

Analisis Pengaruh Kecepatan Potong terhadap Keausan Alat Potong pada Proses Pembubutan Material S50C Menggunakan Persamaan Taylor

Danny Wicaksono^{1*}, Waluyo Musiono Bintoro²

¹Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Politeknik Astra,
Jl. Gaharu Blok F-3 Delta Silicon 2 Lippo Cikarang. Kel. Cibatu, Kec. Cikarang Selatan,
Kab. Bekasi Jawa Barat. Indonesia

²Departemen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia

*E-mail: danny.wicaksono@polytechnic.astra.ac.id

Diajukan: 15-06-2023; Diterima: 14-12-2023; Diterbitkan: 22-12-2023

Abstrak

Umur alat potong sangat bergantung pada parameter pemotongan. Terdapat beberapa parameter pemotongan seperti kecepatan potong (V_c), pemakanan (f_z), kedalaman pemakanan (a), dan beberapa kondisi lingkungan yang dapat berpengaruh terhadap proses pemotongan. Umur alat potong dapat ditingkatkan dengan menurunkan kecepatan potong, pemakanan, dan kedalaman pemakanan, tetapi hal tersebut dapat memengaruhi produktifitas dari proses pemesinan. Kecepatan potong sangat memengaruhi umur alat potong berdasarkan persamaan $V_c.T^n = C$. Nilai n pada persamaan Taylor menunjukkan material alat potong yang digunakan. Berdasarkan hasil studi literatur, penelitian umur alat potong untuk menentukan persamaan Taylor dengan parameter pemesinan dan material yang sama belum pernah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan persamaan Taylor untuk proses bubut memanjang dengan material alat kabida tungsten (WC) dengan pelapisan titanium karbonitrida (TiCN), dan benda kerja yang digunakan adalah S50C. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan memvariasikan kecepatan potong yang berkisar dari 90 m/menit s/d 195 m/menit, sedangkan parameter lain seperti f_z dan a dibuat konstan dengan nilai 0,2 mm/tooth dan 0,5 mm. Hasil eksperimen tersebut kemudian dibuat grafik kecepatan potong terhadap dimensi keausan alat potong. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan parameter pemesinan dengan laju keausan alat potong yang diinginkan, persamaan Taylor dari hasil penelitian ini adalah $V_c.T^{0,48}=847,09$.

Kata kunci: Persamaan Taylor; Proses pembubutan; Umur alat potong

Abstract

Cutting tool life is highly susceptible on the machining parameters. Machining parameters vary from depth of cut (a), feed rate (f_z), cutting speed (V_c), and environmental conditions subjected in the machining process. Lifetime of the tool will increased by reducing the machining parameter such as cutting speed, depth of cut and feeding, in addition of production time. The productivity and lifetime of the tool can be controlled by conducting the experiment and using the Taylor equation for tool life. Cutting speed has highest influence in lifetime of the cutting tool, based on the Taylor equation $V_c.T^n = C$. The value of n is an index whose value corresponds to the type of cutter used. Based on the literature study, there are no research conducted to determine the Taylor constant with this exact machining parameter and material. The cutting tools used in this study were fabricated from TiCN coated tungsten carbide (WC) and S50C sample material. In this study, experimental method was carried out with cutting speed varied within range of 90 m/minute to 195 m/minute while other cutting conditions such as depth of cut and feed were kept constant with value 0,2mm/tooth and 0,2 mm. As these parameters vary, experimental data is generated and visualized in a graph of cutting speed versus cutting tool flank wear dimension (V_b). The results of this study can be used as a reference to determine the cutting speed to improve tool life. The Taylor equation obtained in this study is $V_c.T^{0,48}=847,09$.

Keywords: Cutting Tool life; Taylor equation; Turning process

1. Pendahuluan

Industri manufaktur pada saat ini menuntut produktifitas yang tinggi dengan kualitas yang baik untuk proses pemesinan, hal tersebut dapat berdampak pada harga proses dan material habis pakai [1]. Sebagai material habis pakai, alat potong hanya menghabiskan 4% dari total biaya pemesinan, tetapi terdapat beberapa kondisi dimana alat potong memakan biaya lebih banyak dan menurunkan produktifitas karena ada waktu pergantian alat potong dan sebagainya.

