

**[KM-01] INTEGRITAS
PERMUKAAN BENDA KERJA
AISI 316LPADA PROSES BUBUT
KERAS**

Obet T. Ranteallo^{1*}, Fred Pahabol²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin
Universitas Cenderawasih, Papua
*E-mail : take.ranteallo@gmail.com

ABSTRAK

Bubut keras adalah proses pemesinan atau pemotongan yang menggunakan sebuah pahat tunggal untuk membubut material dengan kekerasan 45 – 70 HRC. Perbedaan proses bubut keras dengan proses bubut biasa adalah terletak pada material, pahat potong yang digunakan serta kondisi pemotongan dan mekanisme pembuangan geram atau tatal yang terjadi. Adapun tujuan dari penelitian ini, mendapatkan nilai kekasaran permukaan material Stainless Steel (SS) AISI 316 L hasil proses bubut keras. Metode yang digunakan yaitu secara eksperimental di laboratorium. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini, kondisi pemotongan putaran spindel (N) yang optimal pada proses pembubutan Stainless Steel (SS) AISI 316 L, menghasilkan nilai kekasaran permukaan benda kerja rendah (halus) adalah $N = 1000$ rpm dengan $Ra = 1,620 \mu\text{m}$.

Kata kunci : mesin bubut, insert, AISI 316L, uji kekasaran

ABSTRACT

A hard lathe is a machining or cutting process that uses a single tool to blur the material with a hardness of 45 – 70 HRC. The difference between the hard lathe process and the usual lathe process lies in the material, the cut chisel used as well as the conditions of cutting and the mechanism of disposal of dignity or tatal that occurs. As for the purpose of this study, getting the surface value of stainless steel (SS) AISI 316 L material is produced from the hard lathe process. Methods used experimentally in the laboratory. The results obtained in this study, the rotational cutting conditions of spindle rotation (N) are optimal in the stainless steel (SS) process of AISI 316 L, resulting in a low (smooth) workpiece surface roughness value of $N = 1000$ rpm with $Ra = 1,620 \mu\text{m}$.

Keywords: lathe, insert, AISI 316L, roughness test

I. PENDAHULUAN

Bubut keras adalah proses pemesinan atau pemotongan yang menggunakan sebuah pahat tunggal (*single point cutting tool*) untuk membubut material dengan kekerasan 45 – 70 HRC. Proses dasarnya serupa dengan proses bubut biasa (konvensional) hanya membutuhkan sebuah mesin dan alat potong yang harus mampu menahan beban yang lebih besar dan temperatur yang lebih tinggi (Horrison. 2004). Perbedaan proses bubut keras dengan proses bubut biasa adalah terletak pada material, pahat potong yang digunakan serta kondisi pemotongan dan mekanisme pembuangan geram atau tatal yang terjadi (Lima, 2005). Proses bubut keras lebih menguntungkan karena dapat mereduksi waktu pemesinan hingga 60% (Tonshoff, et al. 1995). Bubut keras dapat menggunakan parameter pemotongan yang besar sehingga waktu pemesinan akan berkurang atau lebih kecil dibandingkan dengan proses bubut biasa dengan kondisi yang sama.

Proses bubut keras dapat dilakukan tanpa cairan pendingin atau yang dikenal dalam dunia industry yaitu pemesinan kering (*Dry machining*) atau pemesinan hijau (*Green machining*), sehingga dapat mengurangi ongkos produksi sebesar 16% hingga 20% (Sreejith & Ngoi, 2000) dan penyelamatan lingkungan karena tidak ada cairan bekas pendingin bercampur dengan bahan-bahan kimia yang digunakan saat proses berlangsung yang terbuang ke lingkungan.

Yuliarman, et al. 2011, dalam penelitiannya menganalisa penggunaan proses bubut keras sebagai pengganti proses gerinda silinder untuk mengetahui karakteristik kekasaran permukaan benda kerja. Bahan yang digunakan baja AISI Q1 dengan kekerasan 62 HRC, pahat bubut (Insert) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$. Hasil yang diperoleh, tingkat kekasaran permukaan benda kerja terkecil sebesar $Ra = 0,53 \mu\text{m}$ pada kecepatan potong (V) = 84 m/menit, laju pemakanan (f) = 0,045 put/menit dan kedalaman potong (a) = 0,35 mm.

