

# VARIASI KECEPATAN PEMOTONGAN PROSES PEMBUBUTAN BAJA AISI 4140 TERHADAP KEAUSAN DAN UMUR MATA PAHAT KARBIDA

**Sobron Y. Lubis, Sofyan Djamil, Steven Darmawan, Adianto, Amor Santosa dan Edric VM.**

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara  
e-mail:sobronl@ft.untar.ac.id

**Abstract:** *In the machining process, increased production can be done by increasing the use of cutting parameters. However, the use of high cutting parameters has an effect on the wear of the cutting tool used. The aim of this research is to analyze the wear and tear that occurs on cutting tools and tool life when cutting AISI 4140 steel by using variations in cutting speed. The machining process uses a CNC lathe by turning the surface of the AISI 4140 steel workpiece. The wear criteria are determined when the cutting tool has reached the edge wear limit (VB) of 0.3 mm. Observation and measurement of carbide cutting tools are carried out every 5 minutes the machining process is carried out. If the cutting tool has not shown the specified wear value, then the cutting tool then cuts, so that the wear value is obtained. From the research conducted it was found that at a cutting speed of 160 m / min the cutting tool is capable of cutting for 39 minutes, 13 seconds. At a cutting speed of 180 m / min the cutting tool is capable of cutting for 38 minutes, 14 seconds. At a cutting speed of 200 m / min the cutting tool is capable of cutting for 33 minutes, 8 seconds. At a cutting speed of 240 m / min the cutting tool is capable of cutting for 26 minutes, 3 seconds. Taylor's advanced tool life for the coated carbide cutting tool in turning AISI 4140 steel material is:  $V_c \cdot T_l^{0.073} = 8203$ .*

**Keywords:** *Tool wear, carbide cutting tools, tool life, AISI 4140 steel.*

## PENDAHULUAN

Proses permesinan merupakan suatu proses untuk pembuatan alat atau produk baru, melalui suatu tahapan diawali dari bahan baku kemudian diproses menjadi suatu produk yang dapat berfungsi dengan baik. Ketika melakukan proses pemesinan, digunakan mata pahat untuk membentuk material bahan baku tersebut. Pemilihan mata pahat sangat penting karena ketika mata pahat bergesekan dengan permukaan material, akan menimbulkan panas. Dengan semakin banyaknya gesekan yang terjadi maka pahat akan mengalami keausan yang kemudian semakin membesar sehingga mata pahat menjadi rusak dan tidak dapat digunakan kembali. Dalam perencanaan proses pemesinan suatu produk diperlukan data mengenai umur pahat dan berapa lama pahat tersebut harus diganti ketika memotong satu produk. Karena mata pahat yang sudah aus memberi pengaruh terhadap ketelitian hasil produk lamanya pahat mampu melakukan pemotongan dengan baik disebut dengan umur pahat.

Umur pahat dipengaruhi oleh berbagai macam variabel proses, yaitu jenis proses pemesinan, material benda kerja dan pahat, geometri pahat, kondisi pemotongan, dan cairan pendingin yang digunakan. Umumnya kondisi pemotongan yang digunakan seperti kecepatan pemotongan memberi pengaruh terhadap waktu pemesinan dan keausan yang terjadi.

Penelitian yang dilakukan oleh Angga dkk (2018) [1] pada proses pembubutan baja karbon sedang dengan menggunakan mata pahat HSS menyatakan bahwa kecepatan pemotongan berpengaruh terhadap keausan dan temperatur dimana pada putaran spindel 1500 r/min diperoleh keausan tertinggi 0,463 mm dan pada putaran spindel 750 r/min diperoleh nilai keausan terendah 0,150 mm, sedangkan pada putaran spindel 1500 r/min didapatkan nilai temperatur tertinggi 126,3°C dan pada putaran spindel 750 r/min didapatkan temperatur terendah 65,0°C.

