

# PENGARUH KECEPATAN POTONG TINGGI PADA PEMOTONGAN PADUAN ALUMINIUM 6061 TERHADAP KEUTUHAN LAPISAN PAHAT KARBIDA BERLAPIS BAHAN (TiAlN/TiN)

Sunarto<sup>1</sup>, Sri Mawarni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis Riau

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Informatika Politeknik Negeri Bengkalis

Jalan Bathin Alam Sungai Alam Bengkalis Riau Indonesia

Email: [sunarto@polbeng.ac.id](mailto:sunarto@polbeng.ac.id)<sup>1</sup> [srilmawarni@polbeng.ac.id](mailto:srilmawarni@polbeng.ac.id)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Peningkatan performa alat potong jenis karbida (Wc+Co) yang banyak digunakan pada bidang pemotongan logam proses pemesinan dilakukan dengan melapisi bahan dasar alat potong dengan bahan pelapis. Dari hasil penelitian sebelumnya disimpulkan bahwa alat potong yang dilapisi dengan bahan pelapis Titanium Aluminium Nitrida dan Titanium Nitrida (TiAlN/TiN) memiliki ketangguhan ketika memotong stainless steel. Penelitian lain menyimpulkan unsur bahan pelapis tidak berfungsi sebagaimana mestinya ketika dipakai untuk memotong paduan logam non ferro (Titanium). Keutuhan unsur pelapis sangat erat kaitannya dengan mekanisme aus pahat yaitu berupa reaksi kimia. Tindak balas antara unsur bahan pelapis TiAlN/TiN dengan bahan dasar yang dipotong yaitu paduan Aluminium 6061 menjadi bahasan untuk diamati dalam penelitian ini. Metode pemotongan dibagi menjadi tiga kategori yaitu rendah dengan kecepatan potong (Vc) 800 m/menit, sedang dengan kecepatan potong (Vc) 1000 m/menit dan tinggi dengan kecepatan potong 1200 m/menit. Hasil penelitian disimpulkan pada setiap kondisi pemotongan yang ditentukan untuk setiap titik pengamatan unsur pelapis TiAlN/TiN sudah tidak ditemukan.

**Kata Kunci:** Kecepatan Potong (Vc), Alat Potong, Bahan Pelapis

## ABSTRACT

Increasing the performance of carbide cutting tools (Wc+Co) which are widely used in the field of metal cutting machining process is done by coating the base material of cutting tools with coating material. From the results of previous studies it was concluded that cutting tools coated with Titanium Aluminum Nitride and Titanium Nitride (TiAlN / TiN) coating materials have toughness when cutting stainless steel. Other studies have concluded that the coating material is not functioning properly when used to cut non-ferrous metal alloys (Titanium). The integrity of the coating element is closely related to the wear mechanism of the cutting tool which is a chemical reaction. The countermeasures between the TiAlN/TiN coating material and the base material which was cut from the Aluminum alloy 6061 were discussed to be observed in this study. The cutting method is divided into three categories, namely low with cutting speed of (Vc) 800 m / min, medium with cutting speed (Vc) of 1000 m / min and high with cutting speed of 1200 m / min. The results of the study concluded that at each cutting condition determined for each observation point the TiAlN/TiN coating element was not found.

**Keywords:** Cutting Speed (Vc), Cutting Tool, Coated

## 1. LATAR BELAKANG

Kecepatan potong diatas  $\geq 1000$  m/mnt untuk pemotongan jenis bahan paduan Aluminium dikategorikan dalam pemesinan laju tinggi[7]. Dampak yang timbul akibat dari kecepatan potong tinggi adalah meningkatnya temperatur pemotongan [8][1][6] Menurut [5] akibat dari oksidasi pada kecepatan potong tinggi mengakibatkan ketahanan pahat karbida menurun. Usaha yang dilakukan untuk meningkatkan ketangguhan pahat karbida (WC+Co) yaitu dengan melapisi bahan dasar pahat menggunakan bahan pelapis diantaranya adalah Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN)

dan Titanium Nitrida (TiN). Diharapkan lapisan dapat berfungsi sebagai pelumas padat dan sebagai dinding penyekat antara bahan dasar pahat terhadap benda kerja, sehingga dengan demikian laju kerusakan alat potong dapat ditekan. Lapisan yang dibuat *multilayer* pada pahat karbida berlapis (TiAlN/TiN) memiliki kekerasan yang tinggi, tahan aus, lebih tangguh dalam pemotongan bila dibandingkan dengan lapisan yang dibuat *monolayer* berbahan pelapis (TiAlN)[9]. penelitian ini dilakukan pada proses bubut menggunakan material *stainless steel* dengan kecepatan potong (Vc) 220 m/menit, gerak makan (f) 0,2 mm/putaran dan kedalaman

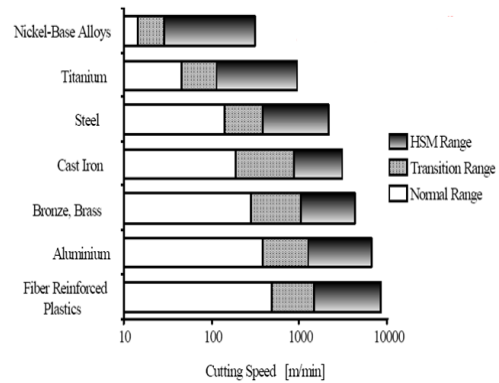
potong ( $a$ ) 0,2 mm. Kinerja lapisan berbahan Titanium Nitrida (TiN) yang terdapat pada alat potong tidak sesuai dengan fungsinya bilamana memotong paduan Titanium Ti-6246 pada operasi *milling* kecepatan potong ( $V_c$ ) 55 m/menit, gerak makan ( $f$ ) 0,1 mm/gigi dan kedalaman pemakanan ( $a$ ) 2 mm didapati lapisan mengalami pengelupasan di awal proses pemotongan (initial wear) dan disimpulkan sebagai akibat dari reaktifitas yang tinggi pada Titanium Ti-6246 selama proses pemotongan berlangsung[6]. Temuan lain yang berkaitan dengan pengelupasan pelapis terhadap bahan dasar alat potong di awal pemotongan juga pada bahan paduan Titanium dengan operasi bubut dengan kecepatan potong ( $V_c$ ) 55 m/menit, gerak makan ( $f$ ) 0,15 mm/put dan kedalaman potong ( $a$ ) 0,10 mm[2].

Untuk melihat keutuhan bahan pelapis pada penelitian ini penulis akan melakukan eksperimen yaitu memotong paduan Aluminium 6061 menggunakan pahat karbida berlapis dari bahan Titanium Aluminium Nitrida dan Titanium Nitrida (TiAlN/TiN) pada kecepatan potong 800, 1000 dan 1200 m/menit pada kondisi pemotongan tanpa menggunakan cairan pendingin.

**2. METODE**

**2.1. Pemesinan Laju Tinggi (High-Speed Machining)**

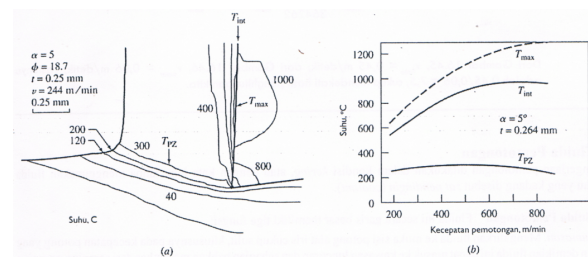
Pemesinan Laju Tinggi (High-Speed Machining) merupakan salah satu teknologi modern dewasa ini, dimana dalam perbandingannya dengan proses pemotongan konvensional dimungkinkan adanya peningkatan efisiensi, ketepatan, dan kualitas dari benda kerja dan pada saat yang sama dapat menurunkan biaya-biaya dan waktu pemesinan. Proses pemesinan kecepatan tinggi ditentukan berdasarkan jenis bahan yang digunakan [2] sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Kecepatan Potong pada Proses Laju Tinggi[7]

**2.2. Temperatur Pemotongan**

Karena kawasan pemotongan terus bergerak pada benda kerja, maka tingkat pemanasan di depan alat potong relatif kecil, dan setidaknya pada kecepatan potong yang tinggi, sebagian besar panas (lebih dari 80%) terbawa oleh tatal. Namun demikian, alat potong terus menerus bersinggungan dengan tatal. Karena tidak ada lapisan penyekat panas, muka sisi potong alat potong menjadi panas. Gesekan pada muka sisi potong (deformasi di kawasan pemotongan skunder) juga menjadi penyebab pemanasan. Hasil perhitungan terinci menunjukkan bahwa suhu maksimum terjadi pada muka sisi potong yang berada agak jauh dari ujung alat potong sebelum tatal terangkat. Seperti yang diperkirakan, suhu maksimum ( $T_{max}$ ) dan suhu antar muka rata-rata ( $T_{int}$ ) naik seiring dengan meningkatnya kecepatan potong, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.**

- (a) Perhitungan distribusi suhu dalam tatal dan alat potong,
- (b) Variasi suhu dengan kecepatan potong saat pemotongan baja AISI 1016 dengan pahat potong karbida[8]

Proses bubut menggunakan benda kerja baja paduan dengan seri EN-31 kenaikan temperatur pada pahat potong merupakan efek dari kondisi pemotongan[1]. Lebih jelas mereka menguraikan sebagai berikut:

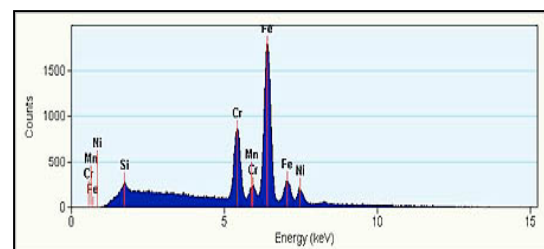
- a) Akibat dari kecepatan potong ( $V_c$ )  
Kecepatan potong sangat mempengaruhi kenaikan temperatur pemotongan. Lebih lanjut mereka menjelaskan dengan meningkatnya kecepatan potong gesekan akan meningkat, hal ini akan menyebabkan peningkatan suhu di zona pemotongan.
- b) Akibat dari gerak makan ( $f$ )  
Dengan meningkatnya gerak makan ( $f$ ) yang berdampak pada geram, menyebabkan meningkatnya gesekan dan menyebabkan kenaikan temperatur pemotongan, hal ini sesuai sebagaimana yang laporkan oleh Shaw (1984), Stephenson (1992).
- c) Akibat dari kedalaman potong ( $a$ )  
Perubahan suhu pemotongan yang tercatat dalam zona pemotongan sebagai fungsi kedalaman potong sehubungan dengan kecepatan potong yang berbeda dan gerak makan dengan radius pahat konstan (0.4mm).

### 2.3. Mekanisme Aus Pahat

Salah satu mekanisme aus pahat ialah reaksi kimia. Dua permukaan yang saling bergesekan dengan tekanan yang cukup besar beserta lingkungan kimiawi yang aktif (udara maupun cairan pendingin dengan komposisi tertentu) dapat menyebabkan interaksi antara material pahat dengan benda kerja. Permukaan material benda kerja yang baru saja terbentuk (permukaan geram dan permukaan benda kerja yang telah terpotong) sangat kimiawi aktif sehingga mudah bereaksi kembali dan menempel pada permukaan pahat. Pada kecepatan potong yang rendah, oksigen dalam udara pada celah-celah diantara pahat dengan geram atau benda kerja mempunyai kesempatan untuk bereaksi dengan material benda kerja sehingga akan mengurangi derajat penyatuan dengan permukaan pahat. Akibatnya daerah kontak dimana pergeseran

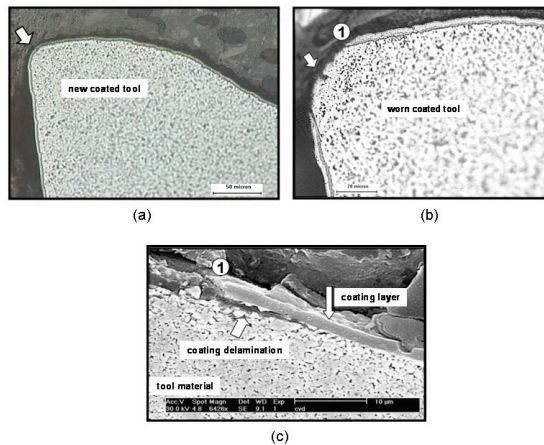
antara pahat dengan geram/benda kerja akan lebih luas sehingga proses keausan karena gesekan akan terjadi lebih cepat. Untuk mengamati kerusakan/keausan lapisan pahat sebagai dampak dari reaksi kimia digunakan *Scanning Elektron Microscope dan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS). SEM-EDS merupakan alat yang memiliki kemampuan memberikan informasi secara langsung tentang topografi (tekstur permukaan sampel), morfologi (bentuk dan ukuran), komposisi (unsur penyusun sampel), serta informasi kristalografi (susunan atom penyusunan sampel).

Informasi yang dihasilkan EDS didapatkan dari sinar-X karakteristik, yaitu sinar-X yang dihasilkan ketika elektron dari kulit luar berpindah ke kulit yang lebih dalam. Setiap kulit atom memiliki energi tertentu, untuk memenuhi aturan tersebut maka elektron dari kulit luar harus melepaskan sebagian energi untuk dapat berpindah ke kulit atom yang lebih dalam. Energi yang dilepas dipancarkan dalam bentuk sinar-X. Energi pancaran elektron dalam bentuk sinar X akan dideteksi dan dihitung oleh EDS dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung seperti Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil Analisa EDS  
(Sumber: [http://ion.asu.edu/descript\\_eds.htm](http://ion.asu.edu/descript_eds.htm))

Kerusakan unsur pelapis yaitu berupa pengelupasan pelapis (coating delamination) merupakan kejadian hilangnya bagian pahat dalam bentuk lapisan dari permukaan pahat[4]. Pengelupasan pelapis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengelupasan Pelapis Pahat Karbida Berlapis CVD[4]

Pahat berlapis pengelupasan pelapis terjadi dengan diawali oleh *micro-cracks* yang berlangsung di dalam lapisan penyalut dan kemudian diikuti oleh perpindahan material lapisan dengan cepat[4]. Secara umum penyelidikan tentang pengelupasan pelapis bukanlah suatu pekerjaan yang mudah, hal ini disebabkan oleh interaksi yang kompleks antar beberapa faktor yang berperan terhadap pengelupasan seperti *Dry Machining Operation Environment* (DMOE), sifat hakiki material pelapis, dan interaksi antara pahat, lapisan, serta benda kerja.

Penelitian mengenai Pengaruh Kecepatan Potong Tinggi Pada Pembubutan Aluminium 6061 Terhadap Keutuhan Lapisan Pahat Karbida Berlapis Bahan TiAlN/TiN dilakukan secara eksperimental. Untuk mengamati keutuhan bahan pelapis dilakukan dengan membagi menjadi tiga kondisi pemotongan yaitu kondisi pemotongan rendah, sedang dan tinggi.

- a) Pengambilan data pada kondisi pemotongan kategori **rendah** dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - 1) Memotong paduan Aluminium 6061 dengan kecepatan potong (*Vc*) 800 m/menit, gerak makan (*f*) 0,2 mm/put, kedalaman potong (*a*) 1,5 mm dan lama waktu pemotongan (*tc*) lebih dari 6 menit[3].
  - 2) Keutuhan bahan pelapis dideteksi dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS).

*Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS).

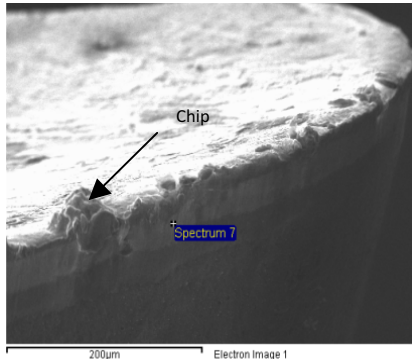
- b) Pengambilan data pada kondisi pemotongan kategori **sedang** dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - 1) Memotong paduan Aluminium 6061 dengan kecepatan potong (*Vc*) 1000 m/menit, gerak makan (*f*) 0,2 mm/put, kedalaman potong (*a*) 1,5 mm dan lama waktu pemotongan (*tc*) lebih dari 6 menit[3]
  - 2) Keutuhan bahan pelapis dideteksi dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS).
- c) Pengambilan data pada kondisi pemotongan kategori **tinggi** dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - 1) Memotong paduan Aluminium 6061 dengan kecepatan potong (*Vc*) 1200 m/menit, gerak makan (*f*) 0,2 mm/put, kedalaman potong (*a*) 1,5 mm dan lama waktu pemotongan (*tc*) lebih dari 6 menit[3]
  - 2) Keutuhan bahan pelapis dideteksi dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

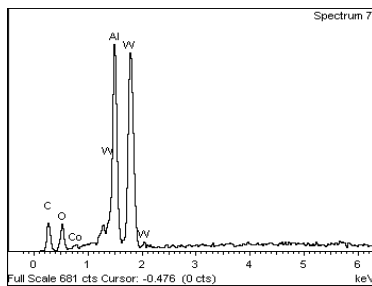
#### 3.1. Pemotongan Kategori Rendah

Hasil deteksi dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) setelah pemotongan paduan Aluminium 6061 pada kategori rendah pada titik pengamatan spektrum 7 tidak didapati unsur bahan pelapis TiAlN/TiN dan ditemukannya unsur Wolfram (W) sebesar 52,20 % dan unsur Cobalt (Co) sebesar 3,92%. Wolfram (W) dan Cobalt (Co) merupakan unsur bahan dasar dari alat potong jenis karbida (WC+Co). Unsur Aluminium sebesar 14,54% dindikasikan sebagai *chip* dari benda kerja yang dipotong yang menempel pada permukaan alat potong. Sementara itu pada titik pengamatan spektrum 6 juga tidak ditemukan unsur bahan pelapis TiAlN/TiN dan ditemukannya unsur Wolfram (W) sebesar 60,72 % dan unsur Cobalt (Co) sebesar 4,06% lebih banyak dari pada titik pengamatan spektrum 7. Berdasarkan hasil

EDS diatas dapat dikatakan bahwa pada kecepatan potong 800 m/menit unsur bahan pelapis yaitu Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) dan Titanium Nitrida (TiN) sudah tidak ditemukan. Hasil EDS lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5:



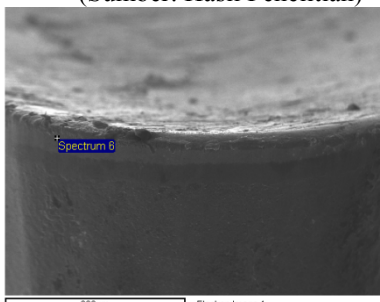
**Gambar 4 (a).** Aus sisi (Vb) pada Alat Potong



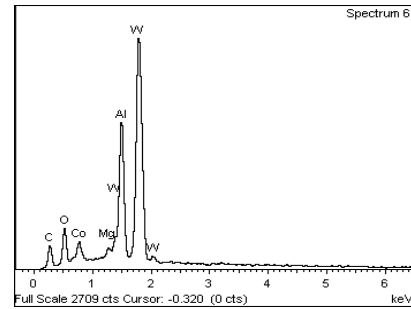
Element	Weight%
Carbon (C)	16.59
Oksigen (O)	8.75
Aluminium (Al)	14.54
Cobalt (Co)	3.92
Wolfram (W)	56.20
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Gambar 4 (b).**

Hasil Pengamatan pada Spektrum 7  
(Sumber: Hasil Penelitian)



**Gambar 5 (a).** Aus sisi (Vb) pada Alat Potong



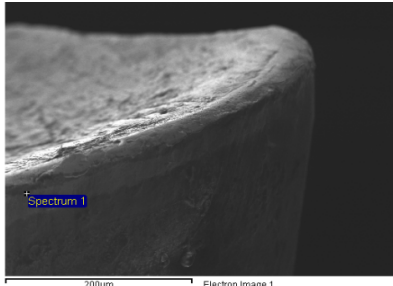
Element	Weight%
Carbon (C)	12.33
Oksigen (O)	12.07
Magnesium(Mg)	0.68
Aluminium (Al)	10.16
Cobalt (Co)	4.06
Wolfram (W)	60.72
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Gambar 5 (b).**

