



PENGARUH PEMESINAN LAJU TINGGI KEADAAN KERING TERHADAP PERTUMBUHAN AUS SISI (VB) PAHAT KARBIDA BERLAPIS (TiAlN/TiN) PADA PEMBUBUTAN PADUAN ALUMINIUM 6061

Sunarto⁽¹⁾, Sri Mawarni⁽²⁾

^{1,2}Politeknik Negeri Bengkalis Riau

email: sunarto@polbeng.ac.id, srinawarni@polbeng.ac.id

Abstrak

Pemesinan laju tinggi yang diindikasikan dengan kecepatan potong tinggi pada proses pembubutan keadaan kering menjadi bahasan utama pada penelitian ini. Kecepatan potong (V_c) merupakan salah satu penyebab meningkatnya temperatur pemotongan dan akan mempengaruhi daya tahan alat potong. Akibat temperatur pemotongan yang tinggi pahat akan mengalami kerusakan salah satunya berupa Aus Sisi (VB). VB akan tumbuh secara terus menerus seiring dengan waktu pemotongan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemesinan laju tinggi terhadap laju pertumbuhan VB selama proses pembubutan paduan Aluminium 6061. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan pahat karbida (W_c+Co) yang dilapisi dengan bahan pelapis Titanium Aluminium Nitrida dan Titanium Nitrida (TiAlN/TiN) menggunakan mesin bubut CNC serta membagi tiga kondisi pemotongan yaitu pada kecepatan potong 800 m/menit, 1000 m/menit dan 1200 m/menit. Hasil yang dicapai dari kondisi pemotongan tersebut adalah pada kecepatan potong 1200 m/menit menghasilkan ukuran VB yang lebih besar jika dibandingkan dengan kecepatan potong 800 m/menit dan 1000 m/menit dengan waktu pemotongan masing-masing selama enam menit.

Kata Kunci: Kecepatan Potong (V_c), Aus Sisi (VB), Alat Potong

Abstract

High speed machining which is indicated by high cutting speed in the dry lathe process becomes the main discussion in this study. The cutting speed (V_c) is one of the causes of increasing the cutting temperature and will affect the durability of the cutting tool. Due to high cutting temperature the cutting tool will suffer damage one of them is Flank Wear (VB). VB will grow continuously along with the cutting time. The purpose of this research is to know the effect of high speed machining to growth rate of VB during the process of Aluminum 6061 alloy. The method used in this research is by using cutting tool ($W_c + Co$) coated with Titanium Aluminum Nitride and Titanium Nitride coating materials (TiAlN / TiN) using CNC lathe and dividing the three cutting conditions ie at cutting speed of 800 m / min, 1000 m / min and 1200 m / min. The result of the cutting condition is at a cutting speed of 1200 m / min resulting in a larger VB size when compared to 800 m / min cutting speed and 1000 m / min with each cutting time of six minutes.

Keywords: Cutting Speed (V_c), Flank Wear (VB), Cutting Tool

1. Pendahuluan

Proses pemotongan logam dengan menggunakan mesin-mesin perkakas masih terus berlanjut hingga hari ini. Ada tiga aspek utama yang berpengaruh terhadap kondisi pemotongan, peningkatan panas, keausan, dan integritas permukaan benda kerja yang dihasilkan. Ketiga aspek itu adalah kecepatan potong (V_c), 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)[1].

Pemesinan laju tinggi menurut beberapa ahli diindikasikan dengan kecepatan potong tinggi serta jenis bahan yang dipotong. Untuk paduan baja, laju pemotongan ≥ 200 m/mnt dapat dikategorikan

sebagai pemotongan laju tinggi pada operasi pembubutan, sedangkan untuk aluminium, laju pemotongan ≥ 1000 m/mnt baru dapat dikategorikan sebagai pemotongan laju tinggi[2].

Kecepatan potong tinggi akan menghasilkan temperatur pemotongan yang tinggi[3,4,5]. Proses oksidasi pada kecepatan potong tinggi (temperatur yang tinggi) menyebabkan ketahanan alat potong (pahat karbida) akan menurun[1]. Untuk meningkatkan ketangguhan dan masa pakai alat potong beberapa produsen pahat karbida ($WC+Co$) melapisi bahan dasar pahat dengan beberapa lapisan (multi layers) menggunakan bahan pelapis di antaranya adalah Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) dan Titanium Nitrida (TiN). Lapisan diharapkan 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. Menurut Yin Fei,

et al.[6] 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), penelitian ini dilakukan pada proses bubut menggunakan material *stainless steel* dengan kecepatan potong (V_c) 220 m/menit, gerak makan (f) 0,2 mm/putaran dan kedalaman potong (a) 0,2 mm

Salah satu bentuk kerusakan yang menjadi indikasi masa pakai (life time) sebuah alat potong pada proses pemesinan menggunakan mesin bubut adalah besarnya Aus sisi (VB)[7]. Aus sisi 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.

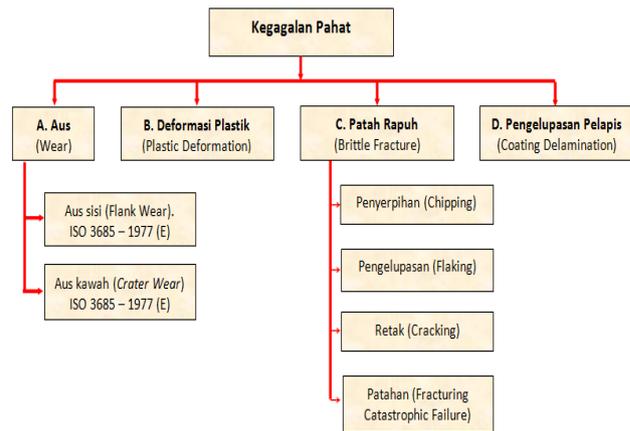
Pemesinan kering menjadi pilihan ketika dampak dari limbah pemotongan dapat merusak ekosistem dan mengganggu kesehatan operator. Dilaporkan oleh Tonshoff dan Mohlfeld (1997)[8], juga Sreejith dan Ngoi (2000)[9] bahwa umumnya cairan pemotongan bekas disimpan dalam kontainer dan kemudian ditimbun di dalam tanah, selain itu juga telah diestimasi bahwa diantara 700.000 sampai 1.000.000 pekerja mengalami pengaruh buruk karena cairan pemotongan di Amerika setiap tahunnya[10]. Metode pemesinan basah adalah sejumlah cairan pemotongan dialirkan ke kawasan pemotong selama proses pemesinan dengan tujuan menurunkan suhu pemotongan dan melumasi bagian-bagian pemesinan sehingga diharapkan permukaan pemesinan memiliki suatu integritas permukaan (surface integrity) yang baik.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan aus sisi pahat karbida (WC+Co) yang dilapisi dengan bahan pelapis (TiAlN/TiN) pada kondisi pemotongan kering guna mengetahui sejauh mana kecepatan pertumbuhan aus sisi dan ketangguhan pahat karbida yang dilapisi dengan bahan pelapis (TiAlN/TiN) pada pemotongan paduan Aluminium 6061 sebagai akibat dari laju pemotongan tinggi.

2. Studi Literatur

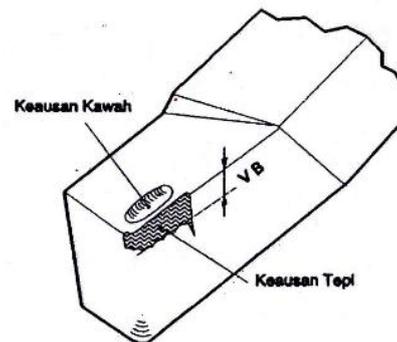
2.1. Kerusakan Alat Potong

Ginting (2003)[11] 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 1.



