

ANALISIS PENINGKATAN TERJADINYA KEAUSAN MATA PAHAT KERAMIK PADA PROSES PEMOTONGAN BAJA AISI 4340

Alfred Briantio¹, Sobron Yamin Lubis², Steven Darmawan³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Email: alfred.515200001@stu.untar.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Email: sobronl@ft.untar.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Email: stevend@ft.untar.ac.id

Masuk : 25-11-2023, revisi: 5-12-2023, diterima untuk diterbitkan : 14-12-2023

ABSTRAK

Proses pemotongan logam tidak dapat dipisahkan dengan penggunaan mata pahat potong. Sifat-sifat mata pahat potong memberi spesifikasi tersendiri terhadap parameter pemotongan. Pertimbangan utama yang dilakukan dalam pemilihan mata pahat potong bergantung pada jenis benda kerja yang digunakan dan proses pemotongan yang dilaksanakan. Berkembangnya bahan benda kerja terutama dalam menghasilkan sifat-sifat yang memiliki ketahanan tinggi terhadap kekerasan dan juga suhu pemotongan hal tersebut memicu perkembangan jenis bahan mata pahat potong tersebut. Salah satu jenis mata pahat yang memiliki kekerasan dan ketahanan terhadap temperatur tinggi adalah keramik. Namun demikian, jika digunakan secara kontinu mata pahat akan mengalami keausan. Penelitian ini dilaksanakan bertujuan untuk mengetahui peningkatan terjadinya keausan pada mata pahat keramik ketika melakukan pemotongan baja paduan yang keras seperti AISI 4340. Percobaan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut konvensional. Jenis mata pahat digunakan dalam penelitian ini yaitu mata pahat keramik type TNGA 160404T02025. Parameter pemotongan terdiri Kecepatan pemotongan : 140 m/min, 220 m/min, 350 m/min, Putaran spindle : 350 r/min, 710, r/min, 1120 r/min, Kedalaman pemotongan : 0.06 mm, 0.08 mm, 1.00 mm, Hantaran pemotongan : 0.2 mm. Proses pembubutan dilakukan dengan rentang waktu 3menit, maka setiap rentang waktu tersebut pembubutan dihentikan dan dilakukan pengamatan dan pengukuran keausan pada mata pahat. Mata pahat dianggap aus jika telah mencapai nilai 0.3 mm. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kecepatan potong (V_c) berpengaruh terhadap waktu penggunaan mata pahat sisipan. Semakin tinggi kecepatan potong (V_c) maka semakin rendah nilai waktu penggunaan mata pahat sisipan. Nilai keausan mata pahat tercepat yaitu pada menit ke-9 dengan kecepatan potong 350 m/min serta kedalaman potong 0,1 mm dan nilai keausan mata pahat terlama pada menit ke-72 pada kecepatan potong 140 m/menit dan kedalaman potong 0,06 mm.

Kata Kunci: sisipan keramik, AISI4340, bubut, pembubutan kering

ABSTRACT

The metal-cutting process cannot be separated from the use of cutting tools. The characteristics of cutting tools provide their specifications for cutting parameters. The main considerations made in selecting cutting tools depend on the type of workpiece used and the cutting process carried out. The development of workpiece materials, especially in producing properties that have high resistance to hardness and cutting temperatures, has triggered the development of these types of cutting tool materials. One type of cutting tool that has hardness and resistance to high temperatures is ceramic. However, if the cutting tool is used continuously, wear will occur. This research was carried out to determine the increase in wear on ceramic cutting tools when cutting hard alloy steel such as AISI 4340. The experiment was carried out using a conventional lathe. The type of cutting tool used in this research is ceramic cutting tool type TNGA 160404T02025. Cutting parameters consist of Cutting speed: 140 m/min, 220 m/min, 350 m/min, Spindle rotation: 350 r/min, 710, r/min, 1120 r/min, Cutting depth: 0.06 mm, 0.08 mm, 1.00 mm, Cutting delivery: 0.2 mm. The turning process is carried out

over 3 minutes, then after each period the turning is stopped, and wear and tear on the cutting tool is observed and measured. A cutting tool is considered worn if it reaches a value of 0.3 mm. From the research results it was found that cutting speed (V_c) influenced the cutting tool insert usage time. The higher the cutting speed (V_c), the lower the value of the cutting tool insert usage time. The fastest cutting tool wear value was at 9 minutes with a cutting speed of 350 m/min and a cutting depth of 0.1 mm and the longest cutting tool wear value was at 72 minutes at a cutting speed of 140 m/min and a cutting depth of 0.06 mm.

