



Studi eksperimental pertumbuhan aus sisi (vb) pahat karbida berlapis Titanium Aluminium Nitrida ($TiAlN$) pada pembubutan basah baja ASTM A29
(*Experimental study of side wear growth (Vb) chisels of Titanium Aluminum Nitride ($TiAlN$) carbide in the wet turning of ASTM A29 Steel*)

Rizki Ramadhan¹, Sunarto²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis
Jalan Bathin Alam Bengkalis

Email : riskiramadhan1401@gmail.com, sunarto@polbeng.ac.id

Abstrak

Permesinan basah menjadi pilihan apabila dampak yang diakibatkan suhu pemotongan yang tinggi akan mengurangi kemampuan pahat dan memperpendek umur pahat. Pemesinan basah adalah sejumlah cairan dialirkan ke kawasan pemotongan bertujuan untuk menurunkan suhu pemotongan dan melumasi bagian-bagian pemesinan sehingga diharapkan permukaan pemesinan memiliki integritas permukaan yang dapat meningkatkan masa pakai alat potong (*life time*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan pahat karbida ($WC+Co$) yang dilapisi dengan bahan pelapis titanium aluminium nitride ($TiAlN$) dengan tipe DCGX 11T3 02-Al yang direkomendasikan untuk memotong paduan Aluminium. Penelitian ini digunakan untuk memotong baja ASTM A29 dengan tujuan membuktikan ketangguhan pahat. Hasil yang didapat pahat mampu memotong baja ASTM A 29 sampai kecepatan potong $V = 250$ m/menit, gerak makan (f) = 0,1 mm/putaran dan kedalaman makan potong (a) = 1,5 mm dalam waktu (tc) = 6,20 menit dan keausan tepi (VB) sebesar 0,12 mm dengan jenis kerusakan aus tepi, built up edge, dan aus kawah

Kata kunci: Pemesinan Basah, Aus Sisi (VB), Gerak Makan (f)

Abstract

Wet machining is an option when the impact caused by high cutting temperatures will reduce tooling ability and the shorten tool life. Wet machining is a number of fluids flowed into the cutting area aiming to reduce the cutting temperature and lubricate the machining parts so that the machining surface is expected to have surface integrity that can increase the life time of the cutting tool. The method used in this study is to use carbide cutting tool ($WC + Co$) coated with titanium aluminum nitride ($TiAlN$) coating with type DCGX 11T3 02-Al which is recommended for cutting aluminum alloys. This research was used to cut ASTM A29 steel with the aim of proving the toughness of the tool. The results obtained by the tool are able to cut ASTM A 29 steel to cutting speed $V = 250$ m / minute, feed motion (f) = 0.1 mm / rotation and depth of feeding cut (a) = 1.5 mm in time (tc) = 6.20 minutes and edge wear (VB) of 0.12 mm with the type of flank wear, built up edge, and crater wear.

Keywords: Wet Machining, Flank Wear (VB), Feeding Motion (f)

1. Pendahuluan

Teknologi pemotongan logam hingga kini masih menggunakan cairan pemotongan, walaupun penggunaan cairan pemotongan dapat berdampak pada pencemaran lingkungan dan kesehatan operator [1]. Rata-rata pemesinan basah (*wet machining*) masih banyak digunakan pada *industry* otomotif (Tonshoff, *et.al*, 1997) [2]. Pemesinan basah adalah sejumlah cairan dialirkan ke kawasan pemotongan bertujuan untuk menurunkan suhu pemotongan dan melumasi bagian-bagian pemesinan sehingga diharapkan permukaan pemesinan memiliki integritas

permukaan yang dapat meningkatkan masa pakai alat potong (*life time*) [3,4].

Pada proses pemotongan berlangsung sisi potong alat potong dan benda kerja saling berinteraksi sehingga terjadi kenaikan temperatur pemotongan [3,4]. Walaupun temperatur pemotongan sebesar 80% terbawa oleh tatal/geram yang mengalir namun akibat alat potong dan benda kerja terus bersinggungan/bergesekan maka sisi alat potong akan menjadi panas dan mengalami abrasi [5]. Proses abrasi yang terjadi akibat gesekan akan membuat sisi potong semakin membesar dan sampai batas tertentu untuk dinyatakan bahwa

kondisi alat potong sudah sampai batas masa pakai (*life time*)[6]. Kerusakan pada mata pahat dan komponen mesin bubut akan terus berlanjut jika pahat tersebut terus digunakan [7].

Usaha untuk meningkatkan ketangguhan alat potong yang berkaitan dengan masa pakai alat potong, produsen pahat telah melakukan usaha yaitu dengan melapisi bahan dasar pahat karbida (WC+Co) dengan unsur bahan pelapis yang umumnya banyak digunakan adalah dari unsur *titanium nitrida* (TiN), *titanium carbida* (TiC), *titanium carbonitrida* (TiCN) dan *aluminium nitrida* (Al₂O₃) yang dilakukan dengan proses *physical vapour deposition* (VPD) dan *chemical vapour deposition* (CVD)[6]. Menurut penelitian Sreejith dan Ngoi (2000) bahwa alat potong berbahan dasar WC+Co yang dilapisi dengan unsur pelapis memiliki keunggulan dan ketangguhan selama proses pemotongan berlangsung[1]. Masa pakai alat potong menjadi pertimbangan dalam keterkaitannya dengan kondisi pemotongan, diharapkan alat potong bertahan sampai batas yang ditentukan[1].

Ketangguhan unsur pelapis dari bahan *titanium aluminium nitrida* (TiAlN) pahat karbida akan dilakukan pengujian lanjut dari penelitian Sunarto dan Mawarni.S, (2014) yang mana hasil dari penelitiannya memaparkan semakin tinggi kecepatan potong akan menghasilkan kecepatan pertumbuhan aus sisi (VB) semakin cepat pada pemotongan paduan Aluminium 6061 keadaan kering menggunakan pahat karbida berlapis bahan TiAlN/TiN[6]. Dalam hal ini akan digunakan untuk memotong bahan baja ASTM A29 Grade 1038 dengan menggunakan cairan pemotongan (*wet Machining*). Laju pertumbuhan aus sisi (VB) pada setiap panjang pemotongan akan diukur dengan *digital microscope* sehingga didapat bentuk pertumbuhan aus sisi (VB) dengan lama pemotongan sesuai ISO (3685) tidak kurang dari enam menit.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Proses Pemotongan Logam dengan Mesin Bubut

Salah satu proses pemesinan yang digunakan pada pemotongan logam adalah proses bubut. Proses ini bertujuan untuk membuang material dimana benda kerja dicekam menggunakan sebuah *chuck* atau pencekam dan berputar pada sebuah sumbu, alat potong bergerak arah aksial dan radial terhadap benda kerja sehingga terjadi pemotongan dan menghasilkan permukaan yang konsentris dengan sumbu putar benda kerja. Radius pahat potong menghubungkan sisi dengan ujung potong (*cutting edge*) dan berpengaruh terhadap umur pahat, gaya radial, dan permukaan akhir (Rochim, 1993)[2].

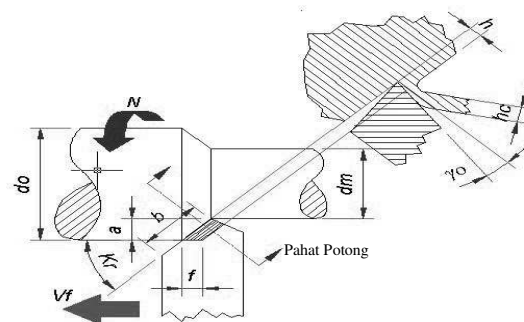
Ada tiga parameter utama yang berpengaruh terhadap kondisi pemotongan, peningkatan panas, keausan, dan integritas permukaan benda kerja yang dihasilkan. Ketiga parameter itu adalah kecepatan

potong (V), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Kecepatan potong adalah kecepatan keliling benda kerja dengan satuan (m/menit), gerak makan adalah perpindahan atau jarak tempuh pahat tiap satu putaran benda kerja dengan satuan (mm/put), kedalaman potong adalah tebal material terbuang pada arah radial dengan satuan (mm) (Rochim, 1993)[2].

Menurut Rochim (1993)[2] pada setiap proses pemesinan ada lima elemen dasar yang perlu dipahami, yaitu:

1. Kecepatan potong (*cutting speed*): V (m/menit)
2. Laju pemakanan (*feeding speed*): v_f (mm/min)
3. Kedalaman potong (*depth of cut*): a (mm)
4. Waktu pemotongan (*cutting time*): t_c (min)
5. Kecepatan penghasilan geram: Z (cm³/min)

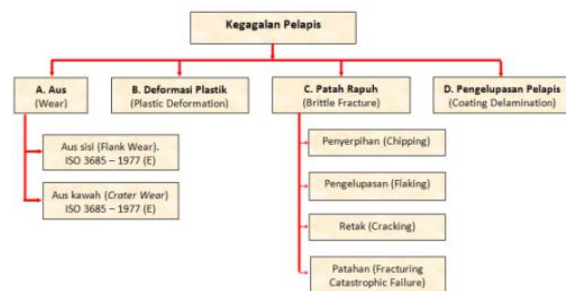
Kelima elemen dasar tersebut diatas dapat diketahui menggunakan rumus yang dapat diturunkan berdasarkan Gambar 1.



