

## Keausan Mata Pahat Karbida pada Pemessinan Inconel 718 Menggunakan Pelumas Berkwantitas Minimum

Gusri Akhyar<sup>1\*</sup> Arinal Hamni<sup>2</sup> dan Jamiatul Akmal<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No.1 Gedung H FT Lt.2 Bandar Lampung

[gusri.akhyar@eng.unila.ac.id](mailto:gusri.akhyar@eng.unila.ac.id),

### Abstrak

Artikel ini melaporkan hasil sebagian dari rangkaian kegiatan penelitian tentang pemessinan material inconel 718 yang dianggap sebagai material yang sulit dimesin. Pemessinan dilakukan dalam keadaan pemessinan menggunakan pelumas berkwantitas minimum yaitu sebesar 50 ml/jam. Parameter pemotongan yang dipilih adalah kecepatan potong; 90, 120 dan 150 m/min, kadar pemakanan; 0,10 dan 0,15 mm/rev, dan kedalaman potong; 0,30 dan 0,50 mm. Pengamatan dan pengukuran dilakukan terhadap aus pahat dan umur pahat setiap kali pemotongan dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan MQL memberikan lebih baik terhadap aus yang berlaku pada pahat potong. Sebagian besar kegagalan pahat potong disebabkan oleh aus abrasive, dan aus tekuk pada muka rusuk. Pergerakan aus mata pahat cenderung lebih lambat pada pertengahan masa pemotongan dan pada akhir bergerak cepat hingga akhir umur pahat potong. Beberapa bentuk aus abrasive dan adhesive teramat pada muka rusuk bahkan material inconel melekat pada permukaan pahat potong.

**Kata Kunci** :inconel 718, pahat karbida, MQL, aus dan umur pahat

### Pendahuluan

Inconel 718 adalah salah satu bahan paduan berbasis nikel yang tahan bila bekerja pada lingkungan suhu tinggi. Sifat unggul bahan inconel 718 ini yaitu kemampuannya untuk mempertahankan sifat-sifat mekanik dan kimia pada suhu tinggi sehingga menjadikan bahan ini sebagai bahan paduan ideal untuk aplikasi di bidang pembangkit generator dan komponen mesin pesawat luar angkasa. Sekitar 50% daripada paduan mesin pesawat luar angkasa terdiri daripada paduan berbasis nikel [1,2,3]. Bagaimanapun juga, paduan berbasis nikel banyak digunakan untuk aplikasi perlengkapan industri lepas pantai, reaktor nuklir, pembangkit minyak, industri proses makanan dan alat pengontrol polusi. Penggunaan bahan nikel secara besar-besaran disebabkan karena kemampuan bahan nikel yang tahan terhadap korosi, tahan terhadap lelah mekanik dan termal,

beban termal mendadak, krip dan tahan erosi pada suhu tinggi

Pemessinan menggunakan *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) atau pemessinan yang masih dikategorikan sebagai pemessinan mendekati kering (*near dry machining*) karena menggunakan jumlah aliran fluida antara 20 – 100 mL/jam [4]. Kemudian pemessinan MQL ini memiliki fungsi utama untuk meningkatkan umur pahat atau mengurangi aus pahat yang terjadi sewaktu proses pemessinan. Sebagaimana dikatakan oleh peneliti sebelum ini bahwa pemessinan dengan metode MQL dapat mengurangi gesekan diantara pahat potong dan benda kerja sehingga dapat memperpanjang umur pahat. Penggunaan bahan bersifat pelumasan dapat mengurangi gesekan dan penggunaannya dalam jumlah kecil dapat mengurangi tingkat reaksi bahan potong dengan material pahat [5].

Pahat karbida yang dilapisi dengan bahan super keras TiAlN adalah salah satu pahat yang banyak digunakan untuk pemesinan bahan paduan tinggi seperti titanium dan bahan berbasis nikel. Pahat ini dilapisi dengan metode *Physical Vapor Deposition* (PVD) sehingga diperoleh pahat dengan permukaan lapisan yang sangat keras dan ukuran butir kecil. Oleh karenanya, keadaan ini dapat mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja. Sedangkan sistem pelumasan berkwanitas minimum (MQL) dipilih untuk mengurangi gesekan antara pahat bubut dan benda kerja. Selain itu, fuida ini juga dapat berfungsi mengurangi suhu pemotongan sewaktu proses pemesinan. Teknik ini juga akan menjaga lingkungan sekitar tidak terdegrasi oleh penggunaan bahan cairan yang berlebihan

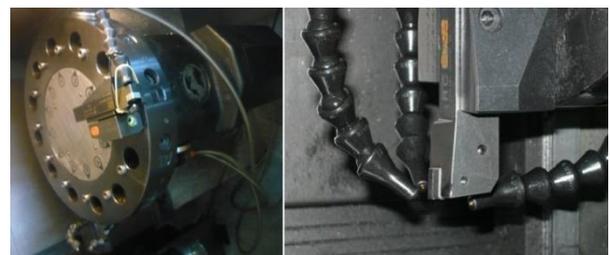
Pemesinan inconel 718 menggunakan pahat karbida dengan lapiran keras pada permukaan dapat meningkatkan produktifitas tetapi karena material ini dikategorikan sebagai material yang sulit dimesin sehingga pahat cenderung cepat rusak dan material mudah melekat pada permukaan pahat potong. Karena material inconel memiliki konduktifitas termal rendah maka aus dengan mudah dapat berlaku [5]. Oleh karena itu, pemesinan inconel 718 masih dilakukan pada kecepatan potong yang rendah, akan tetapi bila menggunakan pelumas, kecepatan potong dapat ditingkatkan hingga mencapai di atas 100 ml/jam.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapat karakteristik aus pahat potong, umur pahat potong dan jenis aus yang berlaku selama proses pemotongan inconel 718 dengan metode pemotongan *minimum quantity lubrication*.

### Metodologi Penelitian

Proses pemesinan dilakukan dalam keadaan *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) dan pada kecepatan potong tinggi menggunakan mesin bubut yang kendalikan dengan komputer. Pahat potong

yang digunakan adalah jenis pahat karbida yang dilapisi dengan lapisan super keras TiAlN, yang dideposisikan secara *physical vapor deposition*. Lapisan tipis yang keras tersebut berguna untuk miningkatkan umur pahat karena lapisan tersebut dapat mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja. Haus rusuk rata-rata (VB) diukur menggunakan mikroskop pengukur haus dengan pembesaran tertentu. Waktu pemotongan didapatkan dengan cara menggunakan stop wacth setiap kali satu kali pemotongan. Sedangkan aus rusuk juga dicatatkan setiap satu kali pemotongan. Pemotongan dihentikan apabila pada saat VB telah mencapai 0.3 mm. Kerusakan permukaan bahan inconel 718 yang telah dimesin diamati menggunakan mikroskop optik. Selanjutnya keadaan permukaan yang lain, kekerasan permukaan diukur menggunakan alat uji kekerasan berskala mikro. Parameter pemesinan yang akan dilakukan adalah kecepatan potong sebesar; 90, 120 dan 150 m/min, kadar pemakanan sebesar 0,10 dan 0,15 mm/rev, dan kedalaman potong sebesar; 0,30 dan 0,50 mm



Gambar 1. Setting pahat potong dan MQL pada mesin bubut

### Hasil Dan Pembahasan

Pada bagian ini, hasil penelitian yang akan ditampilkan terdiri dari umur pahat potong, perkembangan aus yang berlaku selama proses pemesinan dan mekanisme aus yang diamati pada permukaan pahat potong.

### Perkembangan aus pahat potong.

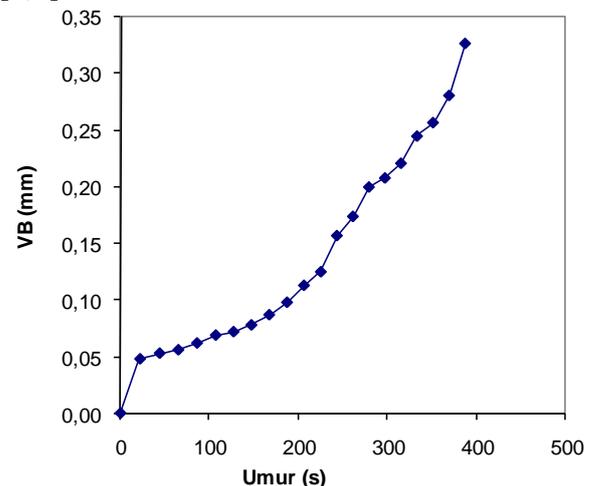
Tabel 1 menunjukkan data hasil pengukuran aus rusuk pahat potong pada kondisi pemotongan kecepatan potong 120 m/in, kadar pemakanan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong sebesar 0,3 mm. Pemotongan dilakukan sebanyak 20 kali hingga mencapai aus tepi pahat (Vb) mencapai 0,3 mm. Satu kali pemotongan memerlukan waktu sekitar 22 detik – 30 detik. Pemotongan dilakukan dalam rentang waktu yang tidak terlalu lama, yang mana bertujuan untuk mendapatkan data progress aus yang lebih teliti. Jika pengamatan progress aus dilakukan dalam rentang waktu yang relatif pendek, maka perkembangan mekanisme aus juga dapat diamati dengan teliti [6]. Pada akhir pemotongan aus pahat potong Vb mencapai 0,327 mm. Nilai ini telah melebihi batas akhir umur pahat potong yang ijin oleh International Standard Organization (ISO), yang mana, hanya mensyaratkan nilai batas akhir Vb adalah 0,3 mm [7].

Tabel 1. Data hasil pengukuran aus pahat pada kecepatan 120 m/min, pemakanan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,3 mm

Umur (s)	VB (mm)
0	0
22	0,0480
44	0,0530
65	0,0560
86	0,0620
107	0,0690
127	0,0720
147	0,0780
167	0,0870
187	0,0980
206	0,1130
225	0,1250
243	0,1570
261	0,1740
279	0,2000
297	0,2080
315	0,2210
333	0,2450
351	0,2570
369	0,2810
387	0,3270

Progres aus yang berlaku pada pemotongan material inconel 718 dalam kondisi pemotongan menggunakan pelumas berkwanitas minimum dengan parameter pemotongan kecepatan potongan

120 m/min, kadar pemakanan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,3 mm (Gambar 2). Secara umum, hubungan antara aus pahat potong dan waktu pemotongan menggambarkan tiga daerah perkembangan aus yang berbeda, yaitu daerah membobol (*break-in*), pergerakan stabil (*steady state*) dan daerah patah secara tiba-tiba (*chatastropic*). Pada penelitian jenis bahan yang sulit dipotong, perkembangan aus pahat potong cenderung membentuk tiga tahapan kawasan. Pemesinan tahap awal aus pahat potong bergerak secara cepat, diikuti pergerakan yang stabil dan selanjutnya pada akhir pemotongan pahat mengalami kerusakan secara mendadak [8,9].



Gambar 2. Data hasil pengukuran dan progress aus pahat potong pada kecepatan potong 120 m/min, pemakanan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,3 mm

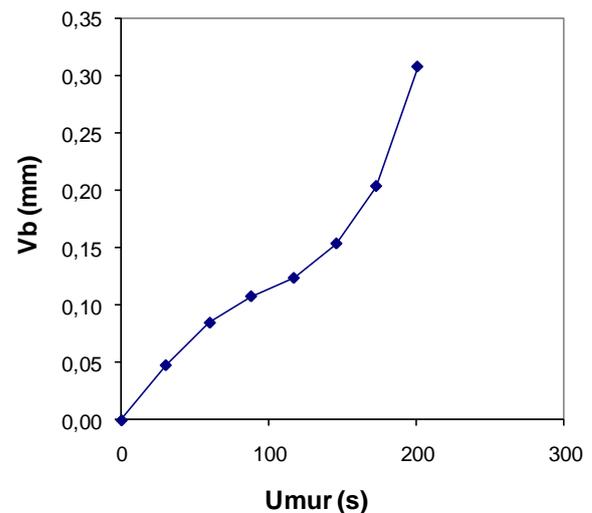
Fenomena progress aus pahat yang relatif sama juga dapat dilihat pada kecepatan potong lebih tinggi, kecepatan potong 150 m/min, kadar pemakanan sebesar 0,10 mm/rev. dan kedalaman potong 0,5 mm. Pola aus pahat yang berlangsung secara cepat terjadi pada awal pemotongan, lalu diikuti dengan progress yang relatif stabil dan kemudian diikuti oleh proses aus sempurna sehingga menyebabkan pahat potong tidak dapat lagi digunakan. Disebabkan karena kecepatan potong yang tinggi, maka menghasilkan

suhu pemotongan yang tinggi pula, sebagai akibat dari pergesekan antara pahat potong dan benda kerja. Data hasil pengukuran aus pahat potong sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Sedangkan Gambar 3 merupakan progres aus pahat potong selama proses pemotongan mencapai 3 menit 21 detik. Pada kondisi ini, pahat potong telah mencapai 0,31 mm. jika dibandingkan dengan progres aus pada Gambar 2, maka didapatkan bahwa dengan menaikkan nilai kecepatan potong, secara signifikan menurunkan umur pahat potong (umur pahat menjadi lebih pendek). Pada Gambar 2, daerah stabil progres aus cenderung lebih panjang dibandingkan dengan daerah stabil pada Gambar 3. Pada Gambar 2 panjangnya lintasan daerah stabil diawali dari 30 sekon hingga mencapai 250 sekon. sedangkan pada Gambar 3, panjangnya lintasan daerah stabil dimulia dari 70 sekon hingga mencapai 150 sekon. Dengan demikian dapat dikatakan, peningkatan kecepatan potong, disamping memperpendek umur pahat potong, juga menyebabkan memperpendek lintasan daerah stabil.

Tabel 2. Data hasil pengukuran aus pahat pada kecepatan potong 150 m/min, pemakanan 0,10 mm/rev dan kedalaman potong 0,5 mm

Umur (s)	VB (mm)
0	0
30	0,0480
60	0,0850
88	0,1080
117	0,1240
146	0,1540
173	0,2040
201	0,3080

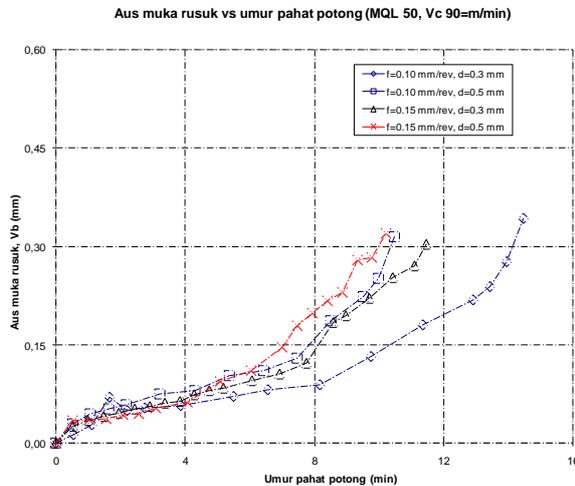


Gambar 3. Data hasil pengukuran dan progress aus pahat potong pada kecepatan potong 150 m/min, pemakanan 0,10 mm/rev dan kedalaman potong 0,5 mm

#### Umur pahat potong karbida.

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan umur pahat potong pada pemesinan inconel 718 menggunakan pelumas berkwanitas minimum. Secara umum dapat dikatakan bahwa umur pahat potong dipengaruhi oleh parameter kecepatan potong, kadar pemakanan dan kedalaman potong. Pada kecepatan potong 90 m/min, umur pahat potong mencapai 10 min, sedangkan pada kecepatan potong 120 m/min, umur pahat potong hanya mencapai 6 min. Keadaan ini berlaku untuk semua kondisi pemotongan, sekalipun pada kadar pemakanan dan kedalaman potong yang berbeda-beda. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kecepatan potong, secara signifikan memberikan efek terhadap umur pahat potong. Pada penelitian lain [8,10], mengungkapkan bahwa umur pahat potong sangat ditentukan oleh kecepatan potong pada pemesinan bahan super alloys. Kedua penelitian menggunakan material titanium yang juga dianggap sebagai material yang sulit dimesin. Bagaimanapun juga penelitian tersebut dilakukan tanpa menggunakan pelumas. Walaupun demikian, fenomena yang sama dapat diamati antaranya pengaruh kecepatan

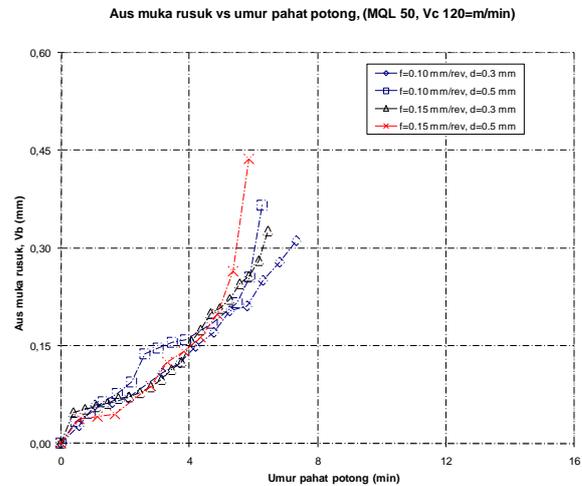
potong yang signifikan dan kecenderungan umur pahat potong berbanding lurus dengan faktor kecepatan potong.



Gambar 4. Umur pahat karbida pada kecepatan potong 90 m/min dengan kadar pemakanan dan kedalaman potong yang berbeda.

Pada kecepatan potong 120 m/min, dapat ditunjukkan bahwa umur pahat pahat potong maksimum diperoleh sebesar 15 min, yang mana berlaku pada kadar pemakanan 0,10 mm/rev dan kedalaman potong sebesar 0,3 mm. Sedangkan umur pahat minimum dicapai sebesar 10 min, yang mana berlaku pada kadar pemakanan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong sebesar 0,5 mm. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa umur pahat potong berbanding lurus dengan pemilihan parameter pemotongan. Baik kadar pemakanan maupun kedalaman potong memberikan kontribusi terhadap umur pahat yang dihasilkan. Pemilihan kadar pemakanan dan kedalaman potong yang tinggi meningkatkan beban gesek dan gaya potong sewaktu proses pemesinan berlangsung [11,12]. Gaya gesek yang besar adalah sebagai akibat dari koefisien yang besar pula sehingga menimbulkan suhu yang lebih tinggi sewaktu proses pemesinan. Panas yang dihasilkan tersebut dapat menyebabkan pelemahan terhadap struktur pahat potong sehingga

menyebabkan pahat lebih cepat mengalami aus atau rusak.



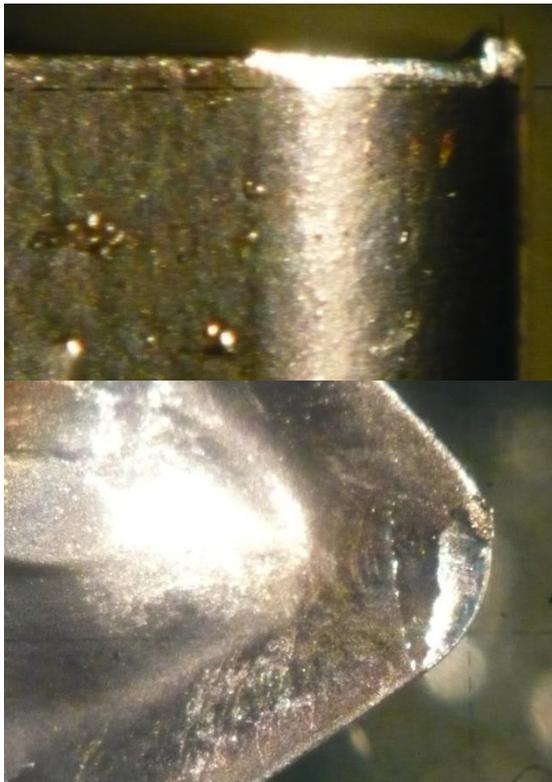
Gambar 5. Umur pahat karbida pada kecepatan potong 120 m/min dengan kadar pemakanan dan kedalaman potong yang berbeda.