Kecepatan potong adalah faktor paling dominan yang mempengaruhi kekasaran permukaan dan keausan pahat. Nilai prediksi dan eksperimental untuk kekasaran permukaan dan keausan pahat masing-masing adalah sebesar 9,27% dan 1,05% [2].

Investigasi eksperimental berkaitan dengan pembubutan kering baja AISI 4140 menggunakan insert keramik campuran  $Al_2O_3 + TiCN$  yang dilapisi PVD dilakukan oleh Sudhansu dkk (2015). Efek gabungan dari parameter pemotongan (kecepatan potong, hantaran dan kedalaman pemotongan) pada karakteristik kinerja seperti permukaan kekasaran dan keausan sisi dieksplorasi

oleh desain faktorial penuh (FFD) dan analisis varians (ANOVA). Hasilnya menunjukkan bahwa hantaran pemotongan adalah parameter pemotongan utama mempengaruhi kekasaran permukaan, diikuti oleh kecepatan potong. Namun, keausan sisi dipengaruhi oleh kecepatan pemotongan kecepatan dan interaksi kedalaman hantaran dari pemotongan [3].

Berdasarkan kajian tersebut diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh variasi kecepatan pemotongan terhadap keausan dan umur pahat yang dihasilkan pada proses pembubutan baja AISI 4140.

## METODE PENELITIAN

Proses pemesinan dilakukan dengan memvariasikan lima kecepatan pemotongan dan setiap variasi kecepatan pemotongan dilakukan pengamatan dan pengukuran keausan mata pahat. Untuk menentukan nilai keausan mata pahat, maka ditetapkan suatu nilai keausan tepi VB dengan batasan keausan sebesar 0.3 mm. proses pemesinan dilakukan tanpa menggunakan coolant (*dry machining*). Peralatan dan bahan yang digunakan adalah:

1. Mesin *Turning CNC* "Mazak ICK Turn 8N"



Gambar 1. Mesin *turning CNC*

2. *Toolholder*



Gambar 2. *Toolholder*

3. Mata pahat *coated carbide* Kyocera TNMG 160404HQ



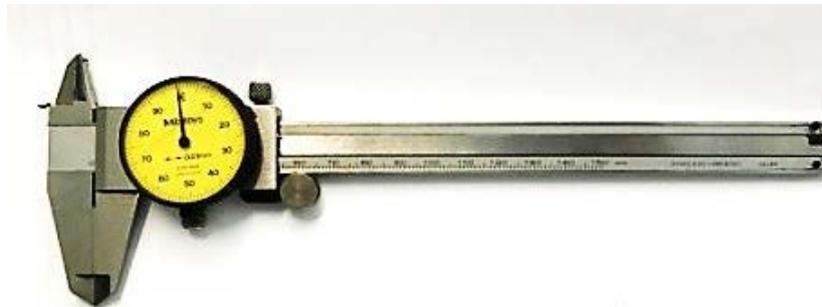
Gambar 3. Mata pahat *coated carbide*

4. Material Benda Kerja Baja AISI 4140



Gambar 4. Baja AISI 4140

5. Jangka Sorong digunakan untuk melakukan kalibrasi pada mikroskop digital.



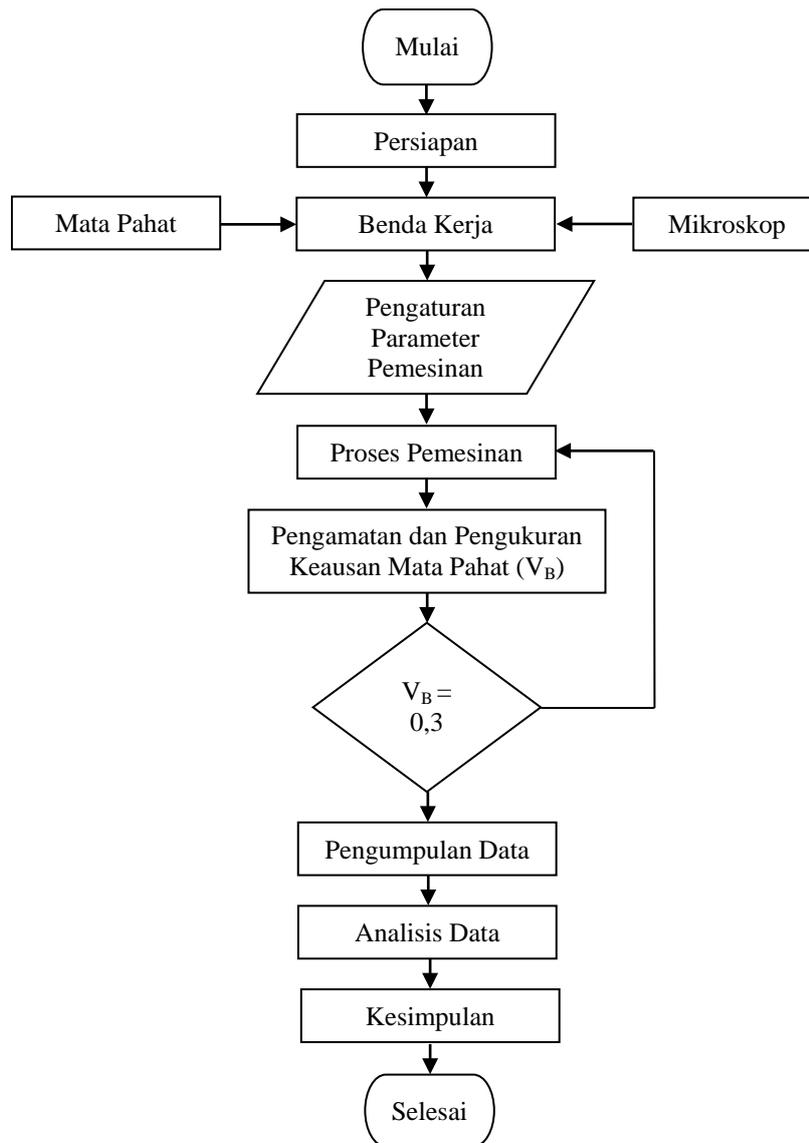
Gambar 5. Jangka sorong

6. Mikroskop Digital digunakan untuk mengamati dan mengukur nilai keausan mata pahat.



Gambar 6. Mikroskop digital

Prosedur penelitian disampaikan pada diagram alir berikut:



Gambar 7. Diagram alir penelitian

Adapun parameter pemotongan yang digunakan antara lain:

Tabel 1. Parameter pemesinan yang digunakan

<i>Cutting Speed</i>	<i>Feeding Speed</i>	<i>Depth Of Cut</i>	<i>Coolant</i>
$V_{c1} = 160$ m/min			
$V_{c2} = 180$ m/min			
$V_{c3} = 200$ m/min	250 mm/min	0.5 mm	Tidak
$V_{c4} = 220$ m/min			
$V_{c5} = 240$ m/min			

Proses pembubutan dilakukan dengan kedalaman potong sebesar 0,5 mm dan kecepatan hantaran sebesar 250 mm/min sehingga didapati panjang proses pembubutan. 150 mm dan dilakukan secara berulang kali sehingga mencapai waktu 5 menit, kemudian mata pahat diamati dan diukur pada mikroskop digital untuk mengetahui apakah nilai keausan sudah mencapai  $V_B = 0,3$  mm, jika sudah mencapai nilai tersebut kemudian dicatat berapa menit umur mata pahat dan nilai keausan pahat tersebut. Apabila mata pahat belum mencapai batas keausan maka dilakukan proses

pembubutan hingga memperoleh nilai  $V_B$  yang telah ditetapkan. Untuk setiap proses pembubutan dilakukan dengan variasi kecepatan potong dengan menggunakan mata pahat yang baru.