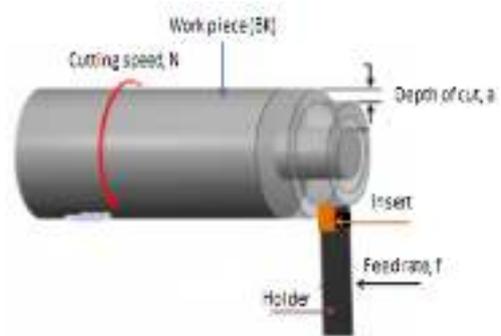
Kekasaran permukaan benda kerja hasil proses pemesian, tidak hanya ditentukan oleh factor parameter pemotongan saja akan tetapi juga bergantung pada sifat bahan yang diproses, sifat pahat yang digunakan dan kondisi pemesian.

Pada penelitian ini penulis akan melakukan analisis integritas permukaan material AISI 316L pada proses bubut keras.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Mesin bubut dan proses bubut

Mesin bubut adalah mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda kerja yang pengerjaannya diputar. Sedangkan proses bubut merupakan proses pemesian yang bertujuan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin yang berbentuk silindris yang dikerjakan oleh mesin bubut. Secara umum terdapat tiga gerakan utama pada mesin bubut. Pertama adalah proses bubut rata. Proses ini gerakan pemakanan dengan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga permukaan luar benda kerja akan dibuang. Yang kedua adalah proses bubut permukaan. Proses ini identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerak pemakanannya tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Yang ketiga adalah proses bubut tirus. Proses bubut ini sebenarnya identik dengan proses bubut rata yang telah disebutkan, hanya jalannya pahat membentuk suatu sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Bagian-bagian dari Mesin bubut pada gambar berikut.(Sudjana., 2008). Skematik proses pembubutan, gambar 1, set data penelitian tabel 1 hanya putaran spindle (N) yang divariasikan, feeding (f) dan kedalaman potong (a) konstan.



Gambar 1. Skematik proses pembubutan

2.2. Elemen dasar proses pemotongan

Menurut Rochim(2007), pada proses bubut terdapat lima elemen dasar proses pemesian, yaitu:

a. Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong merupakan kecepatan tersayatnya benda kerja hingga menghasilkan sayatan logam yang dapat berupa tatal atau *chip*. $V = \frac{\pi dn}{1000}$ (m/menit) (2.1)

Dengan :

V = Kecepatan potong (m/min)

d = Diameter benda kerja (mm)

n = Putaran poros utama (rpm)

b. Kecepatan pemakanan (*feed rate*)

Kecepatan gerak pemakanan adalah kecepatan yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap radian per menit. Kecepatan tersebut dihitung tiap menit. Untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan didasarkan pada gerak makan (f). Gerak makan ini biasanya disediakan dalam daftar spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut bersangkutan. Untuk memperoleh kecepatan gerak pemakanan yang kita inginkan kita bisa mengatur gerak makan tersebut. Untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan dapat kita rumuskan sebagai berikut :

$$v_f = f \cdot n \quad (2.2)$$

Dengan:

v_f = kecepatan gerak pemakanan (mm/menit)

f = gerak makan (mm/put)

n = putaran spindel (rpm)

c. Kedalaman pemotongan (*depth of cut*)

Kedalaman pemakanan adalah rata – rata selisih dari diameter benda kerja sebelum dibubut dengan diameter benda kerja setelah di bubut. Kedalaman pemakan dapat diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter). Kedalaman pemakanan dapat diartikan pula dengan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebalnya tatal bekas bubutan. Kedalaman pemakan dirumuskan sebagai berikut :

$$a = \frac{d_o + d_m}{2} \text{ (mm)} \quad (2.3)$$

Dengan:

a = kedalaman pemotongan (mm)

d_o = diameter awal benda kerja (mm)

d_m = diameter akhir benda kerja (mm)

d. Waktu pemotongan (*cutting time*)

Waktu pemotongan bisa diartikan dengan panjang permesinan tiap kecepatan gerak pemakanan. Satuan waktu permesinan adalah milimeter. Panjang permesinan sendiri adalah panjang pemotongan pada benda kerja ditambah langkah pengawalan ditambah dengan langkah pengakhiran, waktu pemotongan dirumuskan dengan :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \text{ (menit)} \quad (2.4)$$

Dengan:

t_c = waktu pemotongan (menit)

l_t = panjang pemotongan (mm)

v_f = kecepatan pemotonga (mm/menit)

e. Laju pembuangan geram (*material removal rate*)

Selama proses pemotongan berlangsung logam dibuang akibat perputaran benda kerja sebagai suatu geram tunggal yang tergantung pada parameter kerja mesin (Rochim,1993) Geram yang dihasilkan berupa suatu lembaran kecil kontinu atau berupa potongan-potongan. Besarnya laju

pembuangan adalah:

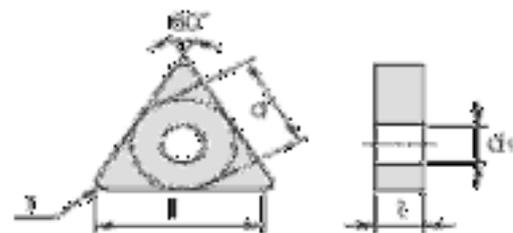
$$Z = F \cdot a \cdot V \text{ cm}^3/\text{menit} \quad (2.5)$$

Tabel 1. Set parameter pemotongan

No	(ϕ) BK mm	(Lt), mm	(N), rpm	(f), mm/pu t	(a), mm
1	20	200	490	0.045	0.5
2			750		
3			1000		
4	20	200	490	0.045	0.5
5			750		
6			1000		
7	20	200	490	0.045	0.5
8			750		
9			1000		
10	20	200	490	0.045	0.5
11			750		
12			1000		
13	20	200	490	0,045	0.5
14			750		
15			1000		

Pembubutan tanpa media pendingin (kering)

Pahat yang digunakan jenis insert seperti terlihat pada gambar 2 dan dimensinya (tabel 2).



Gambar 2. Pahat sisipan (Insert)

Tabel 2. Dimensi Pahat sisipan (Insert)

Notasi [mm]				
I	d	t	r	d ₁
15,500	9,525	4,760	0,400	3,810

2.2. Material AISI 316L

Baja Stainless AISI 316 L, termasuk jenis baja tahan karat *austenitic* (*Austenitic Stainless Steel*). Baja tahan karat banyak digunakan dalam bidang automotif dan kedirgantaraan seperti komponen pembuangan dibidang automotif, katup temperatur tinggi, ruang pembakaran, komponen mesin jet, alat potong, bearing dan lain-lain. Baja Stainless AISI 316L memiliki Komposisi kimia, tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia Stainless AISI 316L

C	Mn	P	S	Si
0,03	2,00	0,045	0,03	0,75
Mo	N	Fe	Cr	Ni
2,0 – 3,0	0,10	67,8	16,0 – 18,0	10,0 – 14,0

Sumber: Rudianto Raharjo., dkk (2015)

2.3. Integritas permukaan

Setiap permukaan dari benda kerja yang telah mengalami proses permesinan, akan terjadi perubahan bentuk permukaannya dan jika hanya diamati secara kasat mata tidak terlihat secara jelas namun apabila menggunakan alat bantu berupa mikroskop maka terlihat jelas perubahannya. Selama proses pemesinan, adalah mustahil untuk mencapai kekasaran permukaan yang ideal karena kekasaran permukaan alami berkontribusi terhadap sebagian besar dari kekasaran. *Built Up Edge* (BUE), *chatter* pada pahat, ketidakakuratan dalam gerakan alat mesin dan cacat pada struktur benda kerja adalah penyebab kekasaran permukaan alami. Profil kekasaran permukaan menurut ISO – 1302; 2005, gambar 3.



Gambar 3. Profil kekasaran permukaan benda kerja

Menurut (Rochim, 2007), profil-profil yang diterangkan diatas dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yaitu:

1. Kekasaran total (*peak to valley height/total height*) R_t (μm) adalah jarak profil referensi dengan profil alas.
2. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness/peak to mean line*), R_p (μm) adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur.
3. Kekasaran rata-rata aritmetik (*mean roughness index/center line average, CLA*), R_a (μm) adalah harga rata-rata aritmetik bagi harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l (h_1) dx \quad (2.6)$$

4. Kekasaran rata-rata kuadratik (*root mean square height*), R_q (μm) adalah akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l h l^2 dx} \quad (2.7)$$

5. Kekasaran total rata-rata, R_z (μm) adalah jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

$$R_z = \sum \frac{[R_1 + R_2 + \dots + R_5 - R_6 \dots - R_{10}]}{5} \quad (2.8)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan secara eksperimental, diperoleh hasil seperti pada tabel

Tabel 4. Nilai kekasaran permukaan (Ra) proses pembubutan AISI 316L

Putaran (rpm)	Kecepatan (mm/rev)	Kecepatan (m/min)	Spindel (rpm)	Spindel (m/min)	Spindel (rpm)	Spindel (m/min)
1			490		490	1.470
2	0,045	280	735	0,045	0,5	1.580
3			980		980	1.690
4			1225		1225	1.800
5	0,045	280	1470	0,045	0,5	1.910
6			1715		1715	2.020
7			1960		1960	2.130
8	0,045	280	2205	0,045	0,5	2.240
9			2450		2450	2.350
10			2695		2695	2.460
11	0,045	280	2940	0,045	0,5	2.570
12			3185		3185	2.680
13			3430		3430	2.790
14	0,045	280	3675	0,045	0,5	2.900
15			3920		3920	3.010