Downtime yang disebabkan oleh alat potong itu dapat meningkatkan biaya proses sampai 30% [2]. Umur alat potong juga sering digunakan sebagai acuan kualitas dari alat potong itu sendiri [3]. Terdapat beberapa upaya yang dilakukan untuk memperpanjang umur alat potong, seperti menggunakan cairan pendingin untuk menghilangkan panas yang dihasilkan dari gesekan antara alat potong dan benda kerja [4], [5]. Material yang dipotong juga memiliki pengaruh terhadap umur alat potong, material yang memiliki *machinability* yang baik akan menghasilkan umur alat potong yang lebih panjang [6]. Fenomena keausan alat potong tidak dapat dihindari, keausan alat potong merupakan poroses yang terjadi secara bertahap dengan laju keausan yang dapat dikontrol dengan merubah beberapa parameter pada proses pemesinan [7]. Berdasarkan pentingnya alat potong terhadap proses pemotongan tersebut, dibutuhkan studi kasus untuk memprediksi umur alat potong yang digunakan dalam proses pemesinan untuk menghindari adanya kerusakan alat potong sebelum proses penggantian alat potong tersebut [8].

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi umur alat potong yang digunakan dalam proses pembubutan material S50C. Proses pembubutan dilakukan tanpa menggunakan cairan pendingin dan memvariasikan kecepatan potong (V_c). Berdasarkan penelitian ini, semakin tinggi nilai kecepatan potong, umur alat potong akan semakin pendek. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi parameter kecepatan potong dalam proses pembubutan tanpa menggunakan cairan pendingin.

2. Material dan metodologi

2.1. Prosedur Eksperimen

Alat potong yang digunakan dalam penelitian ini adalah DCMT 070204EN. Alat potong tersebut dilapisi dengan TiCN dengan proses *chemical vapor deposition* (CVD). Spesimen material yang digunakan adalah baja karbon S50C dengan komposisi kimia seperti pada Tabel 1. Material S50C merupakan baja karbon menengah yang memiliki kemampuan untuk dibubut yang baik karena unsur paduan karbon (C) dan mangan (Mn) tidak terlalu tinggi yang menyebabkan kekerasan material juga tidak terlalu tinggi [6]. Kekerasan material S50C berkisar antara 16 s/d 29 HRC. Mesin bubut yang digunakan adalah mesin bubut CNC EMCO GSK980TD. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, parameter yang divariasikan adalah kecepatan potong (V_c) dan waktu pemotongan (T_c), sementara *feeding* (f_z) dan kedalaman pemakanan (a) dibuat konstan. Proses pembubutan yang dilakukan adalah bubut memanjang paralel dengan sumbu benda kerja tanpa adanya kontur. Ilustrasi benda kerja yang dibubut dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Keausan dan umur alat potong

Berdasarkan peneltian Denkena B dkk, alat potong yang telah mencapai keausan tepi (V_B) 0,3 mm dapat dikatakan sudah aus karena kekasaran permukaan dan dimensi benda kerja menjadi tidak sesuai [9]. Pengukuran keausan dilakukan menggunakan mikroskop optik Olympus BX51M. Alat potong yang telah diukur dengan mikroskop kemudian ditampilkan datanya dalam bentuk grafik untuk melihat pengaruh kecepatan potong terhadap keausan.

2.3. Persamaan Taylor

Model matematis untuk memprediksi umur alat potong pada proses bubut dapat dituliskan menurut persamaan Taylor [10]–[13] seperti yang terlihat pada persamaan (1):

$$C = V_c \cdot T^n \quad (1)$$

Dimana C adalah konstanta Taylor, V_c adalah kecepatan potong (m/menit), T adalah umur alat potong (menit) dengan keausan tepi (V_B) yang telah ditetapkan. Berdasarkan persamaan (1), umur alat potong akan menurun dengan meningkatnya kecepatan potong. Persamaan (1) dapat digunakan untuk membantu mengontrol laju keausan alat potong dengan mempertimbangkan nilai kecepatan potong.

Tabel 1. Komposisi kimia spesimen S50C

Komposisi	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Ti	V
wt%	98,6	0,495	0,192	0,656	0,003	0,002	0,0443	0,003	0,004	0,0057	0,0195	0,0021	0,0033