Gambar 1. Diagram Spektrum Kegagalan Pahat[11]

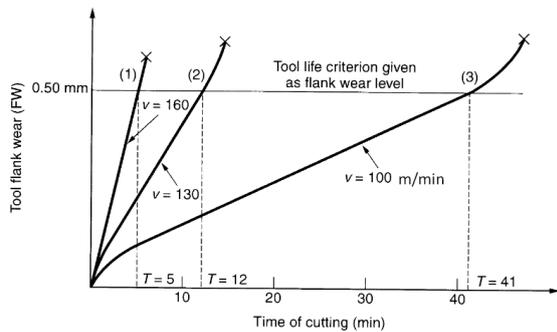
Aus sisi adalah bentuk aus pada sisi (flank) pahat potong disebabkan perubahan bentuk radius ujung pahat oleh gesekan antara permukaan pemesinan benda kerja dengan sisi pahat karena kekakuan benda kerja. Bentuk aus sisi serta pengukurannya ditentukan sesuai standar ISO 3685-1977. Dimensi aus sisi (VB) ditunjukkan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Aus Sisi Pahat[5]

Aus sisi dapat diukur dengan menggunakan mikroskop, dimana bidang mata potong diatur sehingga tegak lurus terhadap sumbu optik. Besarnya keausan sisi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama. Aus sisi sangat mempengaruhi hasil akhir, integritas permukaan, gaya dan daya potong. Aus sisi sangat menentukan kriteria usia pakai pahat (tool life) dan merupakan indeks yang sangat penting untuk mengevaluasi *performance* dari pahat potong [12].

Material yang lebih keras, peningkatan kecepatan potong, besar gerak makan dan kedalaman potong akan menyebabkan peningkatan laju keausan (kemiringan kurve bertambah). Hubungan antara keausan pahat dengan beberapa kecepatan potong dapat dilihat pada Gambar 3.



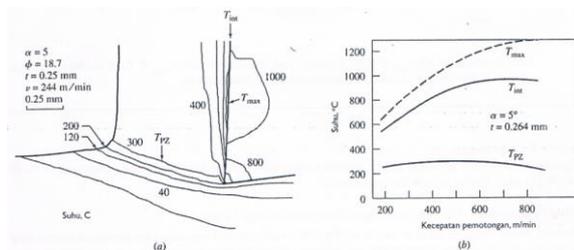
Gambar 3. Keausan Pahat Vs. Kecepatan Potong (Sumber: Marinof,--)

Dengan bertambahnya kecepatan potong, maka laju keausan juga bertambah, sehingga tingkat kerusakan yang sama akan dicapai dalam waktu yang lebih cepat.

Kerusakan fatal pada pahat tidak boleh terjadi, sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusakkan seluruh pahat, mesin perkakas dan benda kerja, serta dapat membahayakan operator. Untuk menghindari hal tersebut ditetapkan suatu batas harga keausan sisi pahat (VB) yang dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tidak boleh digunakan.

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 4.



Gambar 4. (a) Perhitungan distribusi suhu dalam tatal dan alat potong, (b) Variasi suhu dengan kecepatan potong saat pemotongan baja AISI 1016 dengan pahat potong karbida. (Sumber: Introduction to Manufaktur Processes, John A. Schey)

Menurut Abhang L.B et al, (2010)[4] dalam penelitiannya pada proses bubut menggunakan benda kerja baja paduan dengan seri EN-31 kenaikan temperatur pada pahat potong merupakan efek dari kondisi pemotongan yang terdiri dari kecepatan potong (V_c), gerak makan (f) dan kedalaman potong (a). Lebih lanjut mereka menjelaskan bahwa meningkatnya kecepatan potong menyebabkan gesekan akan meningkat, hal ini akan menyebabkan peningkatan suhu di zona pemotongan, meningkatnya gerak makan (f) berdampak pada geram, menyebabkan meningkatnya gesekan dan menyebabkan kenaikan temperatur pemotongan, hal ini sesuai sebagaimana yang dilaporkan oleh Shaw (1984), Stephenson (1992) dan akibat dari kedalaman potong (a) akan mempengaruhi 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).

3. Metode Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh pemesinan laju tinggi keadaan kering terhadap pertumbuhan aus sisi (VB) pahat karbida berlapis (TiAlN/TiN) pada pembubutan paduan Aluminium 6061 dilakukan secara eksperimental. Untuk mengamati pertumbuhan aus sisi (VB) dilakukan dengan membagi menjadi tiga kondisi pemotongan yaitu kondisi pemotongan rendah, sedang dan tinggi.