Keywords: Ceramic insert, AISI4340, turning, dry turning

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

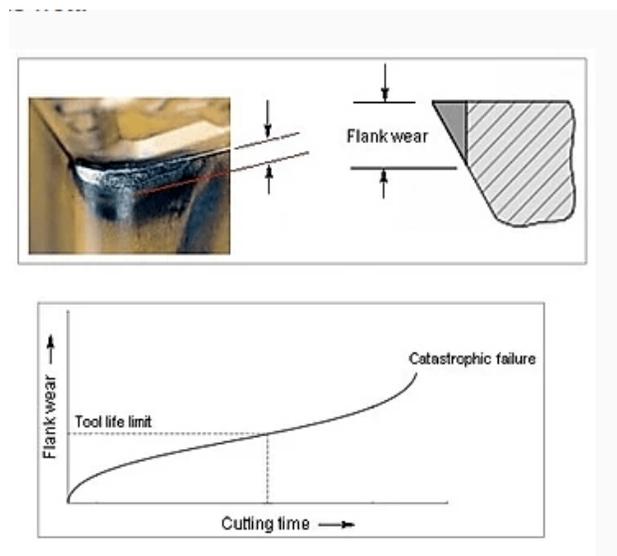
Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Bentuk dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata proses bubut yang identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Demikian juga proses bubut kontur, dilakukan dengan cara memvariasi kedalaman potong sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat bermata potong tunggal, tetapi proses bubut bermata potong jamak tetap termasuk proses bubut juga, karena pada dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses pengaturannya (*setting*) pahatnya tetap dilakukan satu persatu. Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*).

Pada proses pembubutan, mata pahat merupakan hal yang penting untuk dipertimbangkan penggunaannya. Berbagai jenis mata pahat telah dikembangkan mulai dari pahat berbahan Baja, HSS, Karbida, Cermet, Keramik, CBN, hingga diamond. Jenis material pahat tersebut digunakan berdasarkan karakteristik kekerasan material yang dipotong, semakin tinggi level kekerasan material benda kerja, maka penggunaan mata pahat juga semakin meningkat kekerasannya. Kinerja mata pahat karbida berlapis, mata pahat keramik dan CBN serta kualitas permukaan yang dikerjakan sangat bergantung pada kondisi pemotongan yaitu kecepatan potong, pemakanan, kedalaman potong dan geometri pahat.



Gambar 1. Jenis Mata Pahat Bubut

Perkembangan yang begitu significant dalam bidang material teknik, mendorong para engineer untuk terus mengembangkan jenis mata pahat yang mampu melakukan material yang keras dan kuat. Penggunaan mata pahat secara kontinu, menyebabkan terjadinya geseran yang tinggi dan menimbulkan suhu yang tinggi pada bidang kontak pemotongan logam yaitu, mata pahat, benda kerja dan chip. Panas tersebut akan menyebar pada permukaan benda kerja, sebagian akan terbawa oleh chip dan sebagian akan menyebar pada permukaan mata pahat. dan pada akhirnya mata pahat akan mengalami keausan. Selama operasi pemotongan, satu atau lebih jenis keausan dapat terjadi, yang paling relevan adalah keausan kawah (*creater wear*) dan tepi (*flank wear*), Keausan kawah muncul pada permukaan *rake angle* di area kontak pahat dengan chip. Suhu dan tekanan tinggi merupakan ciri khas zona ini. Selama pengoperasian, keausan kawah secara bertahap membesar dan ujungnya menjadi lebih tajam. Hal ini menyebabkan peningkatan tekanan pada tepi, yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan tepi. Keausan tepi muncul pada permukaan tepi, di mana pahat berada dalam kontak geser dengan material benda kerja yang baru dipotong. Keausan biasanya dimulai pada ujung radius mata pahat dan terus bertambah menjauhi pada bahagian tepi.



