditimbulkan dan mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses pembubutan tanpa cairan pendingin baja SS316L.

Data kekasaran permukaan dikumpulkan menggunakan *surface roughness tester*, sedangkan data getaran pada saat pembubutan diperoleh melalui pengamatan langsung menggunakan alat *SNDWAY Vibration Meter SW-65A*. Dalam penelitian ini, pembubutan dilakukan pada kecepatan spindle sebesar 500 rpm, 600 rpm, 850 rpm dengan setiap kecepatan spindle akan dilakukan pembubutan kedalaman pemakanan 0,5 mm, 0,75 mm, dan 1 mm dengan gerak pemakanan tetap sebesar 0,022 mm/rev. Seluruh hasil pengujian, baik dari pengukuran kekasaran permukaan maupun getaran pahat, disajikan dalam bentuk tabel dan grafik guna mempermudah analisis dan penarikan kesimpulan.

2.2. Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan material SS316L yang merupakan baja karbon rendah sebagai bahan dasar penelitian. SS316L adalah salah satu jenis baja tahan karat (*stainless steel*) austenit yang termasuk dalam seri 300, dikenal memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, khususnya terhadap lingkungan yang mengandung klorida atau asam, sehingga banyak digunakan dalam industri kimia, medis, dan kelautan.

Tabel 1. Komposisi kimia material SS316L

Unsur	Kadar (%)
Karbon (C)	$\leq 0,03$
Kromium (Cr)	16,0 – 18,0
Nikel (Ni)	10,0 – 14,0
Molibdenum (Mo)	2,0 – 3,0
Mangan (Mn)	$\leq 2,0$
Silikon (Si)	$\leq 1,0$
Fosfor (P)	$\leq 0,045$
Sulfur (S)	$\leq 0,03$
Besi (Fe)	sisia

Baja SS316L dilakukan pemotongan untuk pembuatan specimen sesuai dengan dimensi yang direkomendasikan yaitu memiliki panjang 95 mm dengan diameter 25 mm sebanyak 9 specimen.



Gambar 1. Hasil pembubutan specimen baja SS316L



Gambar 2. Insert pahat bubut TNMG 160404-MA

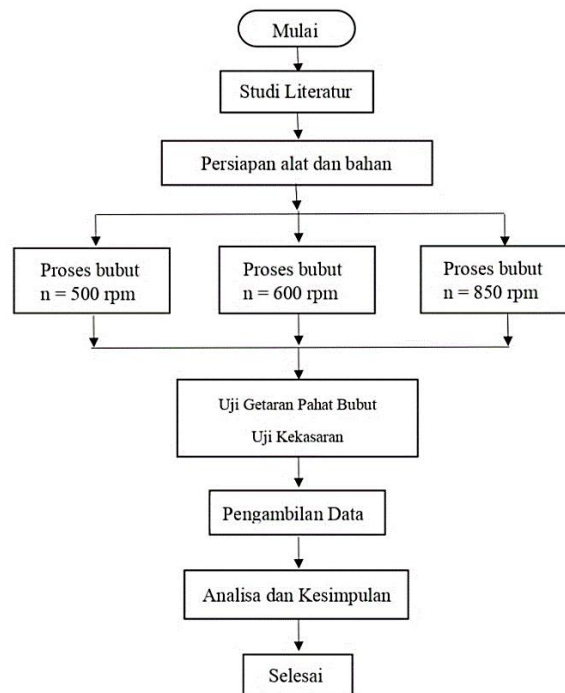
Menggunakan pahat potong berbentuk segituga dengan enam sudut potong aktif jenis *insert* tipe 160404-MA, produksi Mitsubishi Materials yang digunakan untuk proses pembubutan permukaan rata. Pemasangan pahat ini membutuhkan tambahan *holder* atauudukan pahat dalam pemasangannya dengan parameter dudukan pahat sudut jarak bebas sebesar 93° , tebal poros 20 mm, lebar kepala holder 25 mm dan panjang 125 mm.



Gambar 3. Holder pahat bubut MTJNR2020K16

2.3. Prosedur dan Alur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat prosedur dan alur penelitian yang disajikan dalam bentuk *flowchart* dibawah ini :



Gambar 4. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

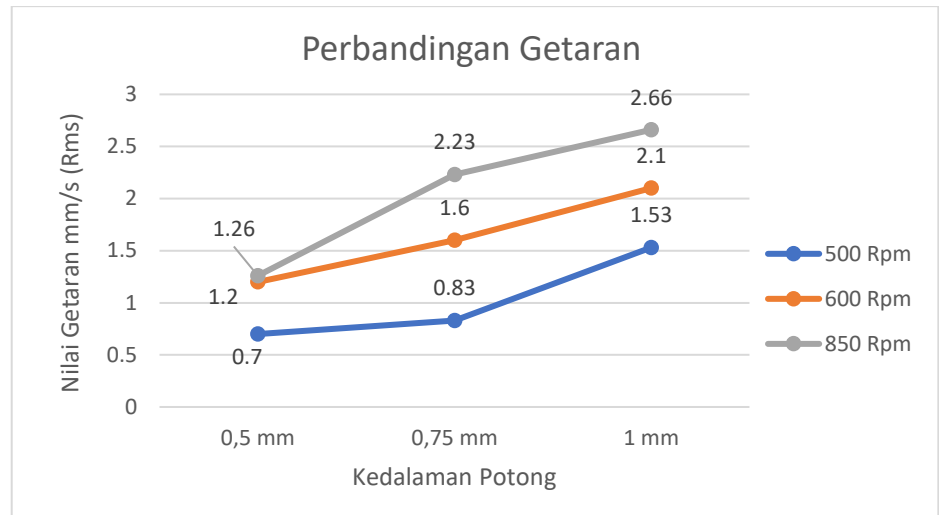
Penelitian ini dilakukan dengan uji coba pada mesin bubut tanpa cairan pendingin untuk memperoleh data getaran pahat serta kekasaran permukaan benda kerja. Setelah proses pemotongan, dilakukan pengukuran menggunakan alat uji yang telah ditentukan. Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh parameter pemotongan terhadap getaran dan kualitas permukaan, sekaligus melihat hubungan antara kedua aspek tersebut.

3.1. Analisis Data Hasil Pengujian Getaran Pahat

Pengambilan data mengenai getaran pahat bubut dilakukan pada saat pembubutan specimen baja SS316L dengan panjang 95 mm. proses pembubutan dilakukan sepanjang 50 mm dengan gerak makan konstan 0,022 mm/rev, variasi kecepatan spindle 500 rpm, 600 rpm, dan 850 rpm serta variasi kedalaman potong setiap kecepatan spindle adalah 0,5 mm, 0,75 mm, dan 1 mm. Setelah dilakukan pengambilan data terhadap getaran yang terjadi pada pahat bubut selama proses pemesinan dengan masing-masing variasi variabel yang ditentukan, didapat hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan dan Pengujian Getaran

No	Kecepatan Putar Spindel (Rpm)	Kedalaman Potong (mm)	Feed Rate (mm/rev)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-Rata Ra (μm)
1	500	0,5	0,022	0,8	0,7	0,6	0,7
2		0,75	0,022	0,8	0,9	0,8	0,83
3		1	0,022	1,5	1,6	1,5	1,53
1	600	0,5	0,022	1,2	1,3	1,1	1,2
2		0,75	0,022	1,5	1,7	1,6	1,6
3		1	0,022	2,2	2,1	2,1	2,1
1	850	0,5	0,022	1,3	1,2	1,3	1,26
2		0,75	0,022	2,2	2,3	2,2	2,23
3		1	0,022	2,7	2,7	2,6	2,66



Gambar 5. Grafik Perbandingan Getaran Pahat

Grafik diatas menjelaskan :

1. Kecepatan spindel 500 Rpm → Nilai getaran minimum 0,7 mm/s pada kedalaman 0,5 mm, dan getaran maksimum 1,53 mm/s pada kedalaman 1 mm.
2. Kecepatan spindel 600 Rpm → Nilai getaran minimum 1,2 mm/s pada kedalaman 0,5 mm, dan getaran maksimum 2,1 mm/s pada kedalaman 1 mm.
3. Kecepatan spindel 850 Rpm → Nilai getaran minimum 1,26 mm/s pada kedalaman 0,5 mm, dan getaran maksimum 2,66 mm/s pada kedalaman 1 mm.