Pengambilan data pada kondisi pemotongan kategori rendah dilakukan dengan langkah-langkah yaitu dengan memotong paduan Aluminium 6061 dengan kecepatan potong (V_c) 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 (ISO 3685, 1977). Selanjutnya mengukur pertumbuhan aus sisi (VB) pada setiap panjang pemotongan 210 mm pada benda kerja dan memeriksa kerusakan pada pahat karbida berlapis menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Pengambilan data pada kondisi pemotongan kategori sedang dilakukan dengan cara memotong paduan Aluminium 6061 dengan kecepatan potong (V_c) 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 (ISO 3685, 1977). Selanjutnya mengukur pertumbuhan aus sisi (VB) pada setiap panjang pemotongan 210 mm pada benda kerja serta memeriksa kerusakan pada pahat karbida berlapis menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

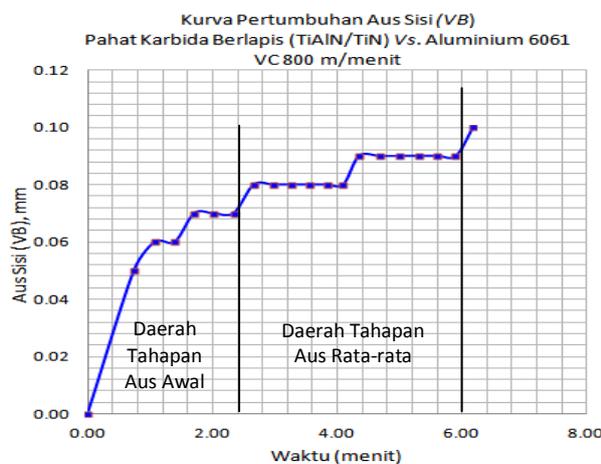
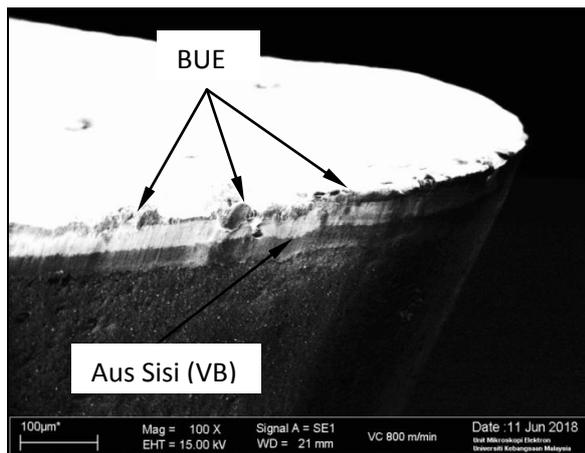
Pengambilan data pada kondisi pemotongan kategori tinggi dilakukan dengan memotong paduan Aluminium 6061 dengan kecepatan potong (V_c) 1200 m/menit, gerak makan (f) 0,2 mm/put, kedalaman potong (a) 1,5 mm dan lama waktu pemotongan (tc) lebih dari 6 menit (ISO 3685, 1977). Mengukur pertumbuhan aus sisi (VB) pada setiap panjang pemotongan 210 mm pada benda kerja dan

dilanjutkan dengan memeriksa kerusakan pada pahat karbida berlapis menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Pemotongan Kategori Rendah

Pemotongan paduan Aluminium 6061 pada kategori rendah menghasilkan aus sisi (VB) sebesar 0,1 mm dengan lama pemotongan selama 6 menit. Pada kondisi pemotongan ini permukaan alat potong banyak ditemui lekatan-lekatan beram atau yang disebut dengan *Built Up Edge* (BUE). BUE merupakan struktur yang dinamik, sebab selama proses pemotongan pada kecepatan potong rendah berlangsung, BUE akan tumbuh dan pada suatu saat lapisan BUE akan tergeser/terkelupas dan berulang dengan proses penumpukan lapisan metal yang baru. BUE yang terjadi pada kecepatan potong 800 m/menit tidak sejalan dengan penelitian Gokkaya, (2010) yang menyimpulkan bahwa BUE sangat mendominasi pada alat potong pada kecepatan potong 200 dan 300 m/menit (kecepatan potong rendah). Keadaan alat potong dan laju pertumbuhan VB sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.

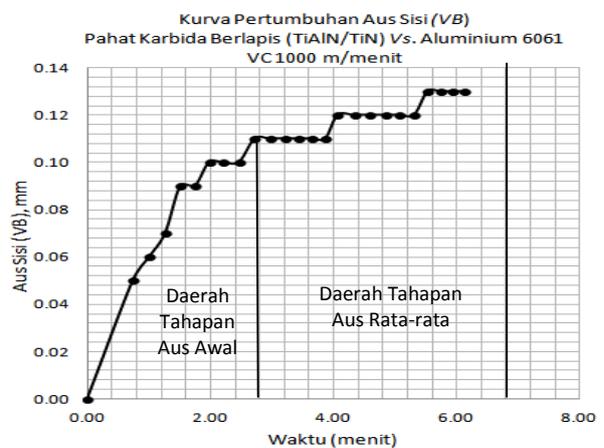
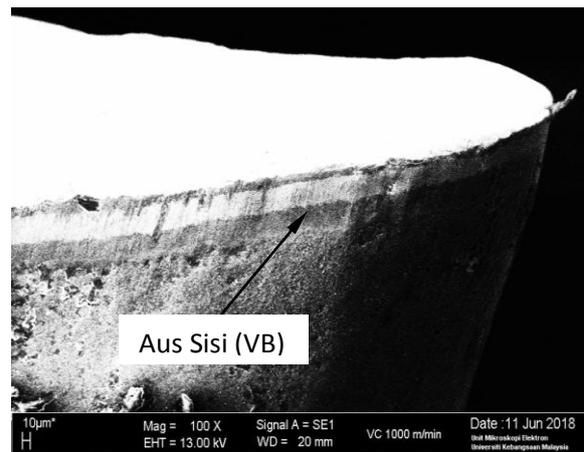


Gambar 5. Kondisi Pahat dan Laju Pertumbuhan VB pada V_c 800 m/mnt (Sumber: Hasil Penelitian)

Pada kondisi pemotongan ini besarnya aus sisi yang terjadi masih berada pada daerah aus rata-rata (Uniform Wear Rate) yang dimulai dari tiga menit setelah pemotongan hingga akhir pemotongan yaitu itu selama 6 menit. Rata-rata pertumbuhan aus sisi dengan waktu pemotongan selama 6 menit dan besar $VB = 0,1$ mm adalah $0,1/(6 \times 60) = 0,0002778$ mm/dtk.

4.2. Pemotongan Kategori Sedang

Kecepatan pertumbuhan aus sisi dan kerusakan alat potong yang terjadi pada kecepatan potong 1000 m/menit sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 6.



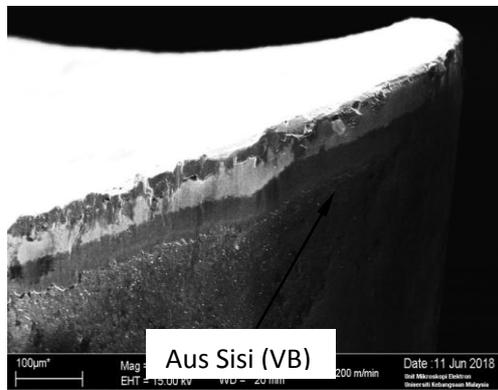
Gambar 6. Kondisi Pahat dan Laju Pertumbuhan VB pada V_c 1000 m/mnt (Sumber: Hasil Penelitian)

Pemotongan selama enam menit mengakibatkan pahat mengalami aus pada daerah aus rata-rata yang dimulai dari tiga menit hingga enam menit dengan laju pertumbuhan aus sisi sebesar besar $VB = 0,13$ mm adalah $0,13/(6 \times 60) = 0,0003611$ mm/dtk, lebih besar jika dibandingkan dengan kecepatan pertumbuhan aus sisi pada V_c 800 m/menit yaitu sebesar $0,0002778$ mm/dtk. Dari Gambar 6 diatas dapat dilihat bahwa aus sisi terjadi merata pada sisi potong alat potong. Tidak ditemukan

BUE sebagaimana pada pemotongan Aluminium 6061 pada kecepatan potong 800 m/menit.

