

Studi Unjuk Kerja Pahat Karbida Berlapis *Titanium Aluminium Nitrida* (TiAlN) Pada Pembubutan Kering *Aluminium 6061*

Nopri Aji S^{1*} dan Sunarto^{2**}

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, 28711, Indonesia
Email: *nopriaji31@gmail.com, **sunarto@polbeng.ac.id

Abstract

Fertilizing is one of the machining processes that uses a chisel with one eye cut to remove material from the surface of a rotating workpiece. The chisel moves in a linear direction parallel to the rotating axis of the workpiece. Some of the cutting variables will determine the quality of products such as cutting speed (Vc) The use of cut speed Variasa produces different thermal load value, and has a big effect on the cutting temperature. The purpose of the test aims to determine the impact of cut speed (Vc), motion feeding (f), and depth of cut (a) against the wear and tear of the chisel. The method used in this research is to use carbide chisels (Wc + Co) coated with Titanium aluminium Nitrida (TiAlN) coating material with DCGX 11T3 02-AI type which is used to cut the 6061 aluminium. Results obtained with cut rate (Vc) 200,270,340 m/min, motion meal (F) 0.1 mm/round, and feeding depth (a) 1.0 mm is the average side wear of the chisel is 0.08, 0.09, 0, 1 mm. The cutting speed is impacting the temperature rise. Side wear value is getting bigger ondry cuttingof 6061 aluminium material along with raising cutting speed Parameters (Vc).

Key words: Dry Machining, Side Wear (Vb)

PENDAHULUAN

Kegiatan pemotongan logam merupakan aktifitas yang dilakukan pada industri manufaktur untuk mengubah logam dasar menjadi komponen mesin dengan menggunakan mesin-mesin perkakas. Salah satu bentuk kegiatan pemotongan logam adalah proses bubut dimana benda kerja berputar dan pahat potong bergerak melakukan proses pemotongan. Selama proses pemotongan logam berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja, dimana benda kerja terpotong dan pahat mengalami gesekan, akibat gesekan yang terjadi secara terus menerus maka pahat akan mengalami keausan, besarnya nilai keausan sampai pada batas tertentu dijadikan sebagai ukuran umur pahat (*Tool Life*). Lebih dari 80% pahat potong yang digunakan pada industri pemotongan logam adalah jenis pahat karbida berlapis (Astakhov VP, 2006)[1] dan sejumlah besar jenis bahan pelapis telah digunakan. Umumnya material yang dipakai sebagai bahan pelapis untuk pahat karbida berlapis ialah *Titanium Nitrida* (TiN), *Titanium Carbida* (TiC), *Titanium Carbonitrida* (TiCN) dan *Aluminium Oksida* (Al₂O₃).

Lapisan yang dibuat *multilayer* pada pahat karbida berlapis dari bahan pelapis *Titanium Aluminium Nitrida* dan *Titanium Nitrida* (TiAlN/TiN) menurut penelitian Yin Fei, et al, (2005)[2], memiliki kekerasan yang tinggi, tahan aus, lebih tangguh dalam pemotongan bila dibandingkan dengan lapisan yang dibuat *monolayer* berbahan pelapis *Titanium Aluminium Nitrida* (TiAlN), penelitian ini dilakukan pada proses bubut menggunakan material *stainless steel* dengan kecepatan potong (V) 220 m/menit, gerak makan (f) 0,2 mm/putaran dan kedalaman potong (a) 0,2 mm. Peneliti lain sehubungan dengan unjuk kerja pahat karbida berlapis dari bahan pelapis (TiAlN/TiN) ialah Qiulin Niu, et al, (2012)[3] menyimpulkan bahwa keausan pahat yang terjadi pada proses *milling* kondisi pemotongan kering dengan kecepatan potong (V) 50–140 m/menit bahan paduan *Titanium TC6* adalah proses *adhesi*. Kinerja lapisan dari bahan (TiN), (TiC) dan (TiCN) mengalami kegagalan fungsi sebagaimana yang telah diteliti oleh Nouari dan Ginting (2006)[4] pada operasi *milling* bahan paduan *Titanium* kecepatan potong (V) = 125 m/menit, gerak makan (f) = 0,20