Gambar 1. Proses Bubut[2]

2.2 Kegagalan Pahat

Ginting (2003)[4] menggambarkan kegagalan pahat yang lebih rinci yaitu dibagi atas aus (*wear*), deformasi plastik (*plastic deformation*), patah rapuh (*brittle fracture*) dan pengelupasan pelapis (*coating delamination*) sebagaimana yang diberikan pada Gambar 2



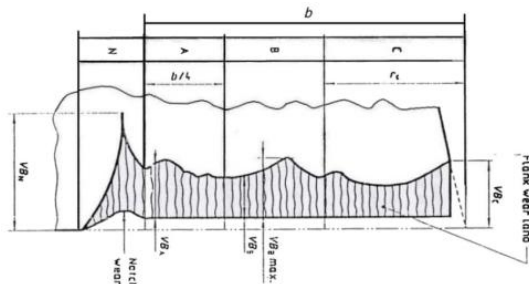
Gambar 2. Diagram Spektrum Kegagalan Pahat[4]

2.3 Aus (Wear)

Aus Tepi (Flank Wear)

Aus tepi adalah bentuk aus pada sisi (*flank*) pahat potong disebabkan perubahan bentuk radius ujung pahat oleh gesekan antara permukaan pemesinan benda kerja dengan sisi pahat karena kekakuan benda kerja. Bidang aus didasarkan pada

tebal bidang aus (*flank wear land*), harus sejajar terhadap arah potong. Tebal bidang aus merupakan ukuran dari besarnya aus sisi. Bentuk aus sisi serta pengukurannya ditentukan sesuai standar ISO 3685-1993)[7] seperti Gambar 3.



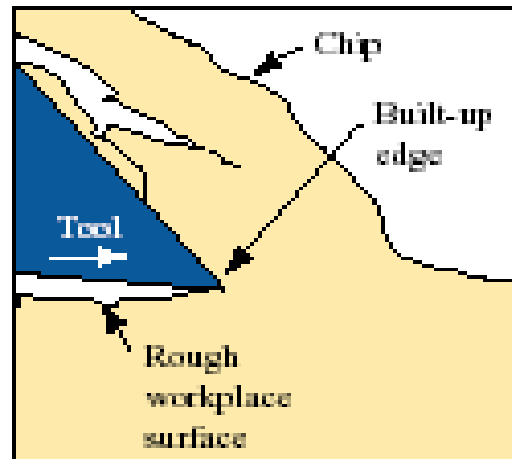
Gambar 3. Aus Sisi Pahat [7]

Aus Kawah (Crater Wear)

Aus ini disebabkan oleh suhu pemotongan yang tinggi pada bidang kontak antara serpihan dan pahat (*rake face*), dan pada tingkat tertentu terjadi pelarutan secara kimia antara pahat dan benda kerjanya menyebabkan pengikisan. Aus ini akan meningkatkan kerja sudut sadak pahat (*face edge*) dan mengurangi gaya potong. Kedalaman kawah adalah parameter yang banyak digunakan untuk mengavaluasi keausan kawah [2].

Deformasi Plastik (Plastic Deformation)

Akibat panas dan tekanan pemotongan yang meningkat bisa menyebabkan perubahan bentuk plastik dan ketidakaturan bentuk ukuran pahat dan bisa diikuti kepatahan pahat. Akibat perubahan bentuk plastik dan panas serta tekanan yang meningkat ini juga bisa menyebabkan terjadi *built up edge* (BUE). *built up edge* akan mengubah geometri pahat karena berfungsi sebagai mata potong yang baru dari pahat yang bersangkutan. BUE merupakan struktur yang dinamik, sebab selama proses pemotongan BUE akan tumbuh dan pada suatu saat lapisan atas atau seluruh BUE akan terkelupas dan berulang dengan proses penumpukan lapisan metal yang baru. BUE yang terkelupas sebahagian akan terbawa geram dan sebahagian lain akan menempel pada benda kerja pada bidang transien serta pada bidang yang telah terpotong. Permukaan akan menjadi lebih kasar dengan adanya penempelan serpihan BUE yang relatif keras tersebut. Bila pemesinan dilakukan pada benda kerja lunak, maka material benda kerja dapat mengikat pada pahat potong dalam bentuk BUE sehingga dapat meningkatkan tekanan pahat dan menyebabkan permukaan pemesinan yang buruk [4]. Pembentukan BUE dapat dilihat seperti Gambar 4.



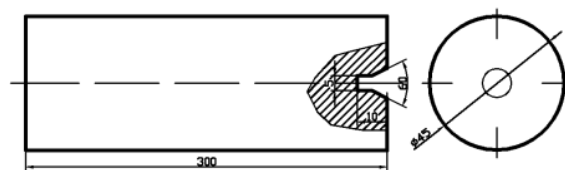
Gambar 4. Pembentukan BUE[4]

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan

Baja ASTM A29

Baja ASTM A 29 ialah baja yang mengandung unsur karbon antara 0,35 s/d 0,42%. Dalam perdagangan dibuat dalam bentuk pelat, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin, dan lain-lain. Dimensi baja ASTM A 29 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Dimensi Baja ASTM A 29

Tabel 1. Komposisi ASTM A 29

NO	Chemical Composition	Output
1	Carbon	0.35 – 0.42
2	Manganese	0.60 – 0.90
3	Phosphorus	0.040 MAX
4	Sulfur	0.050 MAX
5	Sillicon	0.15 - 0.30

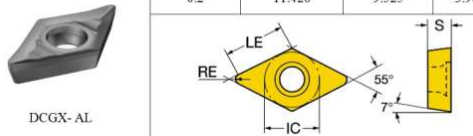
Sumber: ASTM Int'l[8]

3.2 Pahat Potong

Kandidat pahat potong yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pahat produksi dari perusahaan *sandvick coromant* yaitu pahat karbida berlapis (*coated*) dari bahan *titanium aluminium nitrida* (*TiAlN*) yang dihasilkan melalui proses *PVD*.