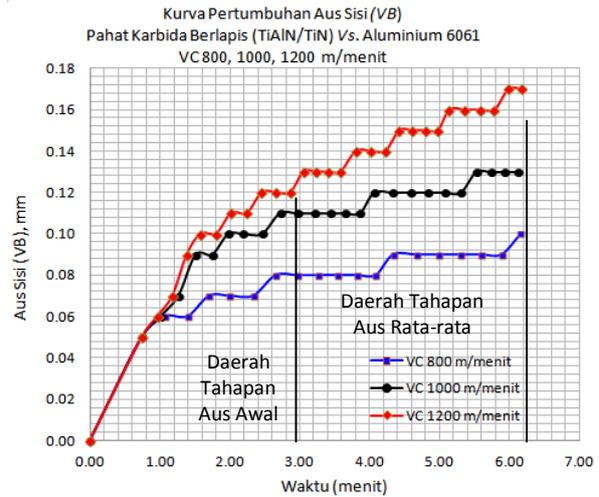
4.3. Pemotongan Kategori Tinggi

Kurva pertumbuhan aus sisi dan keadaan alat potong pada kecepatan potong 1200 m/menit dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi Pahat dan Laju Pertumbuhan VB pada V_c 1200 m/mnt (Sumber: Hasil Penelitian)

Aus rata-rata dimulai dari menit ke tiga hingga menit ke enam dengan besar $VB = 0,17$ mm dan kecepatan pertumbuhan aus sisi adalah sebesar $0,17/(6 \times 60) = 0,000472$ mm/dtk lebih cepat jika dibandingkan dengan kecepatan potong 800 dan 1000 m/menit. Sepanjang sisi alat potong yang digunakan untuk pemotongan yaitu sepanjang 1,5 mm tidak dijumpai BUE. Perbandingan aus sisi yang terjadi untuk setiap kondisi pemotongan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pertumbuhan Aus Sisi (VB) Pada Setiap Kondisi Pemotongan (Sumber: Hasil Penelitian)

Pemotongan selama enam menit pada tiga kondisi pemotongan menghasilkan VB pada tahapan aus rata-rata yaitu yang dimulai dari menit ke tiga sampai selesainya waktu pemotongan yang telah ditentukan.

5. Kesimpulan

Hasil pengujian terhadap pahat karbida berlapis Titanium Aluminium Nitrida dan Titanium Nitrida (TiAlN/TiN) pada pemotongan paduan Aluminium 6061 kecepatan potong tinggi kondisi kering dapat disimpulkan bahwa 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 serta banyaknya Built Up Edge (BUE) yang mendominasi pada permukaan alat potong pada kecepatan potong 800 m/menit dan tidak ditemukan pada kecepatan potong 1000 dan 1200 m/menit.

Daftar Pustaka

- [1] Rochim, Taufiq., *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Higher Education Development Support Project. Jakarta. 1993
- [2] Schulz, H. dan Moriwaki T., *High Speed Machining*. Annals of the CIRP. 1992
- [3] Schey, A. dan John., *Introduction to Manufacturing Process*. 3 rd Ed. Mc/ Graw – Hill Book Co. 2000
- [4] Abhang, L.B., (2010). “Chip-Tool Interface Temperature Prediction Model for Turning Process”. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(4), pp 382-393.
- [5] Nouari M. dan Ginting A., 2006, 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.

- [6] 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.
- [7] ISO 3685 Second Edition 1993.
- [8] Tonshoff. H.K, Mohlfeld. A, *PVD - Coating for Wear Protection in Dry Cutting*
- [9] Sreejith, P.S dan Ngoi, B.K.A. 2000, *Dry Machining: Machining of the Future*. School of Mechanical and Production Engineering. Nanyang Technology University Singapore.
- [10] Bennet. E. O. *The Role of Sulfate Reducing Bacteria in The Deterioration of Cutting Oils*.
- [11] Ginting, A., (2003,Aug). "High Speed Machining of AISI 01 Steel With Multilayer Ceramic CVD-Coated carbide; Tool Life and Surface Integrity", *majalah IPTEK*, 14(3)
- [12] Takatsu,S.et.al., (1983), "Effect of CBN Content on the Cutting Performance of Polycrystalline CBN Tool. *Int.J. Refract. Hard Mat.*, 2(4), pp. 175-178.
- [13] Gokkaya. H., 2010, *Journal of Mechanical Engineering* 56(9), pp.584-593