

EFFECT OF SPINDLE ROTATION IN TURNING HIGH CARBON STEEL USING HSS LATHE BLADES ON SURFACE ROUGHNESS AND INTEGRITY OF LATHE BLADES

(Pengaruh Putaran Spindel dalam Membubut Baja Karbon Tinggi Menggunakan Pisau Bubut HSS terhadap Kekasaran Permukaan dan Keutuhan Pisau Bubut)

Rizal Fernando Moy¹ dan Muhamad Jafri^{2*}

ABSTRACT

This experiment aims to determine the effect of spindle rotation on medium carbon steel turning using an HSS knife, the roughness of the object and the integrity of the blade. In the field of machining, the surface quality of an object can be influenced by several factors such as cutting speed, cutting speed, cutting angle, depth of cut and the material used in the turning process. A good lathe knife must have certain properties, so that later it can produce products with good quality (right size) and economical (short time required). The spindle lathe speed set by the workshop technician for fine-working medium carbon steel is 200 rpm. However, if analyzed using the existing theory, the spindle rotation for medium carbon steel is obtained and for the same HSS lathe, the spindle rotation is 1600 rpm. This can result in surface roughness and defects in the lathe blade, which can vary from small to large. The results showed that the inappropriate selection of spindle rotation when turning medium carbon steel using HSS resulted in defects in the lathe. Defects in the blade affect the surface roughness of the object.

Keywords: Lathe, Medium Carbon Steel, HSS, Surface Roughness, Lathe Knife

PENDAHULUAN

Keandalan sebuah mesin perkakas, khususnya mesin bubut, sangat diperlukan, mengingat benda kerja yang dibuat harus memiliki kualitas dimensi yang baik dan sesuai dengan standar produk yang ditentukan. Keandalan mesin akan menurun jika mesin tersebut sudah dipakai dalam waktu yang cukup lama (Darius, Y et.all, 2016) dan (Schelesinger, G. (1970). Demikian juga dengan mesin bubut. Penggunaan yang sudah sangat lama pada mesin

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana, Kupang, NTT -Indonesia

*Corresponding author:

muhamad_jafri@staf.undana.ac.id

tersebut tentu akan berdampak terhadap perubahan performa mesin. Penurunan kualitas mesin dapat disebabkan oleh peningkatan penyimpangan geometri mesin. Peningkatan penyimpangan dapat diartikan sebagai penurunan kemampuan pada mesin perkakas, penurunan ini bila tidak ditanggulangi akan mengakibatkan terus menurunnya kualitas produk proses pemesinan. Selain disebabkan oleh mesin perkakas penyimpangan geometrik produk juga dapat disebabkan oleh jenis dan kondisi alat potong, *tool holder*, kecepatan potong, *feed* dan *chipsection*, material yang dipotong, bentuk ukuran dan kekakuan benda kerja, peralatan pencekaman, keterampilan operator (Schelesinger, G. (1970).