Setelah semua data  $V_B$  dan umur pahat yang diperlukan diperoleh, maka dilakukan pengolahan data untuk menentukan persamaan umur pahat Taylor lanjutan dengan menggunakan rumus:

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

Adapun:

- $V_c$  = Kecepatan potong (m/menit)
- $T$  = Umur pahat/*tool life* (menit)
- $n$  = Eksponen umur pahat
- $C$  = Konstanta Taylor

Dengan menggunakan turunan persamaan umur Pahat Taylor, nilai eksponen umur pahat ( $n$ ) untuk mata pahat *coated carbide* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V_{c1} \cdot (T_1)^n = V_{c5} \cdot (T_5)^n = C \quad (2)$$

Sehingga menjadi:

$$\left(\frac{V_{c5}}{V_{c1}}\right) = \left(\frac{T_1}{T_5}\right)^n \quad (3)$$

Dengan diketahuinya nilai eksponen umur pahat, maka nilai konstanta Taylor dapat diketahui dan dapat dihitung umur mata pahat *coated carbide* yang melakukan pembubutan material baja AISI 4140. Kemudian dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara umur pahat dan keausan mata pahat serta kecepatan potong dan umur pahat serta grafik log untuk persamaan umur pahat Taylor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah umur pahat dari pengujian yang telah dilakukan pada tiap kecepatan potong:

Tabel 2. Hasil pengujian  $V_c$  160 m/min

Waktu(min)	Nilai keausan (mm)				$V_B$ Rata-Rata
	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	
5	0,06	0,04	0,03	0,04	0,04
10	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07
15	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
20	0,11	0,12	0,11	0,13	0,12
25	0,15	0,13	0,13	0,14	0,14
30	0,19	0,17	0,16	0,15	0,17
35	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21
40	0,33	0,31	0,31	0,32	0,32

Tabel 3. Hasil pengujian Vc 180 m/min

Nilai keausan (mm)					
Waktu(min)	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	V <sub>B</sub> Rata-Rata
5	0,05	0,06	0,09	0,08	0,07
10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
15	0,13	0,13	0,12	0,11	0,12
20	0,14	0,16	0,15	0,12	0,14
25	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17
30	0,17	0,18	0,18	0,19	0,18
35	0,26	0,28	0,27	0,19	0,27
40	0,27	0,33	0,34	0,32	0,32

Tabel 4. Hasil pengujian Vc 200 m/min

Nilai keausan (mm)					
Waktu(min)	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	V <sub>B</sub> Rata-Rata
5	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08
10	0,10	0,09	0,08	0,10	0,09
15	0,14	0,14	0,15	0,13	0,14
20	0,18	0,16	0,17	0,16	0,17
25	0,19	0,17	0,18	0,17	0,18
30	0,23	0,22	0,19	0,26	0,23
35	0,32	0,34	0,35	0,37	0,35

Tabel 5. Hasil pengujian Vc 220 m/min

Nilai keausan (mm)					
Waktu(min)	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	V <sub>B</sub> Rata-Rata
5	0,08	0,10	0,12	0,09	0,10
10	0,10	0,11	0,17	0,15	0,13
15	0,13	0,15	0,17	0,16	0,15
20	0,16	0,17	0,19	0,18	0,18
25	0,20	0,18	0,21	0,19	0,20
30	0,26	0,27	0,22	0,28	0,26
35	0,34	0,35	0,36	0,37	0,36