Gambar 2. Keausan Tepi Mata Pahat.

Menurut Attanasio dkk (2013) biasanya, keausan tepi (VB) dan rasio K (rasio antara kedalaman keausan kawah – KT – dan posisi kedalaman maksimum kawah – KM), adalah yang paling banyak digunakan dalam pengamatan keausan mata pahat, karena pengaruhnya terhadap umur mata pahat, substitusi kebijakan, biaya produksi dan integritas permukaan bagian akhir dalam hal kekasaran permukaan, distribusi tegangan sisa, dan pengerasan regangan.

Pada pemotongan benda kerja baja AISI 4340 yang merupakan termasuk kedalam baja karbon medium dengan paduan rendah Ni-Cr dan Mo, memiliki sifat yang baik dalam hal ketahanan impak dan sifat tahan abrasinya. Baja ini berguna pada penggunaan di sebagian besar sektor industri untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik / luluh yang lebih tinggi. Untuk melakukan pemotongan baja tersebut maka digunakan material pahat yang terbuat dari keramik. Karena keramik memiliki kekerasan dan ketahanan terhadap suhu yang tinggi. AISI 4340 (karbon sedang (0,4 % C) memiliki

1,8 % nikel–kromium-molibdenum) adalah baja martensit berkekuatan tinggi. Umumnya disuplai dengan pengerasan dan temper dalam tarik kisaran 0,9 hingga 1 GPa.

Namun demikian, jika mata pahat digunakan secara kontinu maka akan terjadi penurunan fungsinya hal ini disebabkan terjadinya keausan pada mata pahat tersebut. Keausan yang terjadi seiring dengan peningkatan kecepatan pemotongan dan lamanya waktu proses yang dilakukan. Untuk itu maka perlu dilakukan penelitian bagaimana keausan mata pahat terjadi secara berperingkat. Hal ini penting diketahui untuk memahami pengaruh kecepatan pemotongan terhadap laju keausan mata pahat yang terjadi. Maka berdasarkan hal tersebut penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana peningkatan terjadinya keausan pada mata pahat keramik tersebut. Sehingga dapat menentukan parameter pemotongan yang baik dalam melakukan pemotongan benda kerja yang keras dan kuat seperti baja AISI 4340.

Menurut Sobron dkk (2020), dalam proses pemotongan logam selalu ada gaya potong yang besar, gesekan, dan suhu yang tinggi, hal ini disebabkan oleh gesekan yang terus menerus dan intensif antara permukaan aktif mata pahat pemotong dan permukaan benda kerja. Kondisi ini menyebabkan keausan pada permukaan mata pahat, yang menyebabkan kerusakan terhadap kualitas permukaan dan penurunan presisi dalam benda kerja yang dikerjakan. Keausan pada permukaan mata pahat potong sangat rumit karenanya disertai dengan fenomena kimia itu muncul pada permukaan kontak antara mata pahat, benda kerja, dan chip. Dengan kata lain, keausan adalah proses destruktif pada lapisan permukaan bidang aktif mata pahat yang mengarah ke modifikasi progresif mesin, bentuk benda kerja dan kualitas permukaan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan mesin bubut konvensional.



Gambar 3. Mesin Bubut Konvensional

Bahan benda kerja AISI 4340 dengan diametere 100 mm dan panjang 250 mm yang telah dilakukan proses hardening.



Gambar 4. Benda Kerja Baja AISI 4340

Mata pahat yang digunakan adalah jenis keramik insert Type TNGA 160404T02025



Gambar 5. Mata Pahat Keramik

Pengamatan dan pengukuran keausan pada mata pahat dilakukan dengan menggunakan mikroskop portabel digital



Gambar 6. Mikroskop Portabel Digital

Parameter pemotongan

Penggunaan parameter pemotongan pada penelitian ini antara lain :

Kecepatan pemotongan : 140 m/min, 220 m/min, 350 m/min

Putaran spindle : 350 r/min, 710, r/min, 1120 r/min

Kedalaman pemotongan : 0.06 mm, 0.08 mm, 1.00 mm

Hantaran pemotongan : 0.2 mm

Prosedur eksperimen.