mm/gigi dan kedalaman potong(a) = 2,5 mm. Kegagalan pelapis dicirikan dengan terkelupasnya lapisan dari bahan inti pahat di awal proses pemotongan atau pada saat awal terjadinya aus (*initial wear*). Pada proses ini lapisan pahat yang menyelimuti bahan inti pahat terkelupas akibat adanya tekanan/gaya potong atau termal maupun reaksi kimia yang bekerja pada pahat yang melebihi kemampuannya (*adhesive force*) saat pemotongan. Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan yaitumenambah ilmu pengetahuan dibidang pemotongan logam menggunakan pahat karbida berlapis dari bahan pelapis (TiAlN).Memberikan informasi tentang pertumbuhan aus sisi pahat karbida berlapis (TiAlN) ketika dipakai pada pembubutan keadaan kering.

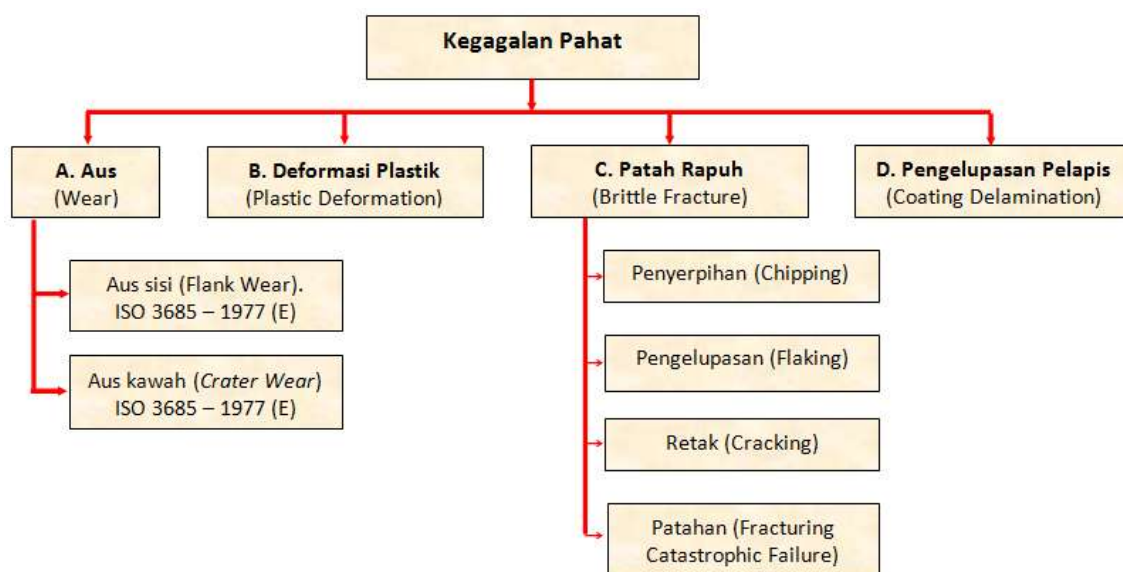
TEORI

Keausan Pahat

Pada dasarnya kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi pada umumnya mulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan, diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan (jumlah waktu yang digunakan untuk proses memotong), dan kemudian pertumbuhan yang cepat terjadi lagi.saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat. Dalam proses pemesinan (turning), keausan pahat bisa disebabkan dalam beberapa faktor yaitu temperatur yang dihasilkan karena timbulnya gesekan antara pahat yang berkontak langsung pada material benda kerja. Keausan pahat juga tergantung pada jenis material pahat bubut yang digunakan, benda kerja yang dipilih, dan jenis fluida yang dipakai sebagai cairan pendingin (Kalpakjian,1980)[5]. Pada Kondisi tekanan dan kontraksi pada permukaan benda kerja dan pahat, mempengaruhi keausan alat dan mekanisme keausan. Seluruh energi dari proses pemesinan ini diubah menjadi panas melalui kontak gesekan, pahat dengan benda kerja dan antara geram dengan pahat. sebagian panas terbawa oleh geram yang dihasilkan, sebagian disalurkan ke pahat dan sebagiannya lagi di salurkan ke benda kerja menuju sekeliling permukaannya[6].