Tabel 6. Hasil pengujian Vc 240 m/min

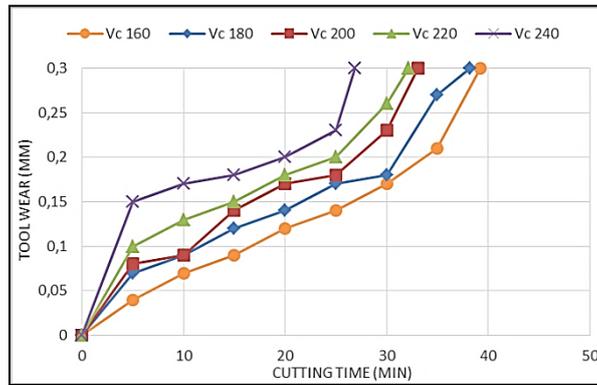
Nilai keausan (mm)					
Waktu(min)	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	V <sub>B</sub> Rata-Rata
5	0,16	0,15	0,15	0,14	0,15
10	0,18	0,17	0,15	0,18	0,17
15	0,19	0,18	0,17	0,18	0,18
20	0,21	0,20	0,19	0,19	0,20
25	0,27	0,21	0,20	0,25	0,23
30	0,29	0,33	0,33	0,35	0,33

Dengan menggunakan rumus interpolasi linear maka dapat diketahui pada menit ke-berapa tiap kecepatan potong mencapai nilai  $V_B = 0.3$  mm. Rumus interpolasi linear:

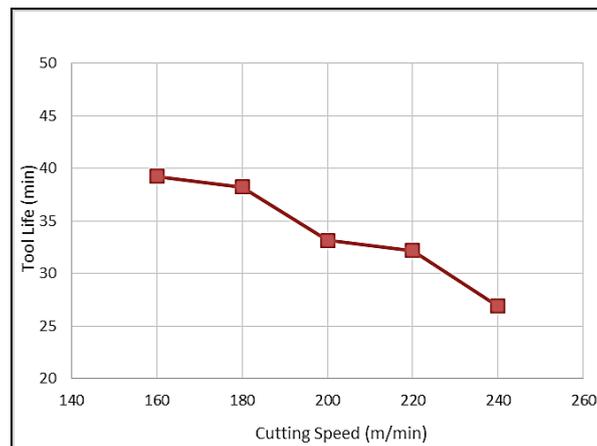
$$Y = Y_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)}(Y_2 - Y_1) \quad (4)$$

Tabel 7. Umur pahat

Vc (m/min)	Umur Pahat(min)
Vc1 = 160	T <sub>L1</sub> = 39' 13"
Vc2 = 180	T <sub>L2</sub> = 38' 14"
Vc3 = 200	T <sub>L3</sub> = 33' 8"
Vc 4 = 220	T <sub>L4</sub> = 32' 20"
Vc5 = 240	T <sub>L5</sub> = 26' 53"



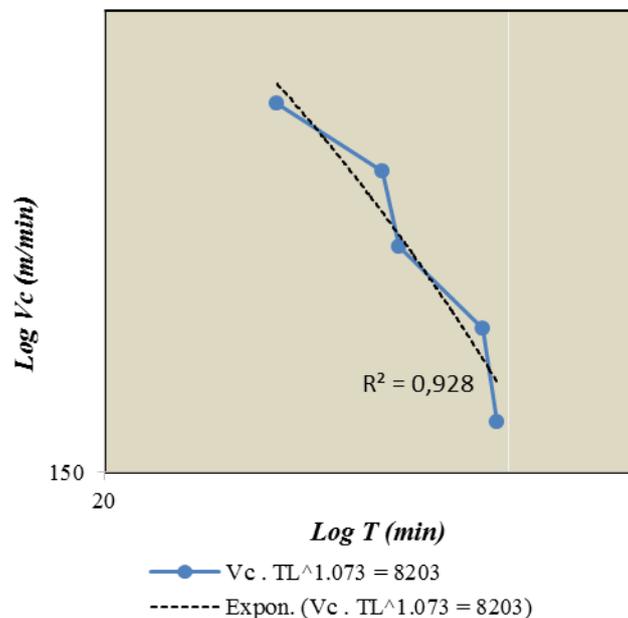
Gambar 8. Pertumbuhan keausan *coated carbide*