Gambar 1. Ilustrasi proses pembubutan

Tabel 2. Parameter proses pembubutan

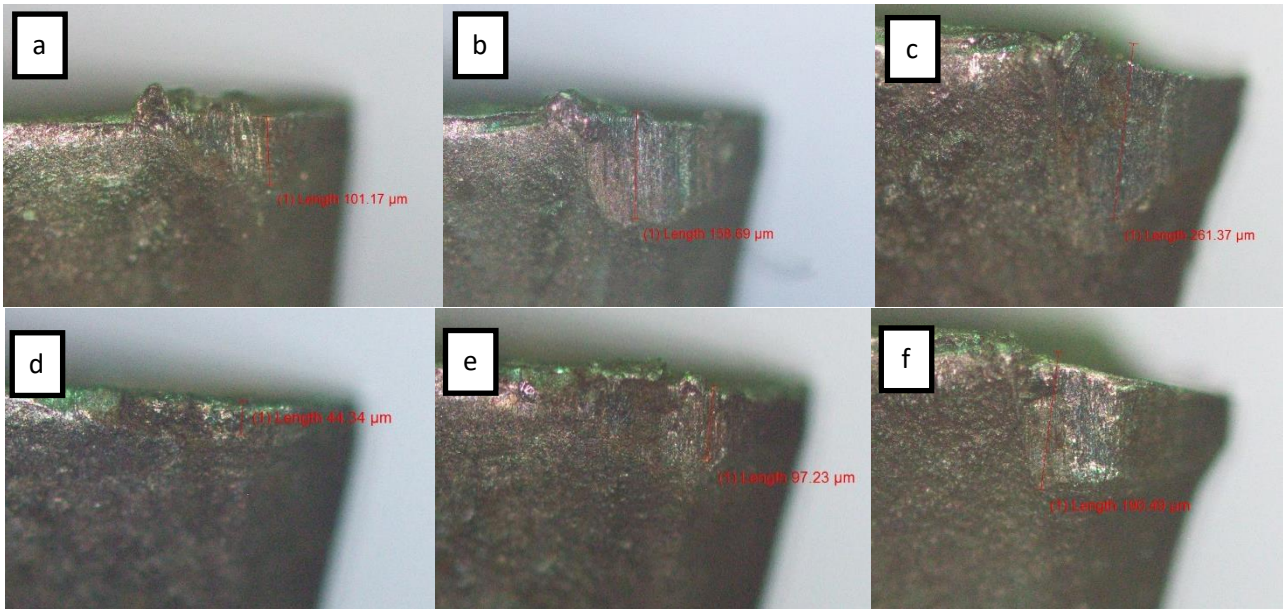
V_c (m/menit)	T_c (menit)	a (mm)	f_z (mm/sisi potong)
90	11,1	0,5	0,2
125	11,3	0,5	0,2
160	11,2	0,5	0,2
195	10,8	0,5	0,2
160	6,9	0,5	0,2
160	11,2	0,5	0,2
160	19,5	0,5	0,2

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Pengukuran keausan alat potong

Kecepatan potong yang digunakan untuk mengukur keausan tepi alat potong terhadap waktu pemotongan adalah 160 m/menit seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. Waktu pemotongan 6,9 menit menghasilkan V_B sebesar 101,17 μm seperti terlihat pada Gambar 2(a), waktu pemotongan 11,2 menit menghasilkan V_B 158,69 μm seperti terlihat pada Gambar 2(b), dan waktu pemotongan 19,5 menit menghasilkan V_B 261,37 μm seperti terlihat pada Gambar 2(c). Peningkatan nilai keausan disebabkan oleh pemakaian alat potong tersebut, walaupun kecepatan potongnya tidak berubah, keausan alat potong akan tetap bertambah seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan.

Pengaruh kecepatan potong terhadap keausan terlihat sangat signifikan. Peningkatan kecepatan potong menyebabkan keausan meningkat. Kecepatan potong 90 m/menit menghasilkan V_B 44,34 μm seperti pada Gambar 2 (d). Kecepatan potong 125 m/menit menghasilkan V_B 97,23 μm seperti pada Gambar 2 (e). Kecepatan potong 160 m/menit menghasilkan V_B 158,69 μm seperti pada Gambar 2 (b). Kecepatan potong 195 m/menit menghasilkan V_B 190,49 μm seperti pada Gambar 2 (f).



Gambar 2. Hasil pengukuran keausan alat potong.

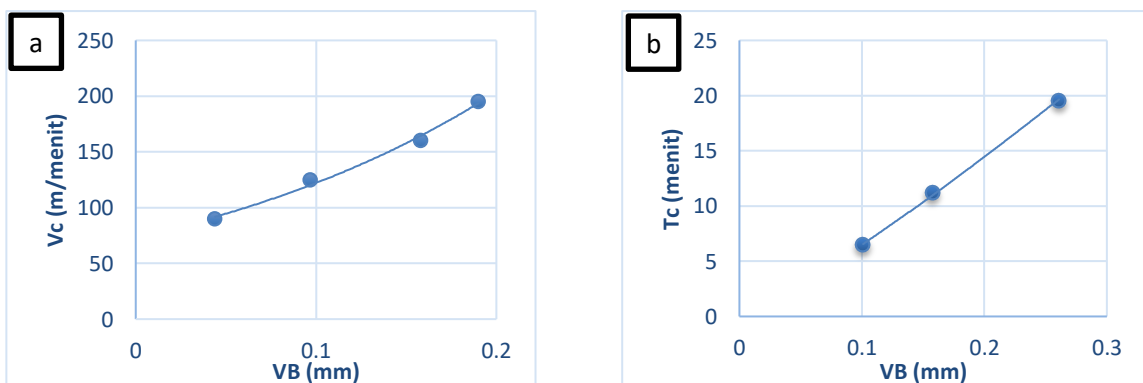
3.2 Analisis hasil pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, waktu pemakanan menghasilkan grafik yang hampir linier terhadap keausan alat potong, sedangkan kecepatan potong menghasilkan garis yang eksponensial terhadap keausan alat potong. Waktu pemakanan menyebabkan keausan alat potong bertambah besar karena seiring dengan meningkatnya pemakaian, permukaan alat potong akan tergerus secara perlahan-lahan, grafik dapat dilihat pada Gambar 3(b). Persamaan garis untuk grafik waktu pemotongan terhadap keausan dapat dilihat pada persamaan (2).

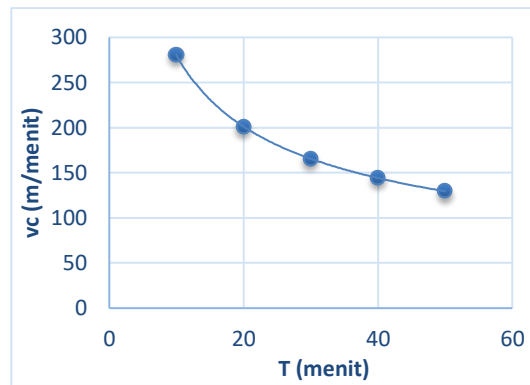
$$T_c = 92,9 \times V_B^{1,156} \quad (2)$$

Berbeda dengan waktu pemotongan, pengaruh keausan alat potong karena meningkatnya kecepatan potong tidak linier melainkan mendapatkan grafik yang eksponensial seperti pada Gambar 3(a). Hal tersebut disebabkan oleh panas yang dihasilkan oleh alat potong lebih besar seiring dengan meningkatnya kecepatan potong [14]. Persamaan garis untuk grafik waktu pemotongan terhadap keausan alat potong dapat dilihat pada persamaan (3).

$$V_c = 423,4 \times V_B^{0,504} \quad (3)$$



Gambar 3. (a) Diagram pengaruh kecepatan potong (V_c) dengan keausan alat potong (V_B), (b) Diagram pengaruh waktu pemotongan (T_c) dengan keausan alat potong (V_B).



Gambar 4. Diagram kecepatan potong (Vc) terhadap umur alat potong (T)

Persamaan (3) dan (2) dapat disubstitusikan untuk mendapatkan persamaan Taylor. Batas keausan alat potong yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,4 mm, batas keausan tersebut dimasukan ke persamaan (2) dan (3) untuk mensubstitusi kedua persamaan tersebut [15]. Persamaan (4) adalah hasil dari substitusi kedua persamaan tersebut, dari persamaan (4) grafik Vc terhadap T dapat dibuat, grafik Vc terhadap T dapat dilihat pada Gambar 4.

$$Vc \times T^{0,48} = 847,09 \quad (4)$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, kecepatan potong sangat berpengaruh pada laju keausan alat potong. Meningkatnya kecepatan potong menyebabkan peningkatan laju keausan alat potong dan berakibat pada menurunnya umur alat potong, sedangkan waktu pemakanan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju keausan alat potong. Material S50C memiliki kemampuan machining yang baik, oleh karena itu alat potong tidak mengalami kegagalan prematur dengan parameter pembubutan yang telah dilakukan. Peningkatan laju keausan disebabkan oleh peningkatan nilai kecepatan potong yang menghasilkan panas dari gesekan antara alat potong dan benda kerja [14]. Oleh karena itu nilai umur alat potong berbanding terbalik dengan nilai kecepatan potong. Kecepatan potong yang menghasilkan umur alat potong terendah adalah 195 m/menit dengan umur alat potong 21,3 menit, sedangkan kecepatan potong 90 m/menit menghasilkan umur alat potong paling tinggi yaitu sebesar 106,78 menit. Nilai konstanta Taylor pada penelitian ini adalah 847,09 dengan eksponen umur alat potong 0,48.