Dimensi pahat karbida *coated* (*TiAlN*) dapat dilihat pada Gambar 6. berikut:

Type	Dimensi (mm)			
DCGX 11T3 02-AI	RE	LE	IC	S
	0.2	11.428	9.525	3.969



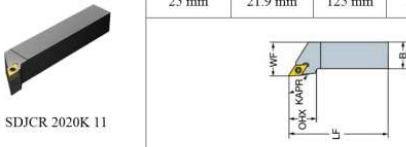
Gambar 6. Dimensi Pahat Bubut[9]

3.3 Pemegang pahat

Pemegang pahat yang digunakan adalah *SDJCR* (93°) yang dikhususkan untuk proses bubut.

Dimensi pemegangpahat karbida dapat dilihat pada Gambar 7. berikut:

Type	Dimensi				
SDJCR 2020K 11	WF	OHX	LF	B	KAPR
	25 mm	21.9 mm	125 mm	20 mm	93 Deg



Gambar 7. Pemegang Pahat (*Tool Holder*)[9]

3.4 Cairan pendingin / coolant UPS F.713 (*Cutting & Tapping Fluid*)

Coolant UPS F.713 (*cutting & tapping fluid*) adalah cairan pendingin yang akan digunakan dalam penelitian ini akan membentuk emulsi ketika dicampur dengan air. Konsentrat mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi [8]. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3 sampai 10 %) dan unjuk kerja pelumasan dan pengurangan panas yang efisien. Bentuk Cairan pendingin/coolant seperti Gambar 8.



Gambar 8. Cairan pendingin/coolant UPS F.713(*cutting & tapping fluid*)[10]

3.5 Peralatan

Mesin Bubut Konvensional

Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin bubut konvensional merk *EMCO* beserta kelengkapannya. Mesin bubut dapat dilihat pada Gambar 9 berikut :



Gambar 9. Mesin Bubut *EMCO SUPER 11 CD* (sumber : Dokumentasi Peneliti)

Mikroskop

Untuk mengambil data gambar kegagalan pahat yang terjadi setelah proses pemesian digunakan *USB Digital Microscope*. Bentuk *USB Digital Microscope* dapat dilihat pada Gambar 10. berikut:



Gambar 10. *USB Digital* Mikroskop [11]

3.6 Metode

Untuk mendapatkan bentuk pertumbuhan aus sisi (*VB*) pahat yang dapat digunakan sebagai penentu umur pahat (*Tool Life*) dilakukan dengan membuat beberapa kondisi pemotongan sebagai mana yang terdapat pada Tabel berikut :

Tabel 2. Pemotongan Baja ASTM A 29 kecepatan potong (*Vc*) 70 m/menit

No.	Kecepatan Potong (<i>Vc</i>), meter/menit	Diameter Benda Kerja (ϕ), mm	Putaran Spindel (<i>Rpm</i>)	Panjang Pemotongan (<i>L</i>), mm	Gerak makan (<i>f</i>), mm/pot.	Waktu Pemotongan (<i>t_c</i>), menit	Dalam Pemotongan (<i>a_p</i>), mm	Aus sisi (<i>VB</i>), mm	
								mm	<i>t_c total</i> (menit)
								0	0
1	70	38	587	50	50	0,1	0,85	1,5	0,85
2	70	38	587	50	100	0,1	0,85	1,5	1,70
3	70	38	587	50	150	0,1	0,85	1,5	2,56
4	70	38	587	50	200	0,1	0,85	1,5	3,41
5	70	38	587	50	250	0,1	0,85	1,5	4,26
6	70	38	587	50	300	0,1	0,85	1,5	5,11
7	70	38	587	50	350	0,1	0,85	1,5	5,97
8	70	38	587	50	400	0,1	0,85	1,5	6,82

Tabel 3. Pemotongan Baja ASTM A 29 kecepatan potong (V_c) 110 m/menit

No.	Kecepatan Potong (V_c), meter/mnt	Diameter Benda Kerja (d), mm	Putaran Spindel (Rpm)	Panjang Pemotongan (l), mm	Gerak makan (f), mm/put.	Waktu Pemotongan (t_c), menit	Dalam Pemotongan (a), mm	Aus sisi (VB), mm	
								mm	Wet Machining
1	110	32	1095	50	50	0,1	0,46	1,5	0
2	110	32	1095	50	100	0,1	0,46	1,5	0,46
3	110	32	1095	50	150	0,1	0,46	1,5	1,37
4	110	32	1095	50	200	0,1	0,46	1,5	1,83
5	110	32	1095	50	250	0,1	0,46	1,5	2,28
6	110	32	1095	50	300	0,1	0,46	1,5	2,74
7	110	32	1095	50	350	0,1	0,46	1,5	3,20
8	110	32	1095	50	400	0,1	0,46	1,5	3,65
9	110	32	1095	50	450	0,1	0,46	1,5	4,11
10	110	32	1095	50	500	0,1	0,46	1,5	4,57
11	110	32	1095	50	550	0,1	0,46	1,5	5,02
12	110	32	1095	50	600	0,1	0,46	1,5	5,48
13	110	32	1095	50	650	0,1	0,46	1,5	5,94
14	110	32	1095	50	700	0,1	0,46	1,5	6,39
15	110	32	1095	50	750	0,1	0,46	1,5	6,85
16	110	32	1095	50	800	0,1	0,46	1,5	7,31
17	110	32	1095	50	850	0,1	0,46	1,5	7,76
18	110	32	1095	50	900	0,1	0,46	1,5	8,22

Tabel 4. Pemotongan Baja ASTM A 29 kecepatan potong (V_c) 250 m/menit

No.	Kecepatan Potong (V_c), meter/mnt	Diameter Benda Kerja (d), mm	Putaran Spindel (Rpm)	Panjang Pemotongan (l), mm	Gerak makan (f), mm/put.	Waktu Pemotongan (t_c), menit	Dalam Pemotongan (a), mm	Aus sisi (VB), mm	
								mm	Wet Machining
1	250	38	2095	50	50	0,1	0,24	1,5	0
2	250	38	2095	50	100	0,1	0,24	1,5	0,24
3	250	38	2095	50	150	0,1	0,24	1,5	0,72
4	250	38	2095	50	200	0,1	0,24	1,5	0,95
5	250	38	2095	50	250	0,1	0,24	1,5	1,19
6	250	38	2095	50	300	0,1	0,24	1,5	1,43
7	250	38	2095	50	350	0,1	0,24	1,5	1,67
8	250	38	2095	50	400	0,1	0,24	1,5	1,91
9	250	38	2095	50	450	0,1	0,24	1,5	2,15
10	250	38	2095	50	500	0,1	0,24	1,5	2,39
11	250	38	2095	50	550	0,1	0,24	1,5	2,63
12	250	38	2095	50	600	0,1	0,24	1,5	2,86
13	250	38	2095	50	650	0,1	0,24	1,5	3,10
14	250	38	2095	50	700	0,1	0,24	1,5	3,34
15	250	38	2095	50	750	0,1	0,24	1,5	3,58
16	250	38	2095	50	800	0,1	0,24	1,5	3,82
17	250	38	2095	50	850	0,1	0,24	1,5	4,06
18	250	38	2095	50	900	0,1	0,24	1,5	4,30
19	250	38	2095	50	950	0,1	0,24	1,5	4,53
20	250	38	2095	50	1000	0,1	0,24	1,5	4,77
21	250	38	2095	50	1050	0,1	0,24	1,5	5,01
22	250	38	2095	50	1100	0,1	0,24	1,5	5,25
23	250	38	2095	50	1150	0,1	0,24	1,5	5,49
24	250	38	2095	50	1200	0,1	0,24	1,5	5,73
25	250	38	2095	50	1250	0,1	0,24	1,5	5,97
26	250	38	2095	50	1300	0,1	0,24	1,5	6,20

Setup peralatan pemrosesan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 berikut:



Gambar 11. Setup Peralatan

Proses pengambilan besar keausan sisi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 12 berikut:



Gambar 12. Pengukuran VB

4. Hasil Dan Pembahasan

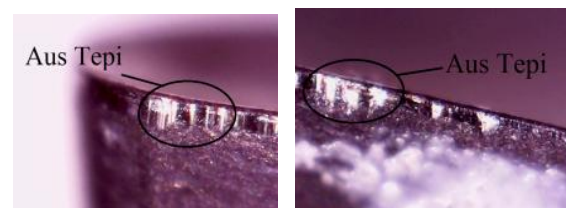
4.1 Pemotongan Pertama

Pada pemotongan pertama, dengan kondisi pemotongan (V_c) = 70 m/menit, gerak makan (f) = 0,1 mm/put kedalaman potong (a) 1,5 mm dengan waktu pemotongan (t_c) selama 6.82 menit besar aus sisi (VB) baru mencapai 0,05 mm. Hal ini masih mengidentifikasi bahwa umur pakai pahat masih jauh dari ketentuan yaitu minimal VB 0,3 mm dalam waktu pemotongan (t_c) tidak kurang dari 6 menit (ISO 3685: 1993).

Tabel 5. Hasil dari Pemotongan Baja ASTM A 29 kecepatan potong (V_c) 70 m/menit

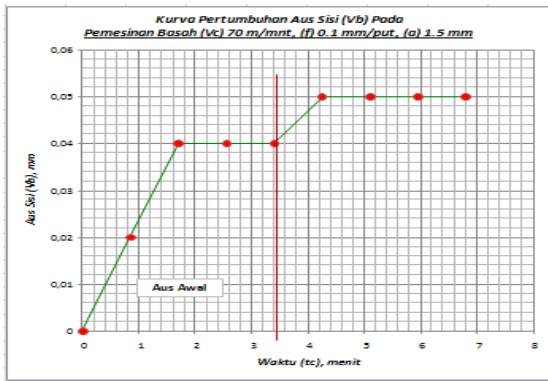
No.	Kecepatan Potong (V_c), meter/mnt	Diameter Benda Kerja (d), mm	Putaran Spindel (Rpm)	Panjang Pemotongan (l), mm	Gerak makan (f), mm/put.	Waktu Pemotongan (t_c), menit	Dalam Pemotongan (a), mm	Aus sisi (VB), mm	
								mm	Wet Machining
1	70	38	507	50	50	0,1	0,85	1,5	0,02
2	70	38	507	50	100	0,1	0,85	1,5	0,04
3	70	38	507	50	150	0,1	0,85	1,5	0,04
4	70	38	507	50	200	0,1	0,85	1,5	0,04
5	70	38	507	50	250	0,1	0,85	1,5	0,05
6	70	38	507	50	300	0,1	0,85	1,5	0,05
7	70	38	507	50	350	0,1	0,85	1,5	0,05
8	70	38	507	50	400	0,1	0,85	1,5	0,05

Bentuk keausan sisi pada kondisi pemotongan di atas dapat dilihat pada Gambar 13. berikut :



Gambar 13. Bentuk Aus Sisi pada pemotongan (V_c) 70 m/menit

Kurva pertumbuhan aus sisi pada kecepatan potong 70 m/menit sebagaimana pada Gambar 14 berikut:



Gambar 14. Kurva Pertumbuhan Aus sisi (VB)

Dari hasil pemesinan dengan kondisi pemotongan pertama masih belum menunjukkan pertumbuhan aus sisi yang signifikan maka dilanjutkan dengan pemotongan kedua dengan (V_c) = 110 m/menit.

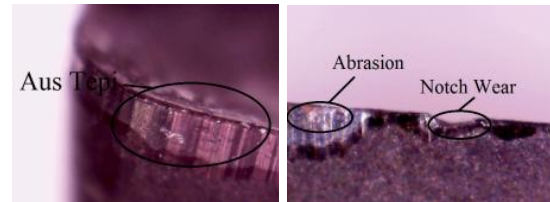
4.2 Pemotongan Kedua

Pada pemotongan kedua, dengan kondisi pemotongan (V_c) = 70m/menit, gerak makan (f) = 0,1 mm/putaran, kedalaman potong (a) 1,5 mm dengan waktu pemotongan (t_c) hanya 8.22 menit besar aus sisi (VB) baru mencapai 0,1 mm. Hal ini masih mengidentifikasi bahwa umur pakai pahat masih jauh dari ketentuan yaitu minimal VB 0,3 mm dalam waktu pemotongan (t_c) tidak kurang dari 6 menit (ISO 3685: 1993).

Tabel 6. Hasil dari Pemotongan Baja ASTM A 29 kecepatan potong (V_c) 110 m/menit

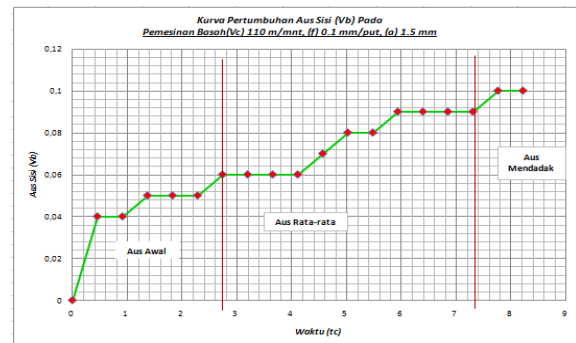
No.	Kecepatan Potong (V_c), meter/menit	Diameter Benda Kerja (ϕ), mm	Putaran Spindel (Rpm)	Panjang Pemotongan (l), mm	Gerak makan (f), mm/put.	Waktu Pemotongan (t_c), menit	Dalam Pemotongan (a), mm	Aus sisi (VB), mm		
								Wet Machining	t_c total (menit)	
1	110	32	1095	50	50	0,1	0,46	1,5	0,04	0,46
2	110	32	1095	50	100	0,1	0,46	1,5	0,04	0,91
3	110	32	1095	50	150	0,1	0,46	1,5	0,05	1,37
4	110	32	1095	50	200	0,1	0,46	1,5	0,05	1,83
5	110	32	1095	50	250	0,1	0,46	1,5	0,05	2,28
6	110	32	1095	50	300	0,1	0,46	1,5	0,06	2,74
7	110	32	1095	50	350	0,1	0,46	1,5	0,06	3,20
8	110	32	1095	50	400	0,1	0,46	1,5	0,06	3,65
9	110	32	1095	50	450	0,1	0,46	1,5	0,06	4,11
10	110	32	1095	50	500	0,1	0,46	1,5	0,07	4,57
11	110	32	1095	50	550	0,1	0,46	1,5	0,08	5,02
12	110	32	1095	50	600	0,1	0,46	1,5	0,08	5,48
13	110	32	1095	50	650	0,1	0,46	1,5	0,09	5,94
14	110	32	1095	50	700	0,1	0,46	1,5	0,09	6,39
15	110	32	1095	50	750	0,1	0,46	1,5	0,09	6,85
16	110	32	1095	50	800	0,1	0,46	1,5	0,09	7,31
17	110	32	1095	50	850	0,1	0,46	1,5	0,1	7,76
18	110	32	1095	50	900	0,1	0,46	1,5	0,1	8,22