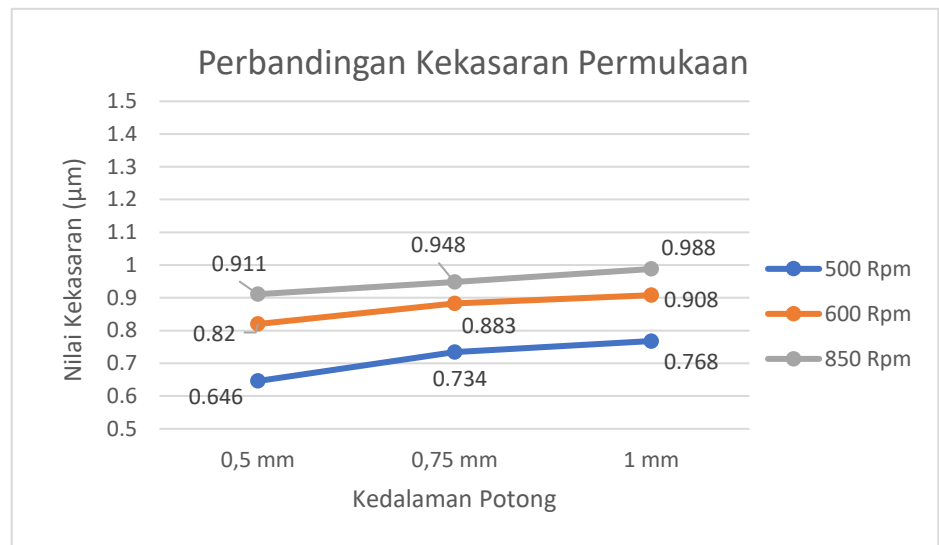
Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran spindel dan kedalaman pemotongan, maka semakin besar getaran yang timbul pada proses pembubutan. Hal ini dikarenakan pahat akan menyayat benda kerja lebih berat sehingga mengakibatkan getaran pahat yang lebih tinggi. Kenaikan nilai kedalaman pemotongan mempengaruhi nilai kenaikan RMS pada getaran yang terjadi. Makin besar nilai kedalaman pemotongan makin besar pula nilai RMS getaran yang terjadi pada pahat bubut. (Muh. Fachrul, 2024)

3.2. Analisa Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan pada 9 specimen dilakukann setelah proses pembubutan dengan gerak makan yang konstan pada 0,022 mm/rev, variasi kecepatan spindle 500 rpm, 600 rpm, dan 850 rpm serta variasi kedalaman potong setiap kecepatan spindle adalah 0,5 mm, 0,75 mm, dan 1 mm, yang mana dilakukan pengujian menggunakan alat Surface Roughness Tester pada 3 titik permukaan yang berbeda, didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

No	Kecepatan Putar Spindel (Rpm)	Kedalaman Potong (mm)	Feed Rate (mm/rev)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-Rata Ra (μm)
1	500	0,5	0,022	0,578	0,578	0,782	0,646
2		0,75	0,022	0,716	0,612	0,876	0,734
3		1	0,022	0,756	0,655	0,895	0,768
1	600	0,5	0,022	0,847	0,862	0,752	0,820
2		0,75	0,022	0,858	0,971	0,822	0,883
3		1	0,022	0,872	0,988	0,864	0,908
1	850	0,5	0,022	0,812	0,872	1,051	0,911
2		0,75	0,022	0,883	0,887	1,075	0,948
3		1	0,022	0,904	0,925	1,136	0,988



Gambar 6. Grafik Perbandingan Kekasaran Permukaan

Grafik perbandingan diatas menjelaskan :

1. Kecepatan spindel 500 Rpm → Nilai kekasaran permukaan minimum 0,656 μm pada kedalaman pemotongan 0,5 mm, dan kekasaran maksimum 0,768 μm pada kedalaman pemotongan 1 mm.
2. Kecepatan spindel 600 Rpm → Nilai kekasaran permukaan minimum 0,820 μm pada kedalaman pemotongan 0,5 mm, dan kekasaran maksimum 0,908 μm pada kedalaman pemotongan 1 mm
3. Kecepatan spindel 850 Rpm → Nilai kekasaran permukaan minimum 0,911 μm pada kedalaman pemotongan 0,5 mm, dan kekasaran maksimum 0,988 μm pada kedalaman pemotongan 1 mm

Dari penjelasan tersebut, kecenderungan menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran spindel dan kedalaman pemotongan, akan mempengaruhi permukaan benda kerja semakin kasar.

4. KESIMPULAN

Penarikan kesimpulan pada penelitian ini berdasarkan hasil uji getaran dan kekasaran permukaan dengan grafik perbandingan diatas :

1. Kecepatan spindel 500 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,5 mm menghasilkan getaran terendah yaitu 0,7 mm/s, sedangkan kecepatan spindel 850 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,5 mm menghasilkan getaran tertinggi yaitu 2,66 mm/s.
2. Kekasaran permukaan terbaik diperoleh pada kecepatan spindel 500 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,5 mm (0,0646 μm), sedangkan kekasaran terburuk pada kecepatan spindel 850 Rpm dengan kedalaman pemotongan 1 mm (0,988 μm)
3. Dari penelitian ini, dapat diketahui korelasi hubungan antara getaran pemotongan dan nilai kekasaran pada proses bubut tanpa cairan pendingin dengan material baja SS316L bahwa, terdapat korelasi antara getaran dan kekasaran permukaan dimana getaran yang tinggi akan menghasilkan permukaan benda kerja pada proses pembubutan menjadi kasar, sedangkan getaran yang rendah akan menghasilkan permukaan benda kerja yang lebih halus. Parameter dengan kecepatan rendah dan kedalaman pemotongan yang dangkal akan memberikan hasil pembubutan yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.S. Widodo, A.R. Krisnanda, dan K.A. Widi. (2023). Analisa Pengaruh Kecepatan Putar Spindel dan Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan dan Kekerasan Baja AISI 1020 pada Mesin Bubut CNC.
- [2] Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). Pearson.
- [3] Muhammad Reza Mukhib, Eko Yudo, dan Muhammad Haritsah Amrullah. (2022). Pengaruh Variasi Parameter Proses Pembubutan terhadap Kekasaran Permukaan pada Material S45C.
- [4] Muh Fachrul, Aminuddin. (2024). Analisis Pengaruh Kedalaman Pemakanan Proses Pembubutan Rata Terhadap Getaran Yang Ditumbulkan.
- [5] Muji Burrahman, Murtadhahadi, dan Sumardi. (2024). Pengaruh Variasi Putaran Spindel dan Kedalaman Pemotongan terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4340 pada Proses Bubut Konvensional.
- [6] Rao, S. S. (2011). *Mechanical Vibrations* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- [7] Rao, S. S. (2017). *Mechanical Vibrations* (6th ed.). Pearson.
- [8] Reny Afriany, Bahrul Ilmi, Asmadi, Imam Effend. (2018). Pengaruh Gerak Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SS 316L Pada Proses Bubut
- [9] Sharma, V. S., Dogra, M., & Suri, N. M. (2015). Cooling techniques for improved productivity in turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 50(6), 435-448.
- [10] Sreejith PS dan Ngoi BKA. (2000). *Dry Machining : Maching of Future*.
- [11] Seco, (2004). *Dry Machining*.