Daftar Pustaka

- [1] K. Tatar, S. Sjöberg, and N. Andersson, "Investigation of cutting conditions on tool life in shoulder milling of Ti6Al4V using PVD coated micro-grain carbide insert based on design of experiments," *Heliyon*, vol. 6, no. 6, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04217.
- [2] H. Sun, Y. Liu, J. Pan, J. Zhang, and W. Ji, "Enhancing cutting tool sustainability based on remaining useful life prediction," *J Clean Prod*, vol. 244, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118794.
- [3] T. L. Ginta, M. A. Lajis, A. K. M. N. Amin, and H. C. D. M. Radzi, "Tool Life Prediction by Response Surface Methodology in End Milling Titanium Alloy Ti6Al4V Using Uncoated WC-Co Inserts Surface treatment of biomedical Implants through additives mixed Electro Discharge Deposition View project Additive Manufacturing View project Tool Life Prediction by Response Surface Methodology in End Milling Titanium

- Alloy Ti-6Al-4V Using Uncoated WC-Co Inserts,” 2009. [Online]. Available: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>
- [4] S. Sulaiman, M. S. Alajmi, W. N. W. Isahak, M. Yusuf, and M. Sayuti, “Dry Milling Machining: Optimization of Cutting Parameters Affecting Surface Roughness of Aluminum 6061 using the Taguchi Method,” *International Journal of Technology*, vol. 13, no. 1, pp. 58–68, 2022, doi: 10.14716/ijtech.v13i1.4208.
- [5] M. H. S. Elmunafi, M. Y. Noordin, and D. Kurniawan, “Tool Life of Coated Carbide Cutting Tool when Turning Hardened Stainless Steel under Minimum Quantity Lubricant Using Castor Oil,” *Procedia Manuf*, vol. 2, pp. 563–567, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.097.
- [6] V. Songmene, I. Zaghbani, and G. Kientzy, “Machining and Machinability of Tool Steels: Effects of Lubrication and Machining Conditions on Tool Wear and Tool Life Data,” *Procedia CIRP*, vol. 77, pp. 505–508, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.PROCIR.2018.08.252.
- [7] A. Senthil Kumar, A. Raja Durai, and T. Sornakumar, “The effect of tool wear on tool life of alumina-based ceramic cutting tools while machining hardened martensitic stainless steel,” *J Mater Process Technol*, vol. 173, no. 2, pp. 151–156, Apr. 2006, doi: 10.1016/J.JMATPROTEC.2005.11.012.
- [8] T. Mikołajczyk, K. Nowicki, A. Bustillo, and D. Y. Pimenov, “Predicting tool life in turning operations using neural networks and image processing,” *Mech Syst Signal Process*, vol. 104, pp. 503–513, May 2018, doi: 10.1016/j.ymsp.2017.11.022.
- [9] B. Denkena, P. Helmecke, and L. Hülsemeyer, “New production technologies in aerospace industry - 5th machining innovations conference (MIC 2014) energy efficient machining with optimized coolant lubrication flow rates,” in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2014, pp. 25–31. doi: 10.1016/j.procir.2014.07.140.
- [10] P. B. Asha, C. R. P. Rao, R. Kiran, and D. V. R. Kumar, “Effect Of Machining Parameters On Cutting Tool Temperature And Tool Life While Turning EN24 And Hcher Grade Alloy Steel,” *Mater Today Proc*, vol. 5, no. 5, pp. 11819–11826, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.MATPR.2018.02.152.
- [11] C. J. Rao, D. Sreemulu, and A. T. Mathew, “Analysis of tool life during turning operation by determining optimal process parameters,” in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2014, pp. 241–250. doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.247.
- [12] C. K. Toh, “Tool life and tool wear during high-speed rough milling using alternative cutter path strategies,” in *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 2003, pp. 1295–1304. doi: 10.1243/095440503322420223.
- [13] M. Qasim Zafar, “TOOL LIFE AND SURFACE ROUGHNESS OPTIMIZATION IN CONVENTIONAL MACHINING,” 2016. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/328359766>
- [14] L. C. Magalhães, G. C. Carlesso, L. N. L. de Lacalle, M. T. Souza, F. de O. Palheta, and C. Binder, “Tool Wear Effect on Surface Integrity in AISI 1045 Steel Dry Turning,” *Materials*, vol. 15, no. 6, Mar. 2022, doi: 10.3390/ma15062031.
- [15] Hosseinkhani, K.; Ng, E.-G. A Unique Methodology for Tool Life Prediction in Machining. *J. Manuf. Mater. Process.* 2020, 4, 16. <https://doi.org/10.3390/jmmp4010016>