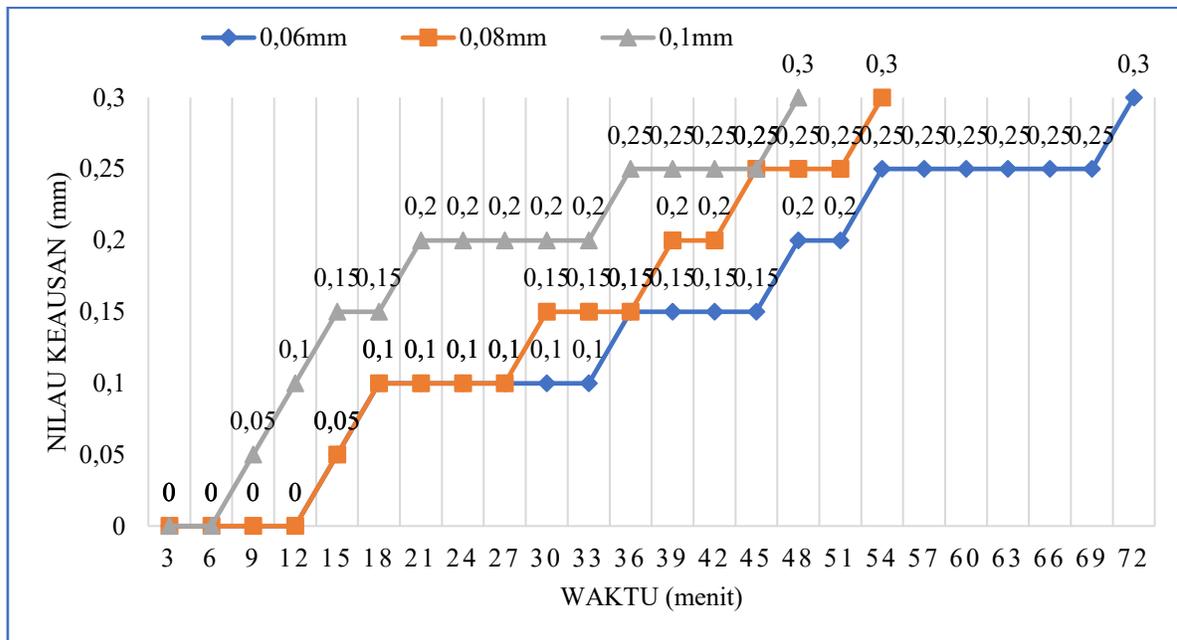
Pada eksperimen ini dilakukan dengan metode pembubutan melintang/silindris. Pembubutan melintang merupakan proses bubut ketika gerakan pahat potong sejajar atau linier dengan sumbu *spindle*. Spesimen uji dilakukan pembubutan dimulai dengan menentukan parameter independen; kedalaman potong (*depth of cut*) 0,06 – 0,1 mm, panjang pemotongan (*Lt*) 230 mm, kemudian menentukan parameter dependen dengan memvariasikan kecepatan potong (*Vc*) dimulai dari 140/min hingga 350 m/min. Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini menggunakan benda kerja berbentuk silindris dengan diameter 100 mm dengan panjang total benda kerja 250 mm. Sebelum dilakukan proses pemotongan pada mesin bubut dilakukan terlebih dahulu proses hardening pada benda kerja berbahan AISI 4340. Pengukuran keausan mata pahat pada proses pembubutan dilakukan berdasarkan standart ISO 3685.

Standar ISO 3685 menjelaskan ketergantungan umum T-vc untuk semua bahan pemotongan. Hubungan valid saat ini dari ketergantungan T-vc dijelaskan oleh Taylor membentuk dasar-dasar standar ISO 3685. Ketergantungan T-vc dirancang menurut Taylor dalam skala logaritmik. Sangat signifikan Masalah dalam standar ISO 3685 adalah evaluasi hasil. Karakteristik dan ketergantungan untuk semua bahan pemotongannya sama.