Kegagalan Pahat

Ginting (2003)[7] 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



Gambar 1. Diagram Spektrum Kegagalan Pahat [7]

Pemesinan Kering

Alternatif dari permesinan basah (*wet machining*) adalah permesinan kering (*dry machining*), karena tidak menimbulkan limbah dan pengabutan udara yang membahayakan operator serta tidak menimbulkan sisa pada serpihan pemotongan. Beberapa permasalahan dalam permesinan kering yaitu, gesekan antara permukaan benda kerja dan pahat potong, menimbulkan temperatur pemotongan yang tinggi dan hal tersebut semuanya terkait dengan pemilihan parameter pemotongan.

Pemilihan pemotongan logam menggunakan permesinan kering adalah untuk menghindari pengaruh buruk dari cairan pemotongan yang dihasilkan oleh permesinan basah (*wet machining*). Dari pertimbangan hal tersebut pakar permesinan mencoba mencari solusi dengan merumuskan bahwa permesinan kering (*dry cutting*) yang dari sudut pandang ekologi disebut dengan permesinan hijau (*green machining*) merupakan jalan keluar dari masalah tersebut. Selain karena masalah pencemaran lingkungan hal lain yang menjadi alasan dipakainya metode permesinan kering adalah untuk menghemat biaya produksi yang besarnya 7-20% dari biaya pahat total.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Politeknik Negeri Bengkalis khususnya di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin. Jenis penelitian yang digunakan adalah menggunakan metode ekperimental. Bahan yang digunakan paduan Aluminium 6061, pahat karbida berlapis *Titanium Aluminium Nitrida*. Alat yang digunakan adalah mesin bubut CNC *Turning*, *USB digital microscope*,

Table 1. parameter pemotongan

| Kecepatan potong (Vc) m/mnt | Gerak Makan (f) mm/put | Kedalaman potong (a) mm | Keterangan |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------|
| 200 | 0,1 | 1 | Rendah |
| 270 | 0,1 | 1 | Sedang |
| 340 | 0,1 | 1 | Tinggi |

Untuk mengamati pengaruh beban termal terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061 menggunakan pahat karbida berlapis *Titanium Aluminium Nitrida* dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Memotong Aluminium 6061 menggunakan variasi parameter yang telah ditentukan.
2. Melakukan pengukuran aus sisi dengan menggunakan *USB digital microscope* maka didapatkan hasil nilai aus sisi (Vb) pada pahat karbida.
3. Setelah dilakukan proses pemotongan dan pengukuran aus sisi selanjutnya dilakukan pengamatan topografi dengan menggunakan pengujian SEM (*Scanning Elektrone Microscope*).

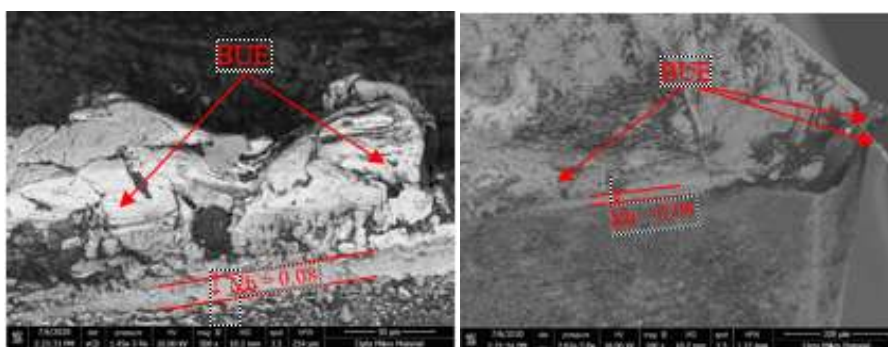
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemotongan Pertama

Tabel 2. Hasil dari Pemotongan Alumunium 6061 Kecepatan potong (V_c) 200 m/menit

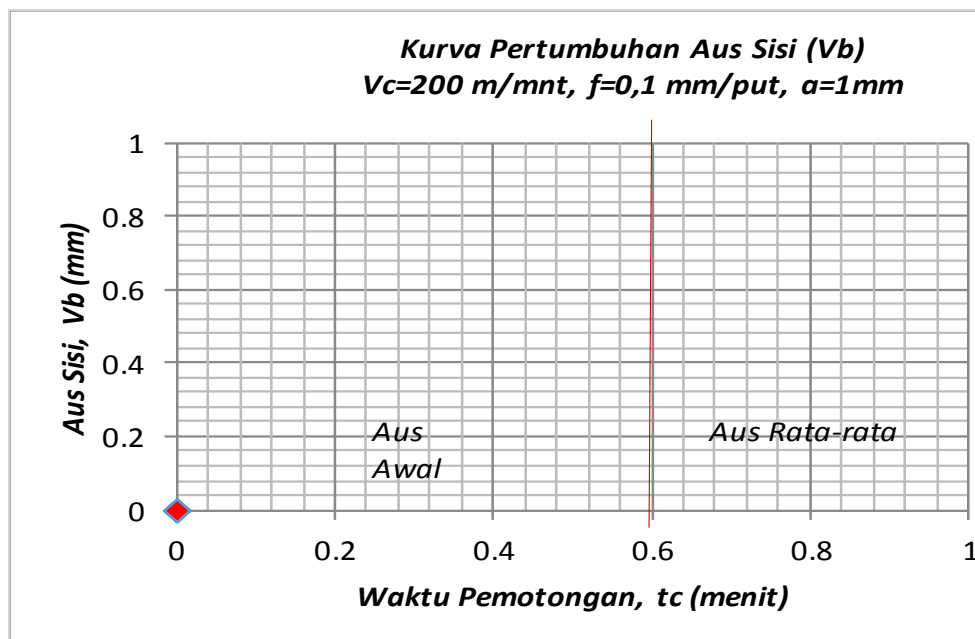
| No. | Kecepatan Potong (V_c), meter/m | Diameter Benda Kerja (d), mm | Putaran Spindel (Rpm) | Panjang Pemotongan (l_t), mm | | Gerak makan (f), mm/put. | Waktu Pemotongan (t_c), menit | Dalam Pemotongan (a), mm | Aus sisi (V_b), mm | t_c total (menit) |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------|
| | | | | | | | | | Dry Machining | |
| | | | | | | | | 0 | 0 | |
| 1 | 200 | 48 | 1327 | 210 | 210 | 0.1 | 1.58 | 1 | 0.04 | 1.58 |
| 2 | 200 | 46 | 1385 | 210 | 420 | 0.1 | 1.52 | 1 | 0.04 | 3.10 |
| 3 | 200 | 44 | 1448 | 210 | 630 | 0.1 | 1.45 | 1 | 0.06 | 4.55 |
| 4 | 200 | 42 | 1517 | 210 | 840 | 0.1 | 1.38 | 1 | 0.06 | 5.93 |
| 5 | 200 | 40 | 1592 | 210 | 1050 | 0.1 | 1.32 | 1 | 0.07 | 7.25 |
| 6 | 200 | 38 | 1676 | 210 | 1260 | 0.1 | 1.25 | 1 | 0.08 | 8.51 |
| 7 | 200 | 36 | 1769 | 210 | 1470 | 0.1 | 1.19 | 1 | 0.08 | 9.69 |
| 8 | 200 | 34 | 1873 | 210 | 1680 | 0.1 | 1.12 | 1 | 0.08 | 10.81 |
| 9 | 200 | 32 | 1990 | 210 | 1890 | 0.1 | 1.06 | 1 | 0.08 | 11.87 |
| 10 | 200 | 30 | 2123 | 210 | 2100 | 0.1 | 0.99 | 1 | 0.08 | 12.86 |

Bentuk sisi alat potong pada kondisi pemotongan di atas dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut :



Gambar 2. Bentuk Sisi Alat Potong Pada Pemotongan (V_c) 200 m/menit

Pada kecepatan potong (V_c) 200 m/menit aus sisi yang terjadi adalah sebesar 0.08 mm. Keadaan alat potong sendiri di dominasi oleh BUE (*Built Up Edge*) yang melekat pada sisi alat potong pahat dan dapat mempengaruhi geometri pahat. BUE adalah bahan dari benda kerja yang menumpuk di permukaan rake alat potong. Bahan yang dibangun mengubah geometri alat potong, termasuk sudut rake. 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. Pada kecepatan potong ini pun sudah terjadi aus sisi yaitu sebesar 0,08mm, keausan ini disebabkan oleh gesekan antara aliran material benda kerja pada bidang geram dan bidang utama pahat. Selain proses abrasif, keausan yang terjadi pada kecepatan ini juga disebabkan oleh adanya gaya adhesi. Untuk melihat pertumbuhan aus sisi pada kecepatan potong (V_c) 200 m/menit dapat kita lihat pada kurva pertumbuhan aus sisi pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan Aus Sisi (V_b) dengan (V_c) 200 m/menit