### Mekanisme aus pahat potong

Gambar 6 dan 7 menunjukkan mekanisme aus pahat potong pada bagian muka rusuk dan muka kawah setelah dilakukan pemesinan hingga mencapai umur pahat maksimum (nilai  $V_b=0,3$  mm). Gambar 6 menunjukkan adalah sebagian material inconel 718 yang melekat pada permukaan ujung sebelah atas. Melekatnya material benda kerja pada pahat potong disebabkan karena sifat material yang mudah bereaksi dengan material pahat [11]. Sebab lain yang menyebabkan material melekat adalah karena suhu yang dihasilkan selama proses pemesinan tidak cukup untuk melepaskan material dari permukaan pahat potong [13].

Kawasan aus pahat potong lebih parah berlaku pada bagian ujung, karena tidak berat beban pemotongan berada pada daerah muka rusuk-ujung jari-jari. Demikian juga yang terlihat pada muka kawah, bahwa kawah yang paling dalam berada di kawasan sebelah ujung. Panjang area muka rusuk yang mengalami aus didasarkan kepada besarnya kedalaman potong yang dipilih. Kedalaman potong

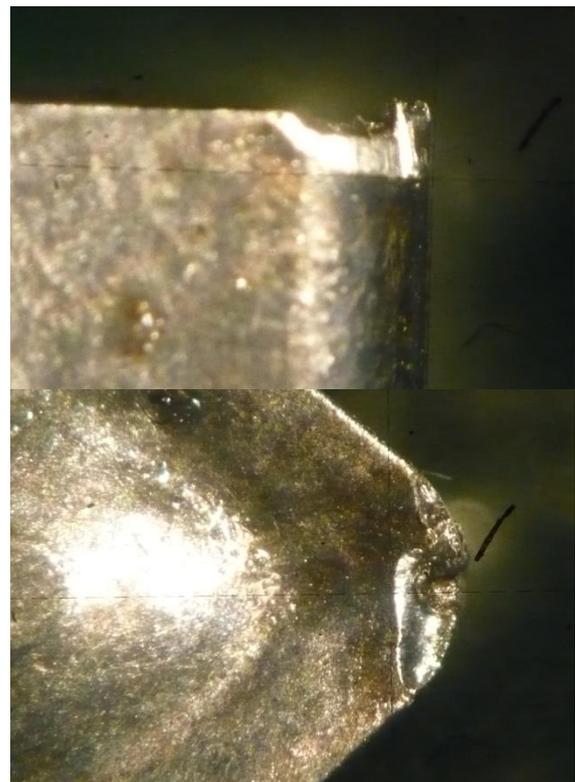
sebesar 0,5 mm, memberikan bidang kontak yang lebih besar dibandingkan dengan kedalaman potong yang 0,3 mm. Hal ini berarti bidang yang menerima beban potong lebih besar sehingga kawasan yang mengalami arus sepanjang muka rusuk merata.



Gambar 6. Aus muka rusuk dan muka kawah pahat potong pada kondisi pemotongan kecepatan potong 120 m/min, pemakanan 0,10 mm/rev dan kedalaman potong 0,5 mm

Pemesinan material inconel 718 menggunakan kadar pemakanan dan kedalaman yang lebih rendah menyebabkan aus yang berlaku lebih banyak terfokus pada ujung pahat potong (Gambar 7). Demikian juga aus muka kawah yang terjadi lebih banyak di bagian ujung mata pahat. Jika dibandingkan dengan Gambar 6, dimana beroperasi pada kecepatan yang sama, akan tetapi pada kadar pemakanan dan kedalaman yang berbeda. Dapat diamati dengan jelas bawah kedalam

potong memberikan efek yang signifikan terhadap besarnya bidang yang mengalami aus. Sebagaimana dinyatakan oleh Boothroyd [6] bahwa kedalaman potong merupakan representative dari bidang kontak antara pahat potong dan benda kerja. Oleh karena itu, mekanisme aus pahat potong berkorelasi langsung dengan besarnya bidang kontak antara pahat potong dan benda kerja.