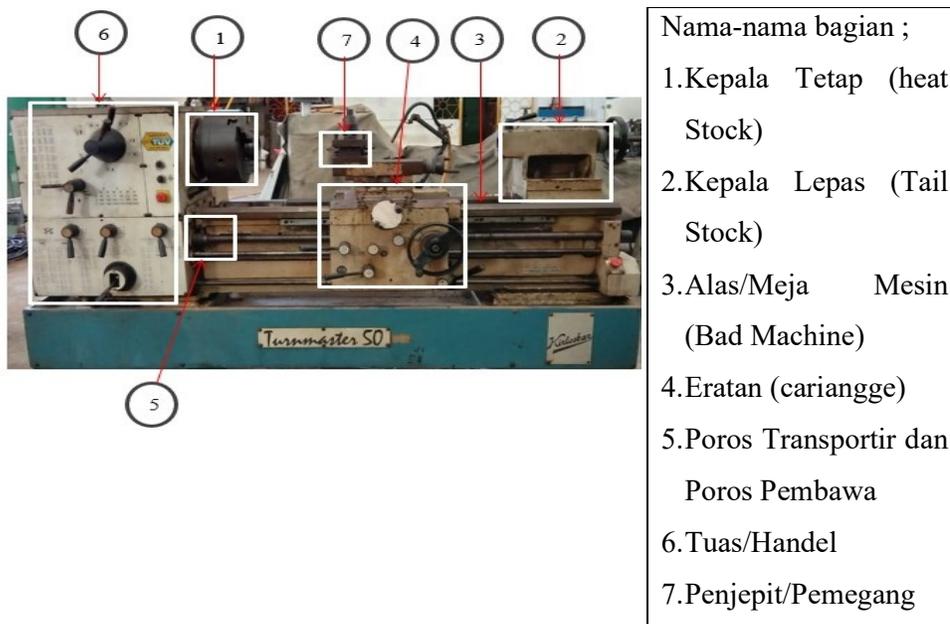
Bahan-bahan alat potong yang umum dipakai dalam pemesinan termasuk pahat pada pekerjaan yang menggunakan mesin bubut adalah (a) baja karbon tinggi, (b) baja kecepatan tinggi, dan (c) karbida coran beserta variasinya (Schey, J. A, 2009) dan (Vlack, L.H.V, 1986). Baja kecepatan tinggi (HSS) yang paling sering digunakan karena penyiapannya relatif mudah dilaksanakan dan bahan praktikum yang digunakan adalah baja karbon rendah. Pahat yang baik harus memiliki sifat-sifat tertentu, sehingga nantinya dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik (ukuran tepat) dan ekonomis (waktu yang diperlukan pendek). Secara umum, pahat harus memiliki sifat yang berlawanan dengan benda kerja, sifat-sifat tersebut menurut (Schey, J. A, 2009) antara lain (a) pahat harus lebih keras dibandingkan dengan unsur yang paling keras dari benda kerja, bukan hanya pada suhu ruang, namun juga pada suhu pengoperasian, (b) ketangguhan (*toughness*) diartikan sebagai kemampuan (sifat) untuk menyerap energy sebelum patah, dan (c) ketahanan terhadap kejutan termal diperlukan saat terjadi pemanasan dan pendinginan yang cepat dalam pemotongan terputus-putus.

Peningkatan kualitas produksi harus disertai dengan kualitas produk yang digunakan (Zubaidi, et.all, 2012). Pada bidang permesinan, kualitas permukaan suatu benda kerja dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu pemotongan, kecepatan pemotongan, sudut pemotongan, kedalaman potong dan material yang digunakan dalam proses pembubutannya Salam, R., S (2020). Salah satu kualitas produksi yang harus diperhatikan dalam melakukan pembubutan adalah kualitas permukaan hasil pembubutan. Kualitas permukaan hasil pembubutan dapat dilihat dari kekasaran permukaannya. Makin halus permukaannya makin baik pula kualitasnya, sehingga cukup beralasan juga apabila kekasaran permukaan hasil pembubutan diperhatikan dan dicari solusi untuk mendapatkan yang sehalus mungkin. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan pada pengerjaan logam dengan

menggunakan mesin bubut, antara lain kecepatan potong, ketebalan pemakanan, kondisi mesin, bahan benda kerja, bentuk ujung pahat mata potong, pendinginan dan operator. Berdasarkan uraian di atas maka sekali kita mengetahui hubungan antara kecepatan potong dan jenis material bahan yang dibubut serta mata pisau bubut yang diaplikasikan pada proses pengerjaan sebuah mesin bubut.

TINJAUAN PUSTAKA

Mesin bubut adalah salah satu jenis mesin perkakas yang digunakan untuk pemotongan benda kerja dengan cara menyayat benda kerja yang berputar, dimana pahat digerakkan secara translasi dan sejajar dengan sumbu mesin (Rochim,T, 1993). Proses bubut merupakan suatu proses pembentukan benda kerja dengan mengerjakan permukaan luar yang silindris, permukaan konis, permukaan dalam silindris ataupun konis. Umumnya, sebuah mesin bubut memiliki bagian-bagian yang memiliki fungsi masing-masing seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Mesin Bubut

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses membubut diantaranya adalah material yang dibubut dan pisau bubut yang digunakan. Dalam pengaplikasiannya baja

karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya, baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut : baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*), baja karbon tinggi (*high carbon steel*) (Furqon, G. R. S, 2016).

Pahat bubut merupakan mata potong pada proses pembubutan untuk menyayat benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Dalam penggunaannya, pahat bubut disesuaikan dengan jenis pekerjaan dan jenis bahan benda kerja yang akan dibubut. Ada beberapa kriteria yang harus dimiliki pahat, diantaranya: harus lebih keras dibanding benda kerja, tahan sifat mekanis, dan tahan aus. Pahat yang baik harus memiliki sifat keras, kuat, ulet dan tahan terhadap temperatur tinggi. Terdapat beberapa jenis material pahat, diantaranya: baja karbon, HSS (*High Speed Steel*), paduan cor nonferro, karbida, keramik, CBN (*Cubic Boron Nitrides*), dan intan. Pahat jenis HSS merupakan salah satu pahat yang mempunyai kekerasan cukup tinggi (Nugroho, S. & Senoaji, H. K, 2010). Pahat ini merupakan pahat yang paling sering dijumpai di bengkel-bengkel bubut bahkan industri sekalipun. Pada dasarnya material pahat bubut harus memiliki keunggulan-keunggulan dalam kemampuannya untuk melakukan pemotongan benda kerja.

Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut. Kecepatan putar n (*speed*) selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute, rpm*), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*Cutting speed* atau V) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerjase makin besar kecepatan potong semakin besar pula kecepatan putar spindel. Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Menurut Amstead, B.H. (1981), kecepatan potong dapat dicari dengan Persamaan (1) yaitu :

$$C_s = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000} \quad (1)$$

dimana :

C_s = cutting speed m/min

n = revolution/min (RPM)

D_c = diameter mm

Sementara itu dengan cara yang sama untuk mencari kecepatan putar spindel dapat dicari dengan Persamaan :

$$n = \frac{C_s \times 1000}{\pi \times D_c} \quad (2)$$

s = cutting speed m/min

n = revolution/min (rpm)

D_c = diameter mm

METODE

Alat yang digunakan dalam eksperimen ini adalah mesin bubut Mysore Kirloskar untuk membentuk benda kerja, jangka sorong untuk mengukur diameter benda kerja sebelum dibubut, setelah dilas dan setelah dibubut, mengukur ukuran cacat pada pisau bubut serta kamera digital untuk menunjukkan bentuk cacat. Sedangkan bahan yang digunakan adalah komponen klep dari mesin kapal pertamina, pisau bubut HSS.



Jangka sorong

Benda Kerja

Pisau Bubut

Gambar 2. Alat dan bahan yang digunakan dalam eksperimen

Metode pengambilan data dalam penelitian ini adalah metode observasi dan eksperimen. Metode observasi yang digunakan untuk mengetahui bagaimana para teknisi melakukan proses pembubutan, mengatur putaran spindel serta produk hasil pembubutan.

Sedangkan metode eksperimen yang dilakukan adalah mengukur luas cacat mata pisau. Metode analisis data menggunakan analisis kualitatif yaitu kualitas dari hasil pembubutan berupa tingkat kekasaran permukaan. Sedangkan diskriptif adalah menggunakan persamaan dari teori dasar guna mendapatkan putaran spindel mesin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Benda kerja yang biasa dilayani oleh teknis bengkel adalah rumah klep kapal pertamina. Benda kerja ini memiliki material baja karbon menengah. Salah satu sampel benda kerja yang dibubut adalah berbahan baja karbon menengah berbentuk silindris dengan diameter 101 mm. Dalam pengaplikasian benda kerja ini disyaratkan berdiameter 104 mm, sehingga sebelum proses pembubutan dilakukan pengelasan dengan penambahan elektroda melebihi ukuran yang diinginkan, kemudian dibubut untuk mendapatkan ukuran yang diminta. Hasil pengelasan diperoleh diameter bahan 109 mm, sehingga dilakukan pembubutan untuk mendapatkan diameter yang diinginkan sebesar 104 mm.



Gambar 3. Benda kerja yang dibubut

Jenis pahat yang digunakan untuk pembubutan baja karbon ini adalah jenis pahat HSS (High Speed Steel) yang ada di Bengkel Distrik Navigasi Kelas II Kupang.



Gambar 4. Jenis pahat HSS

Dalam membentuk benda kerja menggunakan mesin bubut. Pada bengkel bubut Distrik Navigasi Kelas II Kupang, teknisi dalam memposisikan tuas untuk mengatur kecepatan (gambar 5.a) di bawah ini. Kombinasi posisi spindle pengatur *feed rate* disediakan dalam bentuk tabel yang terdapat pada kepala tetap (Gambar 5.b).



a.

	D		E		F	
	M	N	M	N	M	N
A	45	56	71	90	112	140
B	160	200	250	315	400	500
C	630	800	1000	1250	1600	2000

b.