Bentuk keausan sisi pada kondisi pemotongan di atas dapat dilihat pada Gambar 15 berikut :



Gambar 15. Bentuk tumbuhnya lapisan metal (BUE) pada pemotongan (V_c) 110 m/menit

Kurva pertumbuhan aus sisi pada kecepatan potong (V_c) 110 m/menit sebagaimana pada Gambar 16 berikut:



Gambar 16. Kurva pertumbuhan (VB)

Pada pemotongan dengan kecepatan (V_c) 110 m/menit, kondisi pahat mengalami deformasi plastik pada bagian tepi pahat (T-land Geometry) dalam kerusakan tumbuhnya lapisan metal akibat perubahan bentuk plastik dan panas yang diterima pahat melebihi kemampuannya.

Kondisi pemotongan kedua masih belum menunjukkan pertumbuhan aus sisi yang signifikan maka dilanjutkan dengan pemotongan ketiga dengan (V_c) = 250 m/menit.

4.3 Pemotongan Ketiga

Pada pemotongan ketiga, dengan kondisi pemotongan (V_c) = 250 m/menit, gerak makan (f) = 0,1 mm/putaran, kedalaman potong (a) 1,5 mm dengan waktu pemotongan (t_c) hanya 6.20 menit besar aus sisi (VB) baru mencapai 0,12 mm. Hal ini masih mengidentifikasi bahwa umur pakai pahat masih jauh dari ketentuan yaitu minimal VB 0,3 mm dalam waktu pemotongan (t_c) tidak kurang dari 6 menit (ISO 3685: 1993).

Tabel 7. Hasil dari Pemotongan Baja ASTM A 29 kecepatan potong (V_c) 250 m/menit

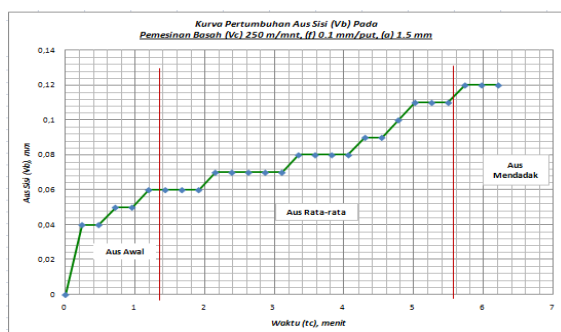
No.	Kecepatan Potong (V_c), meter/menit	Diameter Benda Kerja (d), mm	Putaran Spindel (Rpm)	Panjang Pemotongan (l), mm	Gerakan makan (f), mm/put.	Waktu Pemotongan (t_c), menit	Dalam Pemotongan (a), mm	Aus sisi (VB), mm		
								Wet Machining	t_c total (menit)	
								0	0	
1	250	38	2095	50	90	0.1	0.24	1.5	0.04	0.24
2	250	38	2095	50	100	0.1	0.24	1.5	0.04	0.48
3	250	38	2095	50	150	0.1	0.24	1.5	0.05	0.72
4	250	38	2095	50	200	0.1	0.24	1.5	0.05	0.95
5	250	38	2095	50	250	0.1	0.24	1.5	0.06	1.19
6	250	38	2095	50	300	0.1	0.24	1.5	0.06	1.43
7	250	38	2095	50	350	0.1	0.24	1.5	0.06	1.67
8	250	38	2095	50	400	0.1	0.24	1.5	0.06	1.91
9	250	38	2095	50	450	0.1	0.24	1.5	0.07	2.15
10	250	38	2095	50	500	0.1	0.24	1.5	0.07	2.39
11	250	38	2095	50	550	0.1	0.24	1.5	0.07	2.63
12	250	38	2095	50	600	0.1	0.24	1.5	0.07	2.86
13	250	38	2095	50	650	0.1	0.24	1.5	0.07	3.10
14	250	38	2095	50	700	0.1	0.24	1.5	0.08	3.34
15	250	38	2095	50	750	0.1	0.24	1.5	0.08	3.58
16	250	38	2095	50	800	0.1	0.24	1.5	0.08	3.82
17	250	38	2095	50	850	0.1	0.24	1.5	0.08	4.06
18	250	38	2095	50	900	0.1	0.24	1.5	0.09	4.30
19	250	38	2095	50	950	0.1	0.24	1.5	0.09	4.53
20	250	38	2095	50	1000	0.1	0.24	2.5	0.1	4.77
21	250	38	2095	50	1050	0.1	0.24	3.5	0.11	5.01
22	250	38	2095	50	1100	0.1	0.24	4.5	0.11	5.25
23	250	38	2095	50	1150	0.1	0.24	5.5	0.11	5.49
24	250	38	2095	50	1200	0.1	0.24	5.5	0.12	5.73
25	250	38	2095	50	1250	0.1	0.24	5.5	0.12	5.97
26	250	38	2095	50	1300	0.1	0.24	5.5	0.12	6.20