Gambar 7. Aus muka rusuk dan muka kawah pahat potong pada kondisi pemotongan kecepatan potong 120 m/min, pemakanan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,3 mm

### Kesimpulan

1. Progres aus yang terjadi pada pemesinan bahan inconel 718 adalah aus membobol pada awal pemotongan dan diikuti progres aus stabil, selanjutnya aus bergerak cepat/mendadak diakhir pemotongan.

2. Umur pahat pahat potong maksimum diperoleh sebesar 15 min, yang mana berlaku pada kadar pemakanan 0,10 mm/rev dan kedalaman potong sebesar 0,3 mm. Sedangkan umur pahat minimum dicapai sebesar 10 min, yang mana berlaku pada kadar pemakanan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong sebesar 0,5 mm
3. Mekanisme aus pahat potong adalah aus muka rusuk dan muka kawah berupa aus karena gesekan antara pahat potong dan benda kerja, bahkan pada muka rusuk terdapat material benda kerja melekat.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Dudzinski, D., Devillez, A., Moufki, A., Larrouquere, D., Zerrouki, V. and Vigneau, J.2004, A review of developments towards dry and high speed machining of Inconel 718 alloy, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 44, pp. 439-456.
- [2]. Y. Kamata and T. Obikawa, 2007, High speed MQL finish-turning of Inconel 718 with different coated tools, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 192-193, pp. 281-286.
- [3]. Ulutan, D. dan Ozel, T. 2011, Machining induced surface integrity in titanium and nikel alloys: a review, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vil. 52, pp. 250-280.
- [4]. Obikawa, T., Kamata, Y, Asano, Y., Nakayama, K. and Otieno, A.W. 2008, Micro-liter lubrication machining of Inconel 718, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 48, pp. 1605-1612.
- [5]. Yazid, M.Z.A, Che Hassan C. H., Jaharah, A.G., Gusri, A.I.,Ahmad Yasir, M.S., 2010, Tool Wear of PVD Coated Carbide Tool When Finish Turning Inconel 718under High Speed Machining, *Advanced Materials Research* Vol. 129-131, pp 1004-1008.
- [6]. Boothroyd, G. dan Knight, W.A. 2006, *Fundamental Machining and Machine Tools*, USA: Taylor and Francis CRC.
- [7]. International Standard Organization, 1997, *Tool Life Testing with Single Point Turning Tools*.
- [8]. Ibrahim, G.A., Che Haron, C.H., Ghani, J.A. 2011, Evaluation of PVD-Inserts Performance and Surface Integrity WhenTurning Ti-6Al-4v ELI under Dry Machining, *Advanced Materials Research* Vol. 264-265, pp 1050-1055.
- [9]. Jindal, P.A., Santhanam, A.T., Schleinkofer. U., Shuster, A.F. 1999, Performance of PVD TiN, TiCN, andTiAlN coated cemented carbide tools in turning, *International Journal of Refractory Metals and HardMaterials*, vol. 17, pp. 163-170.
- [10]. Che Hassan, C.H. dan Abdullah, A. 1999, Tool wear characteristics in turning of titanium alloy Ti-6246. *Journal of Materials Processing and Technology*, vol. 92-93, pp. 329-334.
- [11]. Trent, E.M. 1995. *Metal Cutting* 3<sup>rd</sup> edition, Terj. Abu Abdullah. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- [12]. Ginting, A. 2003, Pemesinan hijau aloi titanium Ti-6242S dengan menggunakan perkakas pemotong pengisar hujung karbida, Tesis Dr Falsafah, Jabatan kejuruteraan mekanik dan bahan, universiti Kebangsaan Malaysia.
- [13]. Che Hassan, C.H. 2001, Tool life and surface integrity in turning titanium alloy, *Journals of Materials Processing and Technology*, pp. 349-368