Gambar 9. Umur pahat berbanding kecepatan potong

Dengan menggunakan *Taylor's tool life equation*, maka persamaan umur pahat Taylor untuk mata pahat *coated carbide* yang melakukan bubut baja AISI 4140 didapat sebagai:

$$V_c \cdot T^{1.073} = 8203 \quad (5)$$



Gambar 10. Umur pahat *coated carbide* dalam grafik *log-log*

Pada kecepatan potong 160 m/min, mata pahat memiliki umur 39 menit 13 detik. Pada kecepatan potong ini pertumbuhan keausan pahat terjadi cukup lama. Pada saat memasuki menit ke-25, keausan pahat mulai terlihat. Saat proses pemesinan berlangsung mulai terjadinya suara bising pada menit ke-25. Keausan yang terjadi adalah keausan abrasif dan adhesi. Proses abrasi terjadi akibat gesekan yang berasal dari bidang geram dengan bidang mata pahat, sedangkan proses adhesi disebabkan oleh penumpukan material pada mata pahat atau yang dikenal sebagai BUE (*Built-Up Edge*). Pada menit ke 35 sampai menit ke 40, terjadi kenaikan nilai keausan pahat yang signifikan yang mengakibatkan mata pahat sudah melewati batas keausan pahat di akhir menit ke 40.

Pada kecepatan pemotongan 180 m/min, mata pahat memiliki umur 38 menit 14 detik. Pada kecepatan potong ini pertumbuhan keausan pahat terjadi cukup lama seperti pada  $V_c$  160 m/min. Keausan yang terjadi adalah keausan abrasif dan adhesi. Pada menit ke-20, keausan pahat mulai terlihat setelah menggunakan mikroskop digital. Adanya suara bising sudah mulai terjadi pada menit ke 20. Setelah memasuki menit ke-30 sampai ke-35 muncul percikan api akibat proses pembubutan. Setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan mikroskop, terjadi kenaikan nilai keausan yang cukup besar dan hasil geram yang dihasilkan berwarna kemerahan. Setelah mencapai menit ke-40, keausan pahat telah melewati batas keausan yang telah ditetapkan.

Pada kecepatan pemotongan 200 m/min, mata pahat memiliki umur 33 menit 8 detik. Pada kecepatan potong ini pertumbuhan sebagian besar terjadi akibat proses abrasi. Keausan pahat sudah mulai terlihat pada menit ke-15. Pada kecepatan ini BUE tidak terjadi terlalu banyak sehingga mempengaruhi pertumbuhan keausan pahat yang semakin cepat. Pada menit ke-30, proses pemesinan sudah menghasilkan bunyi bising dan munculnya percikan api. Setelah mencapai menit ke-35, keausan pahat telah melewati batas keausan.

Pada kecepatan pemotongan 220 m/min, mata pahat memiliki umur 32 menit 20 detik. Mata pahat juga mengalami proses keausan yang cukup kritis. Pada kecepatan potong ini, terjadi proses keausan abrasi, adhesi dan proses deformasi plastis. Proses deformasi plastis terjadi akibat adanya beban tekan dan deformasi akibat beban geser yang tinggi pada bidang geram yang mengakibatkan terjadinya keausan kawah. Hal ini ditandai dengan munculnya percikan api dan suara pemesinan yang bising.

Pada kecepatan pemotongan 240 m/min, mata pahat memiliki umur 26 menit 53 detik. Sama seperti  $V_c$  220 m/min, keausan yang terjadi dipengaruhi oleh proses abrasi, sedikit proses adhesi dan proses deformasi plastis, hanya pertumbuhannya terjadi jauh lebih cepat dibandingkan dengan  $V_c$  sebelumnya. Pada menit ke-20 sudah muncul percikan api dan suara pemesinan yang bising akibat proses pemesinan.

## SIMPULAN

Dari penelitian penentuan ini maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan penggunaan kecepatan pemotongan memberi pengaruh terhadap terjadinya peningkatan keausan pada bahagian tepi mata pahat.