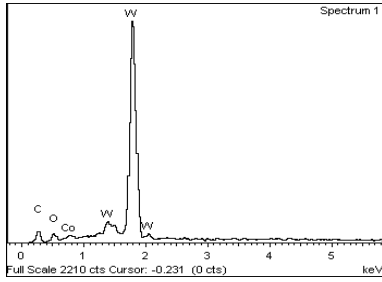
Hasil Pengamatan pada Spektrum 6  
(Sumber: Hasil Penelitian)

### 3.2. Pemotongan Kategori Sedang

Hasil deteksi dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) setelah pemotongan paduan Aluminium 6061 pada kategori sedang pada titik pengamatan spektrum 1 tidak ditemukan unsur bahan pelapis TiAlN/TiN dan ditemukannya unsur Wolfram (W) sebesar 82,85% dan unsur Cobalt (Co) sebesar 4,29%. Pada spektrum 4 hasil EDS juga tidak ditemukan unsur bahan pelapis (TiAlN/TiN) dan ditemukannya unsur Wolfram (W) sebesar 79,09% dan unsur Cobalt (Co) sebesar 3,87%. Hasil deteksi pada kecepatan potong 1000 m/menit lebih besar unsur Wolfram (W) dan unsur Cobalt (Co) ditemukan jika dibandingkan pada kecepatan potong 800 m/menit. Dapat dikatakan bahwa pada kecepatan potong 1000 m/menit unsur bahan pelapis TiAlN/TiN lebih cepat hilang bila dibandingkan pada kecepatan potong 800 m/menit. Hasil EDS lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7:

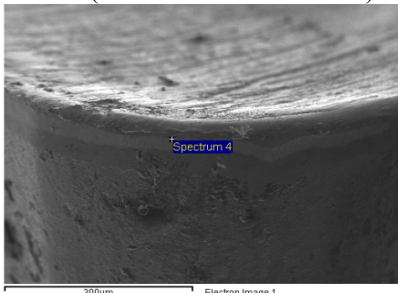


**Gambar 6 (a).** Aus sisi (Vb) pada Alat Potong

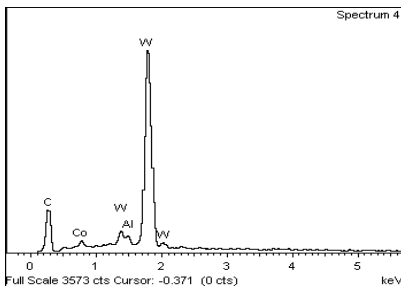


Element	Weight%
Carbon (C)	8.87
Oksigen (O)	3.98
Cobalt (Co)	4.29
Wolfram (W)	82.85
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Gambar 6 (b).** Hasil Pengamatan pada Spektrum 1 (Sumber: Hasil Penelitian)



**Gambar 7 (a).** Aus sisi (Vb) pada Alat Potong



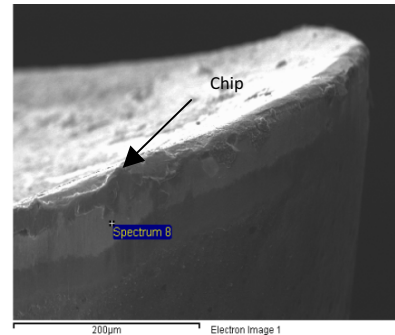
Element	Weight%
Carbon (C)	23.23
Aluminium (Al)	0.80
Cobalt (Co)	3.87
Wolfram (W)	72.09
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Gambar 7 (b).** Hasil Pengamatan pada Spektrum 4 (Sumber: Hasil Penelitian)

### 3.3. Pemotongan Kategori Tinggi

Hasil deteksi pada spektrum 8 lebih didominasi oleh unsur dasar alat potong yaitu Cobalt (Co) 5,55 % dan Wolfram (W) 64,01 %. Tidak ditemukan Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) dan Titanium Nitrida (TiN) mengidentifikasi bahwa pada spektrum 8 unsur-unsur tersebut telah hilang dalam waktu pemotongan selama 6 menit dengan kecepatan potong 1200 m/menit.