Pada tahap awal menentukan parameter pemotongan dan melakukan proses pembubutan, mata pahat bergerak menyentuh permukaan benda kerja, proses pembubutan dilakukan dengan interfal waktu untuk mengamati dan mengukur keausan yang terjadi pada mata pahat. Adapun kriteria keausan yang terjadi pada mata pahat yaitu apabila pada bahagian tepi mata pahat telah mengalami keausan (VB) sebesar 0.3 mm. Jika pada 3 menit pertama mata pahat belum menunjukkan terjadinya keausan, maka proses pemesinan di lanjutkan dengan meningkatkan waktu pemesinan. Jika setelah pemesinan di lakukan, nilai keausan pada mata pahat telah mencapai batas yang ditetapkan, maka pemesinan dihentikan, dan dilanjutkan dengan menggunakan mata pahat yang baru dan kombinasi parameter pemotongan berikutnya. Nilai yang dihasilkan kemudian dimasukkan kedalam tabel data.

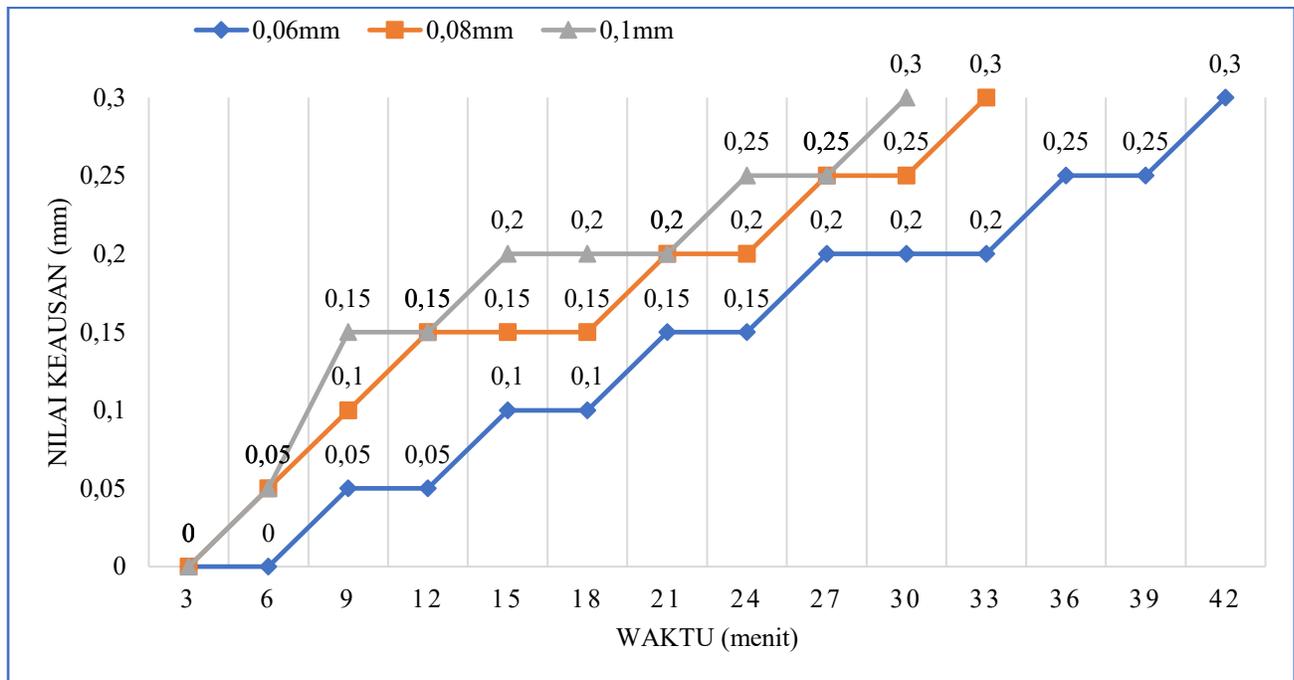
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengukuran keausan mata pahat, maka pertumbuhan keausan mata pahat keramik dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9.