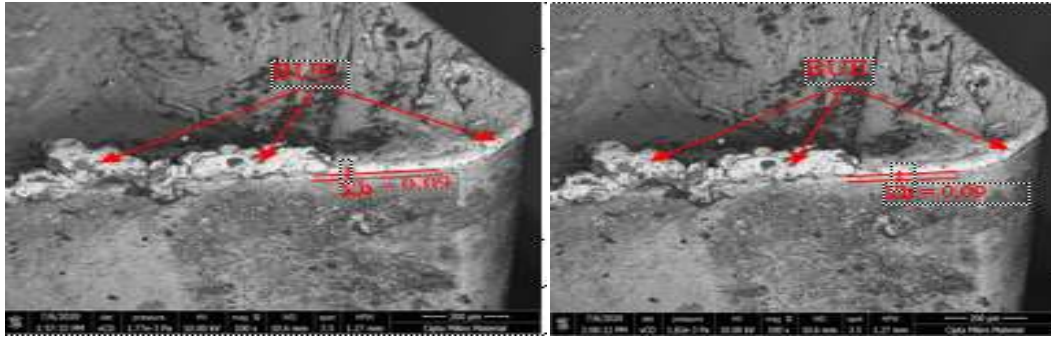
Dari hasil permesinan dengan kondisi pemotongan pertama dapat dilihat pertumbuhan aus sisi pahat pertama terjadi di 0-8 menit, aus ini disebut aus awal. Dimana aus yang terjadi bertahap dari 0.04, 0.06, 0.07, 0.08 mm. Pada menit 8-12 aus pahat yang terjadi disebut dengan aus rata-rata, dengan aus sisi sebesar 0.08mm. Pada kurva pertumbuhan aus sisi pertama masih belum menunjukkan pertumbuhan aus sisi yang signifikan. Maka dilanjutkan dengan pemotongan kedua dengan (V_c) 270 m/menit.

Pemotongan kedua

Table 3. Hasil dari Pemotongan Aluminium 6061 Kecepatan potong (V_c) 270 m/menit

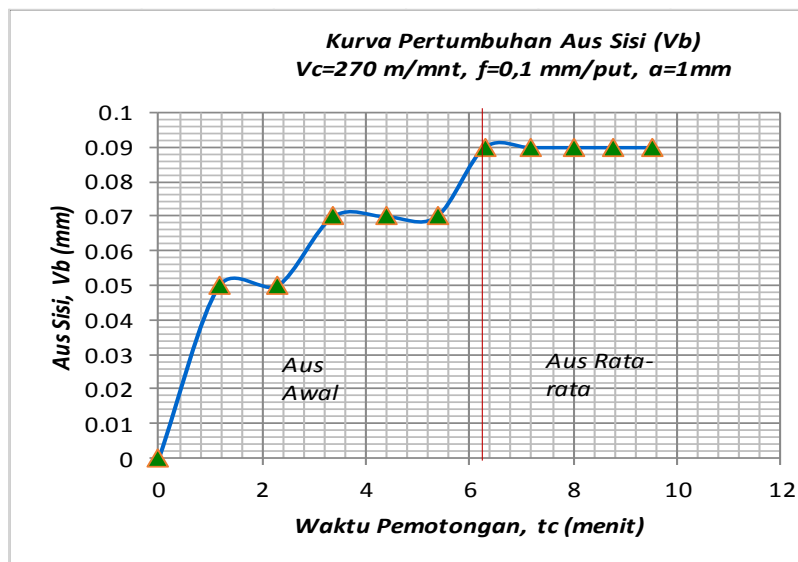
| No. | Kecepatan Potong (V_c), meter/m | Diameter Benda Kerja (d), mm | Putaran Spindel (Rpm) | Panjang Pemotongan (lt), mm | | Gerakan makan (f), mm/put. | Waktu Pemotongan (t_c), menit | Dalam Pemotongan (a), mm | Aus sisi (V_b), mm | t_c total (menit) |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------|
| | | | | | | | | | Dry Machining | |
| | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 1 | 270 | 48 | 1791 | 210 | 210 | 0.1 | 1.17 | 1 | 0.05 | 1.17 |
| 2 | 270 | 46 | 1869 | 210 | 420 | 0.1 | 1.12 | 1 | 0.05 | 2.30 |
| 3 | 270 | 44 | 1954 | 210 | 630 | 0.1 | 1.07 | 1 | 0.07 | 3.37 |
| 4 | 270 | 42 | 2047 | 210 | 840 | 0.1 | 1.03 | 1 | 0.07 | 4.40 |
| 5 | 270 | 40 | 2150 | 210 | 1050 | 0.1 | 0.98 | 1 | 0.07 | 5.37 |
| 6 | 270 | 38 | 2263 | 210 | 1260 | 0.1 | 0.93 | 1 | 0.09 | 6.30 |
| 7 | 270 | 36 | 2389 | 210 | 1470 | 0.1 | 0.88 | 1 | 0.09 | 7.18 |
| 8 | 270 | 34 | 2529 | 210 | 1680 | 0.1 | 0.83 | 1 | 0.09 | 8.01 |
| 9 | 270 | 32 | 2687 | 210 | 1890 | 0.1 | 0.78 | 1 | 0.09 | 8.79 |
| 10 | 270 | 30 | 2866 | 210 | 2100 | 0.1 | 0.73 | 1 | 0.09 | 9.52 |

Bentuk sisi alat potong pada kondisi pemotongan di atas dapat dilihat pada gambar 5 berikut :



Gambar 4. Bentuk Sisi Alat Potong Pada Pemotongan (V_c) 270 m/menit

Pada kecepatan potong (V_c) 270 m/menit keausan yang terjadi adalah keausan tepi. Pada kecepatan ini besarnya keausan tepi yang terbentuk ditandai dengan permukaan bidang utama pahat lebih kasar. Keausan ini disebabkan oleh gesekan antara aliran material benda kerja pada bidang geram dan bidang utama pahat. Selain proses abrasif, keausan yang terjadi pada kecepatan ini juga disebabkan oleh adanya gaya adhesi. Gaya adhesi ini akan mengakibatkan penumpukan metal pada mata potong yang terkenal dengan nama BUE (*Built Up Edge*). BUE terbentuk sangat besar dan lebih cepat pada mata potong. Bisa dilihat pada gambar 4.5 BUE yang melekat pada alat potong hampir mendominasi semua sisi potong pahat. Terjadinya penumpukan lapisan material yang baru saja terbentuk yang menempel pada sekitar bidang utama dan bidang geram. Mekanisme keausan ini disebabkan karena pada tekanan dan temperatur yang relatif tinggi menyebabkan permukaan logam yang baru terbentuk menempel (bersatu seolah-olah dilas) dengan permukaan logam yang lain. Untuk melihat pertumbuhan aus sisi pada kecepatan potong (V_c) 270 m/menit dapat kita lihat pada kurva pertumbuhan aus sisi pada gambar 6 berikut :



Gambar 5. Kurva Pertumbuhan Aus Sisi (V_b) dengan (V_c) 270 m/menit

Dari hasil pemesinan kedua dengan kecepatan potong (V_c) 270 m/menit aus sisi pertama yang terjadi pada 0-7 menit, aus ini disebut aus awal, dimana aus sisi yang terjadi adalah 0.05, 0.07. Pada 7-9 menit aus sisi disebut aus rata-rata, dimana besar aus sisi yang terjadi 0.09 mm.

Pada kecepatan potong (V_c) 270 m/menit BUE yang menumpuk pada sisi pahat hampir menutup semua bagian sisi pahat.

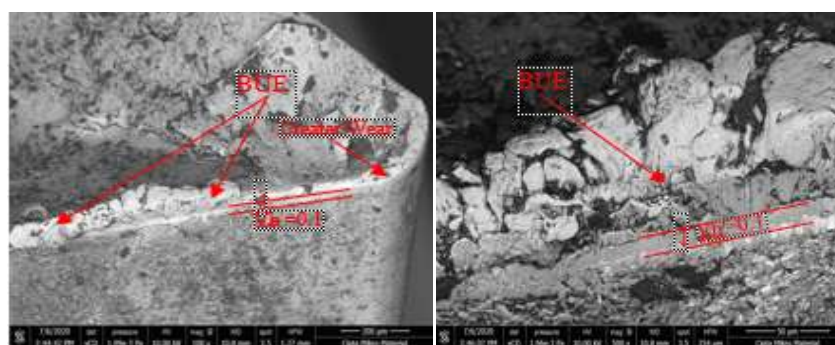
Pada kondisi pemotongan yang kedua masih belum menunjukkan pertumbuhan aus sisi yang signifikan maka dilanjutkan dengan pemotongan ketiga dengan kecepatan potong (V_c) 340 m/menit.

Pemotongan ketiga

Table 4. Hasil dari Pemotongan Aluminium 6061 Kecepatan potong (V_c) 340 m/menit

| No. | Kecepatan Potong (V_c), meter/m | Diameter Benda Kerja (d), mm | Putaran Spindel (Rpm) | Panjang Pemotongan (l_t), mm | Gerakan makan (f), mm/put. | Waktu Pemotongan (t_c), menit | Dalam Pemotongan (a), mm | Aus sisi (V_b), mm | t_c total (menit) | |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------|------|
| | | | | | | | | Dry Machining | | |
| | | | | | | | | 0 | 0 | |
| 1 | 340 | 48 | 2256 | 210 | 210 | 0.1 | 0.93 | 1 | 0.06 | 0.93 |
| 2 | 340 | 46 | 2354 | 210 | 420 | 0.1 | 0.89 | 1 | 0.06 | 1.82 |
| 3 | 340 | 44 | 2461 | 210 | 630 | 0.1 | 0.85 | 1 | 0.07 | 2.68 |
| 4 | 340 | 42 | 2578 | 210 | 840 | 0.1 | 0.81 | 1 | 0.07 | 3.49 |
| 5 | 340 | 40 | 2707 | 210 | 1050 | 0.1 | 0.78 | 1 | 0.08 | 4.27 |
| 6 | 340 | 38 | 2849 | 210 | 1260 | 0.1 | 0.74 | 1 | 0.08 | 5.00 |
| 7 | 340 | 36 | 3008 | 210 | 1470 | 0.1 | 0.70 | 1 | 0.1 | 5.70 |
| 8 | 340 | 34 | 3185 | 210 | 1680 | 0.1 | 0.66 | 1 | 0.1 | 6.36 |
| 9 | 340 | 32 | 3384 | 210 | 1890 | 0.1 | 0.62 | 1 | 0.1 | 6.98 |
| 10 | 340 | 30 | 3609 | 210 | 2100 | 0.1 | 0.58 | 1 | 0.1 | 7.56 |

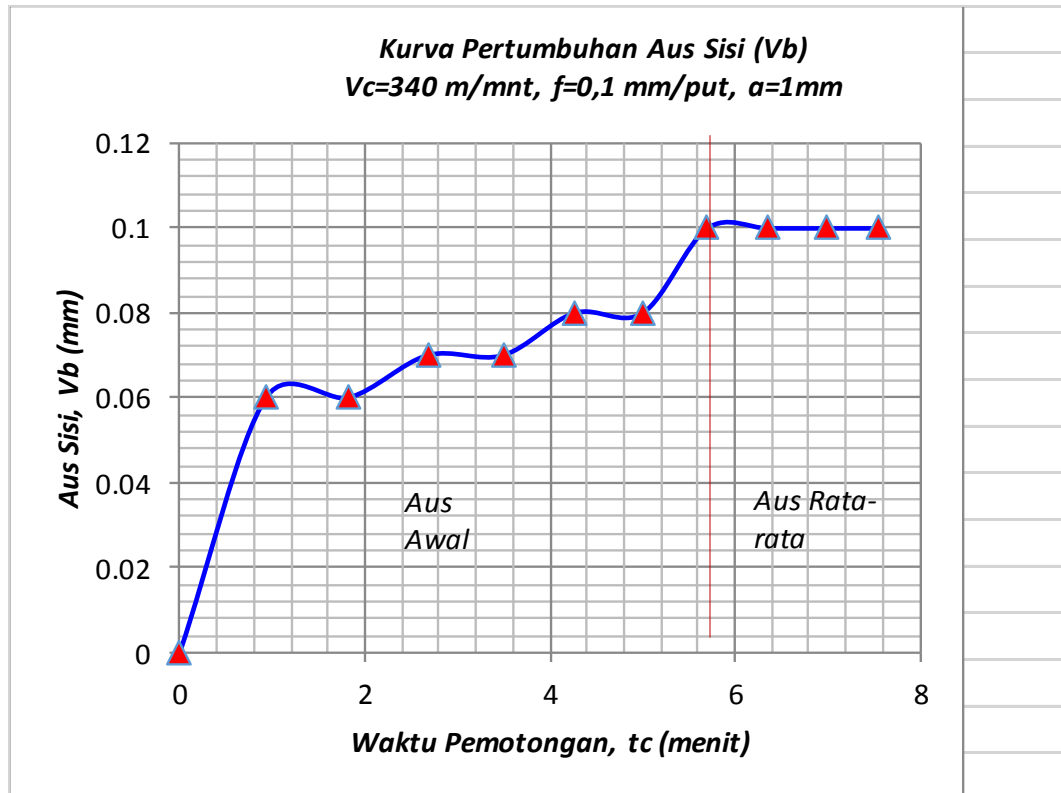
Bentuk sisi alat potong pada kondisi pemotongan di atas dapat dilihat pada gambar 7 berikut :



Gambar 6. Bentuk Sisi Alat Potong Pada Pemotongan (V_c) 340 m/menit

Pada kecepatan potong (V_c) 340 m/menit keausan yang terjadi pada pahat adalah keausan kawah (*creater wear*). Keausan kawah terjadi pada permukaan beram pada pahat. Dapat terlihat bahwa keausan kawah mempengaruhi kotak pada geometri pahat dengan chip. Faktor yang mempengaruhi keausan kawah adalah temperatur antara chip dengan pahat, pengaruh kimia antara pahat dengan benda kerja dan faktor yang mempengaruhi keausan tepi juga mempengaruhi keausan kawah. Selain keausan kawah keausan tepi juga terjadi pada kecepatan potong (V_c)

340 m/menit. Pada kecepatan ini BUE masih terlihat pada sisi pahat. Untuk melihat pertumbuhan aus sisi pada kecepatan potong (V_c) 340 m/menit dapat kita lihat pada kurva pertumbuhan aus sisi pada gambar 8 berikut :



Gambar 7. Kurva Pertumbuhan Aus Sisi (V_b) dengan (V_c) 340 m/menit

Dari hasil pemesinan ketiga dengan kecepatan potong (V_c) 340 m/menit aus awal yang terjadi pada 0-5 dengan aus sisi sebesar 0,06, 0,07, 0,08. Pada 5-9 menit disebut aus rata-rata dengan aus sisi sebesar 0,1 mm. Kondisi pahat mengalami keausan kawah yang di mana faktor yang mempengaruhi keausan kawah adalah temperatur antara chip dengan pahat, pengaruh kimia antara pahat dengan benda kerja dan faktor yang mempengaruhi keausan tepi juga mempengaruhi keausan kawah. Pada pemotongan ketiga bisa dilihat bahwa aus sisi pahat hampir mendekati batas pahat. Untuk melihat perbandingan aus sisi yang terjadi pada ketiga proses pemesinan dapat dilihat pada gambar 9 sebagai berikut:

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka muncullah beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Pemotongan aluminium 6061 dengan kondisi pemotongan (V_c) 200, 270, 340 m/menit gerak makan (f) 0,1 mm/put dan kedalaman potong (a) 1 mm menghasilkan aus sisi (V_b) sebesar 0,08, 0,09, 0,1 mm.
2. Faktor yang mempengaruhi kecepatan laju keausan sisi pahat yaitu temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat. Munculnya temperatur yang cukup tinggi disebabkan oleh gesekan yang terjadi. Temperatur yang tinggi menyebabkan kekerasan pahat menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astakhov V P (2006). *Tribology of Metal Cutting*. Elsevier, London.
- [2] Yin, Fei, WU En xi, Chen Li, , Wang Xiuquan., 2005, *Microstructure and Physical Properties of PVD TiAlN/TiN Multilayer Coating*. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*. Vol. 15.
- [3] Niu QL, Cai Xj, Liu ZQ, Chen M, An QL (2012) Perilaku Aus Sisipan Karbida Dalam Paduan TA 19 Face Milling. *Adv Mater Res* 426: 2339-343
- [4] 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.
- [5] Kalpakjian, S., Schmid, S., 2009. *Manufacturing Engineering & Technology*-Pearson Sixth Edition In SI Unit.
- [6] Abidin, Z. 2010. Mekanisme Keausan Pahat Pada Proses Pemesinan : Sebuah Tinjauan Pustaka. *Jurnal. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang*. Semarang.
- [7] 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.