Gambar 5. Spindle dan tabel pengatur kecepatan putaran Spindle

Berdasarkan gambar posisi tuas (gambar 5.a) dan tabel pengatur *feed rate* (gambar 5.b) maka kita memperoleh nilai putaran spindle mesin bubut yang digunakan dengan menyusun ulang tabel menjadi tabel 1 berikut ini;

Tabel 1. Kode posisi spindel dan nilai kecepatan spindel

No	Posisi Spindel	Kecepatan Putar (rpm)	
1	Tabel D	DMA dan DNA	45 dan 56
		DMB dan DNB	160 dan 200
		DMC dan DNC	630 dan 800
2	Tabel E	EMA dan ENA	71 dan 90
		EMB dan ENB	250 dan 315
		EMC dan ENC	1000 dan 1250
3	Tabel F	FMA dan FNA	112 dan 140
		FMB dan FNB	400 dan 500
		FMC dan FNC	1600 dan 2000

Tabel 1. menunjukkan posisi spindle pada koden DND, sehingga nilai kecepatan spindel yang diatur pada kecepatan 200 rpm. Berdasarkan data-data yang diperoleh dari bengkel yang ditunjukkan di atas maka kecepatan potong dapat dihitung;

$$C_s = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000} \quad (3)$$

dimana:

$$C_s = \text{cutting speed} \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$n = \text{revolutions/min (200 rpm)}$$

$$D_c = \text{diameter mm (110 mm)}$$

$$C_s = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000}$$

$$C_s = \frac{\pi \times 109 \times 200}{1000}$$

$$C_s = \frac{68452}{1000}$$

$$C_s = 68.452 \text{ m/min}$$

Produk yang dihasilkan dari pengerjaan ini adalah komponen klep mesin kapal Pertamina berbahan baja karbon menengah, yang menunjukkan bahwa terdapat kekasaran yang cukup tinggi pada permukaan benda kerja yang dibubut dan sering terjadi cacat pada mata pisau bubut berbahan HSS.



Gambar 6. Bentuk dan ukuran cacat pada pisau bubut

Secara teoritis, dalam menentukan putaran spindel, kita perlu memperhatikan beberapa faktor yang berpengaruh kecepatan potong. Selain berdasarkan kombinasi penggunaan jenis material alat potong dan benda kerja, kecepatan potong juga dipengaruhi dalam pemakanan saat proses pembubutan. Perbedaan dalam pemakanan ini memperhatikan range harga kecepatan potong yang ada. Berdasarkan range harga kecepatan potong tersebut, maka jika melakukan pemakanan dengan kedalaman yang lebih tebal baiknya perhitungan putaran spindel mesin memakai nilai batas bawah dari C_s , sebaliknya jika menentukan putaran spindel mesin memakai batas atas C_s maka baiknya memakai kedalaman pemakanan yang lebih tipis. Dengan kata lain jika kedalaman pemakanan cukup tebal maka menentukan putaran spindel mesin baiknya dipakai yang lebih rendah.

Sehingga dapat dikatakan bahwa penentuan besarnya C_s juga tergantung jenis pengerjaan pembubutan. Jenis pengerjaan dimaksud adalah pengerjaan *roughing* dan *finishing*. Pengerjaan *roughing* adalah pengerjaan pengasaran, umumnya dilakukan pembubutan awal untuk guna mengurangi ketebalan bahan yang cukup banyak, sehingga hasil permukaan benda kerja masih diabaikan. *Roughing* biasanya menggunakan kedalaman potong yang tebal. Pengerjaan *finishing* adalah pengerjaan akhir, kualitas permukaan benda kerja dan ketepatan ukuran menjadi prioritas utama. Sehingga jenis pengerjaan tersebut maka nilai kecepatan potong juga dapat dibedakan. Tabel 2, menunjukkan nilai kecepatan potong untuk beberapa jenis material yang disarankan baik untuk pengerjaan kasar maupun halus.

Bahan yang dilayani untuk dibubut oleh teknisi bengkel adalah baja karbon menengah dan mata pisau bubut menggunakan HSS dengan kategori pengerjaan halus, maka dengan mengacu pada tabel 2, dipilih nilai C_s 75 m/menit. Sehingga dengan menggunakan rumus maka diperoleh putaran spindel berikut ini;

$$n = \frac{1000 \times C_s}{\pi \times D_c} \tag{4}$$

dimana:

$n = \text{revolutions/min (rpm)}$

$C_s = \text{cutting speed } \frac{m}{min} = 40 \text{ m/menit}$

$D_c = \text{diameter} = 109 \text{ mm}$

$$n = \frac{1000 \times 60 \frac{m}{mnt}}{3.14 \times 109 \text{ mm}} = \frac{60000 \frac{m}{mnt}}{34.23 \text{ m}} = 1752,848 \text{ rpm} \approx 1600 \text{ rpm}$$

Tabel 2. Kecepatan potong bahan pada pengerjaan kasar dan halus (Arifin, A, 2020)