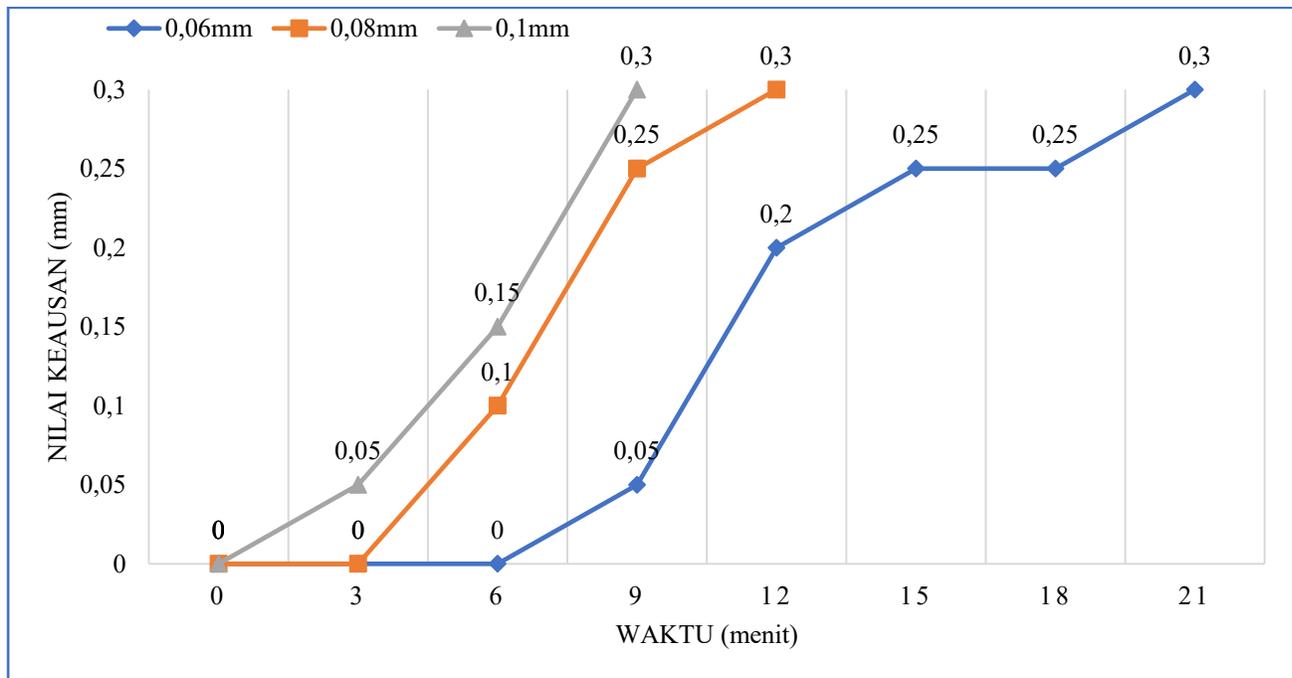
Gambar 7. Pertumbuhan keausan mata pahat pada Kecepatan Potong 140 m/menit

Berdasarkan Gambar 7. Dapat diketahui bahwa peningkatan waktu pemesian diikuti dengan bertambahnya nilai keausan yang terjadi pada mata pahat keramik. Pada kedalaman pemotongan 0.06 mm keausan yang terjadi pada mata pahat (0,3 mm) diperoleh pada menit ke 72, pertumbuhan keausan yang terjadi begitu lambat. Kemudian pada kedalaman pemotongan 0,08 mm, keausan yang terjadi pada menit ke 54. Dan pada kedalaman pemotongan 1.0 mm diperoleh keausan mata pahat yang terjadi pada menit ke 48. Dari hasil pengukuran tersebut maka dapat diketahui bahwa peningkatan kedalaman pemotongan, memberi pengaruh lebih awal tercapainya nilai keausan pada mata pahat. Hal ini terjadi oleh karena ketika mata pahat melakukan pemakanan bend kerja dengan kedalaman yang lebih besar, maka gesekan yang terjadi juga mengalami peningkatan, sehingga geseran tersebut menyebabkan terjadinya abrasiv pada bahagian tepi mata pahat. Dan seiring dengan peningkatan waktu pembubutan yang dilakukan maka lamanya geseran yang terjadi tersebut akan memperbesar area tepi mata pahat yang mengalami abrasive. Dan pada akhirnya mencapai nilai batas keausan yang telah di tetapkan.