Bentuk keausan sisi pada kondisi pemotongan di atas dapat dilihat pada Gambar 17 berikut :



Gambar 17. Bentuk tumbuhnya lapisan metal (BUE) pada pemotongan V_c 250 m/menit

Kurva pertumbuhan aus sisi pada kecepatan potong 250 m/menit sebagaimana pada Gambar 18 berikut:



Gambar 18. Kurva pertumbuhan (VB)

Pada pemotongan dengan kecepatan (V_c) 250 m/menit, kondisi pahat mengalami deformasi plastik pada bagian tepi pahat (*Flank face*) dalam kerusakan tumbuhnya lapisan metal akibat perubahan bentuk plastik dan panas yang terima pahat melebihi kemampuannya.

Pada pemotongan dengan kecepatan (V_c) 250 m/menit, kondisi pahat mengalami patahan pada bagian ujung pahat (*nose*) dalam kerusakan abrasif dan deformasi pada ujung pahat yang berakibatkan permukaan *finishing* benda kerja memburuk. Maka semakin tinggi kecepatan potong akan menghasilkan kecepatan pertumbuhan aus sisi (VB) semakin cepat pada pemotongan baja ASTM A 29 dalam keadaan basah menggunakan pahat karbida berlapis bahan TiAlN.

5. Kesimpulan

1. Pahat Karbida (WC+Co) yang diapisi dengan bahan pelapis (TiAlN) produksi Sandvick Coromant dengan Type DCGX 11T3 02-Al yang direkomendasikan untuk memotong paduan Aluminium dengan kecepatan potong maksimum 2000 m/ menit mampu memotong baja ASTM A 29 pada kecepatan potong 250 m/menit dengan batas waktu tidak kurang dari 6.20 menit.
2. Pemotongan baja ASTM A 29 dengan kondisi pemotongan $V_c = 250$ m/menit, gerak makan (f) = 0,1 mm/put dan kedalaman potong (a) = 1.5 mm menghasilkan aus sisi (VB) sebesar 0,12 mm dalam waktu (t_c) 6.20 menit serta terdapatnya kerusakan berupa Aus Tepi , Built Up Edge ,dan Aus Kawah yang sangat mendominasi disisi potong alat potong yang bersinggungan dengan benda kerja.

Daftar Pustaka

- [1] P.S. Sreejith and B.K.A Ngoy, *Dry Machining: Machining of the Future*, School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technology University Singapore, 2000.
- [2] T. Rochim, *Teori & Teknologi Proses Pemesina*, Higher Education Development Support Project, Jakarta, 1993.
- [3] G.A. Ibrahim, C.H. CheHaron, and J.A. Ghani "Tool Wear Mechanisme in Continuous Cutting of Difficult to Cut Material Under Dry Machining. Journal Advanced Materials Research", Vol, pp. 126 – 128, 2006.
- [4] Nouari M. Dan Ginting A., "Wear Characteristics and Performance of Multi-layer CVD-Coated Alloyed Carbide Tool in Dry End Milling of Titanium Alloy.Surface Coating Technology". 200:5663-5676, 2006.
- [5] Abhang, L.B., 2010, "Chip-Tool Interface Temperature Prediction Model for Turning Process. International Journal of Engineering Science and Technology", Vol. 2(4), pp. 382-393, 2010,.
- [6] S. Sunarto dan S. Mawarni, "Studi Pahat Karbida Berlapis (TiAlN) pada Pembubutan Kering Kecepatan Potong Tinggi Bahan paduan Aluminium 6061". *Jurnal Invotek*

- Polbeng*. Politeknik Negeri Bengkalis Riau, 2017.
- [7] A. Azwinur dan T. Taufiq, “Analisis Umur Pahat dan Biaya Produksi pada Proses Drilling terhadap material S40C”. *J.POLIMESIN*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-7, 2017.
- [8] ISO 3685 (1977) *Second Edition* 1993
- [9] ASTM Int’l, A 29/A 29M – 05 Standard Specification For Steel bars Carbon and Alloy, Hpt-Wrought, General Requirements For¹, 2006
- [10] Sanvik Coromant, *Technical Information :Tool Weer*, 12 Maret 2004. <http://www2.coromant.sanvik.com/coromant/products/steelturning/pdf/>>, 2003
- [11] Ups Chemicals, 2016, Technical Information : Ups Chemicals Product, 2016. www.upschemicals.com. 19 maret 2019
- [12] Indiamart, 2019, USB Digital Microscope, USBM-2S. <https://m.indiamart.com/usb-digital-microscope-11380266673.html>, 4 maret 2019