Bahan	Cutter HSS		Cutter Carbida	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Baja perkakas	75-100	25-45	185-230	110-140
Baja karbon rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja karbon menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
Besi cor kelabu	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90

Putaran spindel mesin bubut yang diatur oleh teknisi bengkel untuk benda kerja baja karbon menengah dengan proses pengerjaan halus adalah 200 rpm. Namun kalau kita analisis menggunakan teori yang ada, diperoleh putaran spindel mesin bubut untuk benda kerja yang sama dan material pisau bubut HSS yang sama diperoleh putaran spindel 1600 rpm. Hal ini dapat mengakibatkan kekasaran permukaan produk benda kerja yang tinggi serta terjadi cacat pada pisau bubut yang bervariasi mulai dari kecil sampai besar. Selain disebabkan oleh mesin perkakas penyimpangan geometrik produk juga dapat disebabkan oleh jenis dan kondisi alat potong, *tool holder*, kecepatan potong, *feed* dan *chipsection*, material yang dipotong, bentuk ukuran dan kekakuan benda kerja, peralatan pencekaman, keterampilan operator (Schelesinger, G. (1970). Faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses pembubutan yaitu perlakuan pada mata pahat, Kedalaman potong, kecepatan potong, Gerak makan, getaran mesin pada saat pemotongan (Harahap, M.R, 2018) dan (Widiantoro, A.W, 2017). Namun menurut Romlie M dan Sunomo (2012), kualitas kekasaran permukaan hasil pembubutan dipengaruhi oleh sudut pembuangan tatal dan sudut sisi depan ujung pahat tetapi putaran spindle tidak berpengaruh.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil eksperimen ini adalah ketidaksesuaian pemilihan putaran spindel pada saat membubut bahan baja karbon tinggi menggunakan pisau berbahan HSS mengakibatkan terjadinya cacat pada pisau bubut. Tingkat kekasaran permukaan tidak dipengaruhi oleh putaran spindel, tetapi lebih dipengaruhi oleh cacat yang terjadi pada pisau bubut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H. (1981). *Teknologi Mekanik*, Erlangga, Jakarta.
- Arifin, A. (2020, August 2). Cara menentukan putaran Mesin Bubut. Diakses dari <https://achmadarifin.com/cara-menentukan-putaran-mesin-bubut>
- Darius, Y., Ade, S., & Rudy. E. (2016). Pengukuran Statis Ketelitian Gepmetrik Mesin Bubut Maximat V13 Di Bengkel Teknik Mesin PNJ Menurut Referensi. *Jurnal Politeknologi*, 5 (3), 215-228.
- Furqon, G. R. S., Firman, M., Sugeng, M. A. P. (2016) Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja St 60 dengan Media pendingin yang berbeda. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 1 (2), 21-26.
- Harahap, M. R. dan Suriyanto, A. (2018). Pengaruh Kondisi Pemotongan Baja Karbon Sc-1045, Menggunakan Pahat Hss Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan, 2 (2), 69-76.
- Nugroho, S. & Senoaji, H. K. (2010). Karakterisasi Pahat Bubut High Speed Steel (HSS) Bohler Tipe Molibdenum (M2) dan Tipe Cold Work Tool Steel (A8). *ROTASI*, 12 (4), 19-26.
- Rochim, Taufik. (1993). *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*. ITB. Bandung.
- Romlie, M. & Sunomo. (2012). Kualitas Permukaan Hasil Pembubutan dengan Menggunakan pahat bubut hasil pengembangan, *Jurnal Teknik Mesin*, 20 (1), 51-61.
- Schelesinger, G. (1970). *Testing Machine Tools*. London: The Machining Publishing Co.
- Schey, J. A. (2009). *Proses Manufaktur (Introduction to Manufacturing Processes)*. Yogyakarta: Andi.

- Salam, R., Sunarto. (2020) Pengaruh kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan kering baja ASTM A 29 menggunakan pahat karbida berlapis Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN). *Jurnal Polimesin*, 18 (1), 61-67.
- Vlack, L.H.V. (1986). *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. 1989. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Widiantoro, A. W., Khumaedi, M., Sumbodo, W. (2017). Pengaruh Jenis Material Pahat Potong Dan Arah Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ems 45 Pada Proses Cnc *Milling*. *Saintekno1*, 15 (1), 13-24.
- Zubaidi, A., Syafa'at, I. & Darmanto. (2012). Analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan material fcd 40 pada mesin bubut cnc. *Jurnal ilmiah momentum*, 8 (1), 40-47.