Gambar 8. Pertumbuhan keausan mata pahat pada Kecepatan Potong 220 m/menit

Berdasarkan Gambar 8. dapat diketahui bahwa peningkatan waktu pemesinan diikuti dengan bertambahnya nilai keausan yang terjadi pada mata pahat keramik. Pada kedalaman pemotongan 0,06 mm keausan yang terjadi pada mata pahat (0,3 mm) diperoleh pada menit ke 42, pertumbuhan keausan yang terjadi begitu lambat. Kemudian pada kedalaman pemotongan 0,08 mm, keausan yang terjadi pada menit ke 33. Dan pada kedalaman pemotongan 1.0 mm diperoleh keausan mata pahat yang terjadi pada menit ke 30. Phenomena keausan yang terjadi pada pemotongan dengan kecepatan pemotongan 220 m/min ini sama dengan yang terjadi pada kecepatan pemotongan 140 m/min, namun nilai keausan yang terjadi lebih awal di capai.



Gambar 9. Pertumbuhan keausan mata pahat pada Kecepatan Potong 350 m/menit

Berdasarkan Gambar 9. dapat diketahui bahwa peningkatan waktu pemesinan diikuti dengan bertambahnya nilai keausan yang terjadi pada mata pahat keramik. Pada kedalaman pemotongan 0.06 mm keausan yang terjadi pada mata pahat (0,3 mm) diperoleh pada menit ke 21, pertumbuhan keausan yang terjadi agak lebih cepat. Kemudian pada kedalaman pemotongan 0,08 mm, keausan yang terjadi pada menit ke 12. Dan pada kedalaman pemotongan 1.0 mm diperoleh keausan mata pahat yang terjadi pada menit ke 9. Phenomena keausan yang terjadi pada pemotongan dengan kecepatan pemotongan 350 m/min ini sama dengan yang terjadi pada kecepatan pemotongan 220 m/min, namun nilai keausan lebih cepat terjadi untuk masing-masing penggunaan kedalaman pemotongan.

Berdasarkan Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9 dapat diketahui juga bahwa peningkatan kecepatan pemotongan memberi pengaruh yang begitu significant terhadap cepatnya terjadi keausan pada mata pahat, pada kecepatan pemotongan 350 m/min keausan yang terjadi pada menit ke 9, pada kecepatan pemotongan 220 m/min, keausan yang terjadi pada menit ke 30 dan pada kecepatan pemotongan 140 m/min terjadi pada 48 menit. Adapun keausan mata pahat yang lebih lama di peroleh pada kecepatan pemotongan 140 m/min dan kedalaman pemotongan 0.06 mm dengan waktu sebesar 42 menit.

Peningkatan kecepatan pemotongan menyebabkan peningkatan mata pahat melakukan geseran pada permukaan benda kerja, seiring dengan penggunaan kedalaman pemotongan yang tinggi bidang kontak yang bersentuhan dengan benda kerja juga lebih luas dan tentunya gaya pemotongan menjadi lebih besar. Geseran yang timbul tersebut menimbulkan panas pada bahagian mata pahat, chip dan benda kerja. Hal ini yang memberi kontribusi terjadinya keausan abrasive pada permukaan mata pahat tersebut.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Kecepatan potong (V_c) berpengaruh terhadap waktu penggunaan mata pahat sisipan. Semakin tinggi kecepatan potong (V_c) maka semakin rendah nilai waktu penggunaan mata pahat sisipan.
2. Geseran yang timbul pada pembubutan menimbulkan panas pada bahagian mata pahat, chip dan benda kerja. Hal ini yang memberi kontribusi terjadinya keausan abrasive pada permukaan mata pahat tersebut.
3. Kedalaman potong berpengaruh terhadap waktu pemotongan. Semakin tinggi kedalaman potong maka semakin rendah waktu penggunaan pahat sisipan. Hal ini disebabkan karena terjadi peningkatan gesekan pemakanan pada saat proses pembubutan.
4. Nilai keausan mata pahat tercepat yaitu pada menit ke-9 dengan kecepatan potong 350 m/min serta kedalaman potong 0,1 mm dan nilai keausan mata pahat terlama pada menit ke-72 pada kecepatan potong 140 m/menit dan kedalaman potong 0,06 mm.
5. Sebagai rekomendasi dari penelitian ini adalah agar lebih mempertimbangkan penggunaan kedalaman pemotongan yang kecil untuk memperlambat laju keausan yang terjadi pada mata pahat keramik.

Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah di lakukan adalah sebagai berikut.

1. Melakukan penelitian terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan sebagai efek dari terjadinya keausan pada mata pahat tersebut.
2. Melakukan pengamatan mikro struktur terhadap mata pahat keramik yang mengalami keausan untuk mengetahui phenomena kerusakan partikel keramik diakibatkan proses geseran pada pembubutan.
3. Proses pembubutan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut CNC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini ucapan terima kasih disampaikan kepada Prodi Teknik Mesin Universitas yang telah memfasilitasi penggunaan laboratorium proses produksi. Kepada Bapak Ir. M. Sobron Yamin Lubis, M.Sc, Ph.D sebagai pembimbing utama peneliti dan kepada Bapak Dr. Steven Darmawan, S.T., M.T. sebagai pembimbing pendamping peneliti yang telah banyak sekali memberikan bimbingan dan ilmu dalam penyusunan penelitian ini.

REFERENSI

- “McGraw-Hill Machining and Metalworking Handbook e-book by Denis Cormier - Rakuten Kobo,” *Rakuten Kobo*, 2005
- “MITSUBISHI MATERIALS Web Catalog -Turning Tools, Rotating Tools, Tooling Solutions,” *Mitsubishicarbide.net*, 2023.
- Altintas, Y. (2012). *Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design*. Cambridge University Press.
- Attanasio, A., Ceretti, E., & Giardini, C. (2013). Analytical models for tool wear prediction during AISI 1045 turning operations. *Procedia Cirp*, 8, 218-223.

- Bar-Hen, M., & Etsion, I. (2017). Experimental study of the effect of coating thickness and substrate roughness on tool wear during turning. *Tribology International*, 110, 341-347
- Boothroyd, G., & Knight, W. A. (2016). *Fundamentals of Machining and Machine Tools*. CRC Press
- Groover, M. P. (2016). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. John Wiley & Sons, Inc
- Heinz Tschätsch, "Applied Machining Technology," *SpringerLink*, 2014, doi: <https://doi.org/10.1007-978-3-642-01007-1>.
- He, J. (2023, November 7). *4340 Steel | 36CRNIMO4 | 1.6511 | EN24 - Otai Special Steel*. Otai Special Steel. <https://www.astmsteel.com/product/4340-steel-aisi/>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson Education, Inc.
- Lauzier, J. (2022, June 30). How to Identify and Reduce Tool Wear to Improve Quality. *MachineMetrics*. <https://www.machinemetrics.com/blog/tool-wear>
- Lubis, S. Y., Djamil, S., & Zebua, Y. K. (2020). Effect Of Cutting Speed In The Turning Process Of AISI 1045 Steel On Cutting Force And Built-Up Edge (BUE) Characteristics Of Carbide Cutting Tool. *Sinergi*, 24(3), 171-176.
- Methods in splinter machining. *EDIS ŽU Žilina*, 343.
- Neslušan, M., Turek, S., Brychta, J., Čep, R., & Tabaček, M. (2007). Experimental
- Panda, A., Duplak, J., Jurko, J., Behún, M., & Jančík, M. (2013). The analysis of ceramic cutting tools durability in machining process of steel C60 applied according to standard ISO 3685. *Applied Mechanics and Materials*, 275, 2190-2194.
- Rashid, W. B., Goel, S., Davim, J. P., & Joshi, S. N. (2016). Parametric design optimization of hard turning of AISI 4340 steel (69 HRC). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 82, 451-462.
- Rochim Taufiq, "Teori dan Teknologi Proses Pemesinan" Bandung, Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB 1993.
- Standart ISO 3685 (1993).
- Suresh, R., Basavarajappa, S., & Samuel, G. L. (2012). Some studies on hard turning of AISI 4340 steel using multilayer coated carbide tool. *Measurement*, 45(7), 1872-1884.
- Vasilko, K. (2007). Analytical theory of splinter machining. FMT TUKE, Prešov.

Halaman ini sengaja dikosongkan