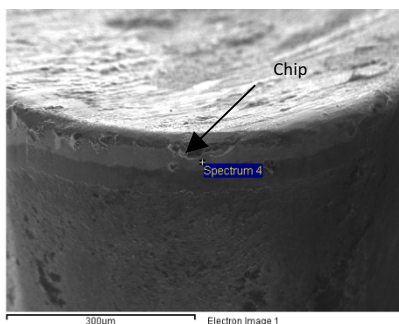
Titik pengamatan pada spektrum 4 juga ditemukan unsur dasar pahat yaitu Cobalt (Co) 4,91% dan Wolfram (W) 64,01%. Ditemukan unsur Aluminium (Al) sebesar 8,84% diperkirakan adalah chip yang melekat pada permukaan pahat. Hasil EDS lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9:



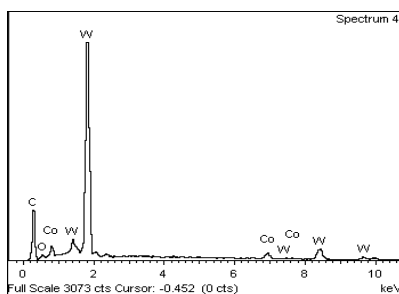
**Gambar 8 (a).** Aus sisi (Vb) pada Alat Potong

Element	Weight%
Carbon (C)	4,70
Oksigen (O)	15,26
Cobalt (Co)	5,55
Magnesium (Mg)	1,68
Aluminium (Al)	8,84
Wolfram (W)	64,01
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Gambar 8 (b).** Titik Pengamatan pada Spektrum 8  
(Sumber: Hasil Penelitian)



**Gambar 9 (a).** Aus sisi (Vb) pada Alat Potong



Element	Weight%
Carbon (C)	26,06
Oksigen (O)	1,87
Cobalt (Co)	4,91
Wolfram (W)	65,17
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Gambar 9 (b).** Hasil Pengamatan pada Spektrum 4  
(Sumber: Hasil Penelitian)

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pemotongan paduan Aluminium 6061 pada kecepatan potong tinggi pada proses pembubutan dapat disimpulkan sebagai berikut:

Pada kecepatan potong 800, 1000, 1200 m/menit dengan lama pemotongan selama 6 menit, gerak makan (f) 0,15 mm/put dan kedalaman potong (t) 1,5 mm, unsur pelapis berupa Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) dan Titanium Nitrida (TiN) sudah tidak ditemukan.

Pada permukaan alat potong banyak dijumpai chip yang melekat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Jurusan Teknik Mesin penulis ucapkan banyak terimakasih atas dukungan terhadap penelitian ini. Kepada rekan peneliti dari Jurusan Teknik Informatika Penulis ucapkan banyak terimakasih atas kerjasama dalam menyelesaikan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Abhang, L.B., “Chip-Tool Interface Temperature Prediction Model for Turning Process”. *International Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 2(4), 2010, 382-393.

[2] G.A. Ibrahim, C.H., Che Haron, dan J.A. Ghani., “Tool Wear Mechanisme in Continuous Cutting of Difficult to Cut Material Under Dry Machining”. *Journal Advanced Materials Research (Volumes 126 - 128)*. 2006.

[3] ISO 3685 Second Edition 1993.

[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] Rochim, Taufiq., 1993, Teori & Teknologi Proses Pemesinan. Higher Education Development Support Project. Jakarta.
- [6] S. Sharif, Mohruni A. S., Jawaid A., 2008, Face Milling of Titanium Alloy Ti-62 using PVD-TiN Coated Carbide Tools. Advance in Manufacturing And Industrial Engineering. Universiti Teknologi Malaysia
- [7] Schulz, H. dan Moriwaki T., 1992, High Speed Machining. Annals of the CIRP.
- [8] Schey, A. dan John., 2000, Introduction to Manufacturing Process. 3 rd Ed. Mc/ Graw – Hill Book Co.
- [9] Yin Fei, WU En xi, Chen Li, , Wang Xiu quan., 2005, Microstructure and Physical Properties of PVD TiAlN/TiN Multilayer Coating. Trans. Nonferrous Met. Soc. China. Vol. 15.