Pada kecepatan pemotongan 160 m/min mata pahat mampu melakukan pemotongan selama 39 menit, 13 detik. Pada kecepatan pemotongan 1 Pada kecepatan pemotongan 160 m/min mata pahat mampu melakukan pemotongan selama 39 menit, 13 detik. 80 m/min mata pahat mampu melakukan pemotongan selama 38 menit, 14 detik. Pada kecepatan pemotongan 200 m/min mata pahat mampu melakukan pemotongan selama 33 menit, 8 detik. Pada kecepatan pemotongan 240 m/min mata pahat mampu melakukan pemotongan selama 26 menit, 3 detik.

Pertumbuhan keausan tepi mata pahat mengalami peningkatan, karena berbanding lurus dengan waktu pemotongan. Keausan yang terjadi pada mata pahat umumnya adalah keausan abrasi dan adhesi. Dengan menggunakan Taylor's tool life equation, maka persamaan umur pahat Taylor untuk mata pahat coated carbide yang melakukan bubut baja AISI 4140 didapat sebagai:  $V_c \cdot T^{1.073} = 8203$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara yang telah membiayai penelitian ini Periode II tahun 2018.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angga Zeptiawan Sastal, Yuspian Gunawan, Budiman Sudia. (2018). Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Perubahan Temperatur Pahat dan Keausan Pahat Bubut pada Proses Pembubutan Baja Karbon sedang. ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin. e-ISSN: 2502-8944. Vol. 3, No. 1, Maret 2018.
- [2] D.Manivel., R.Gandhinathan. (2016). Optimization of Surface Roughness and Tool Wear in Hard Turning of Austempered Ductile Iron (Grade 3) Using Taguchi Method. Journal Measurement Volume 93, November 2016, Pages 108-116
- [3] Sudhansu Ranjan Das, Debabrata Dhupal and Amaresh Kumar.(2015). Study of Surface Roughness and Flank Wear in Hard Turning of AISI 4140 Steel With Coated Ceramic Inserts. Journal of Mechanical Science and Technology 29 (10) (2015) 4329~4340
- [4] Rao.P.N. (2000). Manufacturing Technology: Metal Cutting & Machine Tools. Tata Mc.Graw Hill. Publishing Company Limited. New Delhi.
- [5] Sahin, Yusuf., Motorcu, A. Riza. (2005). Surface Roughness Model for Machining Mild Steel With Coated Tool. Material & Design Vol.26. PP 321-326.
- [6] De Garmo, Paul. E. et al. (1997). Material and Process in Manufacturing. New York 10002, Mac Millan Publishing Company 866 Third Avenue, New York.
- [7] Ozel, Tugrul., Karpat, Yigit. (2005). Predictive Modeling of Surface Roughness Tool Wear in Hard Turning Using Regression and Neural Network. Machine Tools & Manufacturing. Vol.45.PP 467-479.
- [8] A. B. Abdullah, L. Y. Chin and Z. Samad. (2008). The Effect of Feed Rate and Cutting Speed to Surface Roughness. Asian Journal of Scientific Research, vol. 1, no. 1, pp. 12-21.
- [9] Jaharah A. Ghani and Che Hassan Che Haron, Mohd Shahir Kasim and Mohd Amri Sulaiman, Siti Haryani Tomadi.(2016). Wear Mechanism of Coated and Uncoated Carbide Cutting Tool in Machining Process. J. Mater. Res., Vol. 31, No. 13, Jul 14, 2016.
- [10] M. Stanford, P.M. Lister, K.A. Kibble, C. Morgan, T. Sihra. (2013). Tool Wear Investigation Whilst Turning BS970-080A15 Carbon Steel Using TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CVD Coated Carbide Tooling in Gaseous and Liquid Nitrogen Environments. Industrial Lubrication and Tribology. 65/4 (2013) 236–244.
- [11] M. Anthony Xavier\* and M. Adithan. (2012). Tool Life Evaluation of Multi-Coated Carbide, Cermet and Alumina Inserts on Turning of Difficult-to-Machine Alloy Steels. Journal of Machining and Forming Technologies ISSN: 1947-4369 Volume 4, Number 1/2.