Tabel 4 hasil pengujian, memperlihatkan putaran spinder (N) yang makin meningkat maka integritas kekasaran permukaan (Ra) benda kerja semakin halus. Tabel 4 juga menunjukkan bahwa pengulangan pengujian lima kali dengan kondisi yang sama hasilnya tetap menunjukkan bahwa semakin meningkat putaran spindel, semakin kecil pula nilai kekasaran permukaan (Ra) hal ini disebabkan karena ketika putaran semakin cepat maka perpindahan kecepatan *feeding* semakin kecil atau semakin rapat sehingga permukaan benda kerja yang tersayat oleh pahat semakin kontinu dan permukaan menjadi halus. Profil permukaan benda kerja hasil pengujian (profil pembubutan ke-1 sampai ke-5) seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Profil BK pada pembubutan ke-1

Parameter pemotongan	Profil BK	Print out
N = 490 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 750 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 1000 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		

Tabel 5 menunjukkan profil permukaan benda kerja pada pembubutan ke-1, terlihat semakin tinggi putaran spindle (N) maka semakin halus permukaan benda kerja. Demikian juga terlihat pada pembubutan ke-2, ke-3, ke-4, dan ke-5, tabel 6, 7,8, dan 9.

Tabel 6. Profil BK pada pembubutan ke-2

Parameter pemotongan	Profil BK	Print out
N = 490 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 750 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 1000 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		

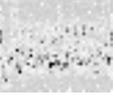
Tabel 7. Profil BK pada pembubutan ke-3

Parameter pemotongan	Profil BK	Print out
N = 490 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 750 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 1000 rpm; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		

Tabel 8. Profil BK pada pembubutan ke-4

Parameter pemotongan	Profil BK	Print out kekasaran
N = 490 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 750 rpm ; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 1000 rpm; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		

Tabel 9. Profil BK pada pembubutan ke-5

Parameter pemotongan	Profil BK	Print out
N = 490 rpm; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 750 rpm; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		
N = 1000 rpm; f = 0,045 mm/rev; a = 0,5 mm		

IV. KESIMPULAN

Integritas permukaan benda kerja AISI 316L secara rata-rata (R_a) = 1,620 μ m pada putaran spindle (N) = 1000 rpm, makin besar putaran spindle maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penulis aturkan kepada pimpinan seluruh staf pengelola jurnal Mechanical Engineering Science (MES) yang telah memberikan penulis ruang untuk mempublikasikan hasil penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Gusri, A.I., (2014). Pengaruh Pemesinan Kering Terhadap Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Paduan Titanium. Jurnal Mekanikal Vol. 5, No. 2. Teknik Mesin Universitas Lampung.
- [2] Harrison, I.S., (2004). Detecting White Layer In Hard Turned Components Using Non-Destructive Methods.

- [3] Lima J.G., (2005). Hard Turning AISI 4340 high Strength Low Alloy Steel and AISI D2 Cold Work Tool Steel.
- [4] Rochim,T., 2002. Optimasi Proses Pemesinan, Laboratprium Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung.
- [5] Rochim,T., 2007, “Proses pemesinan buku 1 : Klasifikasi proses, gaya dan pemesinan”, Bandung: ITB.
- [6] Rudianto Raharjo, dkk., 2015. Tingkat Kekasaran Permukaan Stainless Steel 316L Akibat Tekanan Steelballpeening. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin XIV Banjarmasin.
- [7] Sreejith,P.S and Ngoi,B.K.A., 2000. Dry Machining: Machining of the future, School of Mechanical and Production Engineering. Nanyang Technology University Singapore.
- [8] Thamizhmanii,S.et.al., 2011. Performance of Deep Cryogenically treated and non-treated PVD Inserts in Milling. Journal of Achievmants in materials and Manufacturing Engineering, Vol. 49, Issue 2, Desember 2011, pp. 460-466.
- [9] Widarto., 2008, Teknik Pemesinan, Jakarta : Depdiknas.
- [10] Yuliarman, Asmed, Zulhendri, Nota Effiandi., (2011). Analisa Penggunaan Proses Bubut Keras Sebagai Pengganti Proses Gerinda Selinder. Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang.