

MEKANISME KEGAGALAN PAHAT PADA PROSES MILLING AKIBAT ALIRAN SERPIHAN PEMESINAN KECEPATAN TINGGI AISI 4140

Aswin Saputra^{1,*}, Surya Murni Yunus²

¹Mahasiswa Institut Teknologi Medan

²Dosen Institut Teknologi Medan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan

Jl. Gedung Arca No.52 Medan (20217) Telp. (061) 7363771 Fax. (061) 7347954

Email: aswinsaputra212@yahoo.co.id

ABSTRACT

The mechanism of tool failure is the way to wear wear damage on the tool. This study aims to investigate the mechanism of tool wear / tool wear (V_b) which is useful to provide information on the wear mechanism of the tool in a high-speed, dry machining process with a HSS Cobalt M42 tool used for machining milling of AISI 4140 steel material. the cutting speed (v) differs above 200 m / min, the cutting depth (a) = 0.5 mm, the feeding motion (f) = 0.5 mm / min and the main cutting angle of the tool (K_r) = 90 ° at the rate condition high speed cutting. From the results of the study the mechanism of tool failure that occurs is side wear. Where the highest wear wear occurs in conditions $v = 755$ m / min, $f = 0.5$ mm / min, $a = 0.5$ mm, with flake thickness (h_c) = 0.88 mm and flake flow velocity (V_c) = 431.42 m / where the value of $V_b = 0.325$ mm. The wear mechanism that occurs due to the flow of debris that moves upward touches the cutting edge of the tool with the shape of the broken debris.

Keywords: tool wear mechanism, debris flow, high speed

PENDAHULUAN

Dalam dunia Industri khususnya pada bidang pemotongan logam, teknologi pemesinan kecepatan tinggi (*high speed machining*) merupakan salah satu metode pemesinan terkini. Pemesinan Kecepatan Tinggi juga merupakan suatu proses pemotongan logam dimana nilai laju pemotongannya ditentukan oleh jenis bahan yang dipotong. Pemesinan kecepatan tinggi dikategorikan sebagai teknologi pemotongan logam terkini karena dalam pemotongan konvensional dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kualitas benda kerja, serta pada saat yang sama dapat mengurangi biaya produksi yang dapat di terapkan pada mesin milling konvensional (Schulz & Moriwaki, 1992).

Tetapi pemesinan laju tinggi dapat menyebabkan kegagalan/ keausan pada pahat milling. Pada kecepatan potong yang tinggi mekanisme kegagalan/ keausan dapat disebabkan oleh proses difusi, oksidasi dan deformasi plastik. Selain keausan yang dialami pahat, mata potong dapat mengalami keretakan akibat fluktuasi beban mekanik sebagaimana yang sering dialami oleh mata potong pahat milling. Retak ini akan semakin banyak sehingga menyebabkan

konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan fatal (Rochim, 1993).

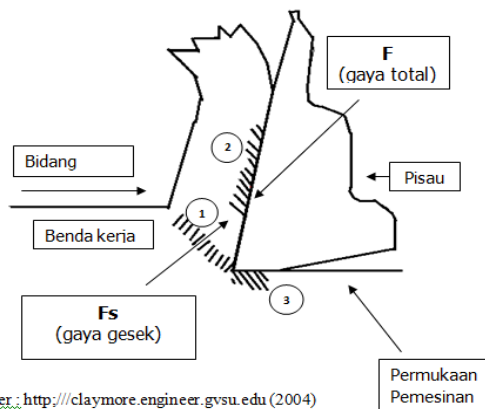
Kecepatan aliran serpihan juga dapat mempengaruhi kegagalan pahat. Aliran serpihan terbentuk akibat timbulnya tegangan (*stress*) di daerah sekitar konsentrasi gaya penekanan mata potong pahat. Tegangan terjadi pada benda kerja dimana salah satu arahnya akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi *deformasi plastis* (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan benda kerja di ujung pahat pada satu bidang geser (*shear plane*).

Selanjutnya adalah pemesinan kering atau dalam dunia manufaktur dikenal dengan pemesinan hijau (*green machining*) merupakan suatu cara proses pemesinan atau pemotongan logam tanpa menggunakan cairan pendingin melainkan menggunakan partikel udara di sekitar pahat milling sebagai media pendingin selama proses pemesinan berlangsung. Pemesinan kering berguna untuk mengurangi biaya produksi dan meningkatkan produktivitas serta juga ramah lingkungan (Mukun et. Al, 1995).

Penelitian ini dikhususkan untuk mengetahui pengaruh kecepatan potong (v) yang berbeda dengan gerak makan (f) = 0,5 mm/mnt, kedalaman potong (a) = 0,5 mm dan sudut utama pahat (K_r) = 90° terhadap nilai tebal serpihan (h_c), kecepatan aliran serpihan (V_c) dan aus sisi (V_b) pahat end mill HSS Cobalt M42 pada baja AISI 4140 dengan kondisi pemesian kering.

Milling merupakan suatu proses pembentukan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan menggunakan pahat yang diputar oleh poros spindel mesin, sedangkan benda kerja terpasang pada meja dengan bergerak mendatar, ke atas, dan ke bawah. Pahat milling (*milling cutter*) termasuk jenis pahat bersisi potong banyak atau *multiple point tool* (Daryanto, 2010).

Kegagalan pahat ditandai dengan adanya keausan yang dialami oleh pahat. Pertama ditandai dengan pertumbuhan keausan tepi yang pada umumnya dimulai 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.

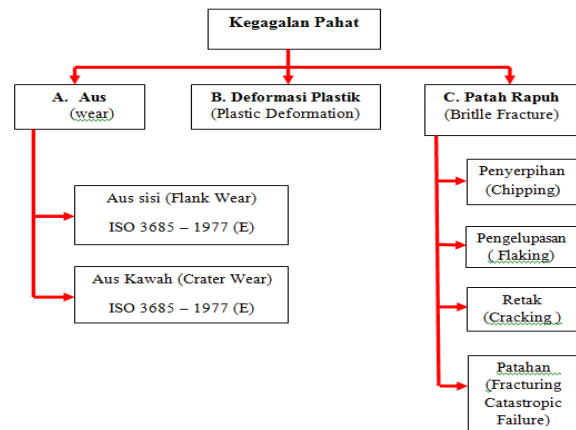


Gambar 1. Permukaan pemesian bidang geser

Pada proses milling, aliran serpihan dapat mempengaruhi kerusakan ataupun aus yang dialami oleh pahat. Kecepatan aliran serpihan yang dihasilkan dari proses pemesian sangat bergantung pada tebalnya serpihan dan juga kecepatan potong dan selama pemotongan pahat mengalami beban

tegangan setempat yang tinggi dan gesekan antara serpihan dan muka sadah pahat (Secondary deformation zone) kemudian terjadi geseran muka sisi (rusuk) sepanjang permukaan pemesian (Primary zone). Hal tersebut terlihat pada Gambar 2.1.

Mode kegagalan pahat dan mekanismenya dapat menyebabkan umur pahat berakhir lebih cepat (*premature end*). Pengamatan kegagalan pahat digambarkan pada mekanisme aus pahat atau kegagalan pahat, mode kegagalan, dan cacat yang terlihat. Ginting (2003) menggambarkan kegagalan pahat yang lebih rinci yakni dibagi atas aus, deformasi plastik dan patah rapuh.



Gambar 2. Diagram spectrum kegagalan pahat

Ragam Kegagalan Pahat yang terjadi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Aus (wear), secara garis besarnya diklasifikasikan atas:
 - a. 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 kerja yang 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 (Rochim, 1993).
 - b. Aus sisi (Flank wear)

Aus tepi adalah bentuk aus pada sisi (flank) pahat potong disebabkan perubahan bentuk radius ujung pahat oleh gesekan antara permukaan pemesisan benda kerja dengan sisi pahat karena kekakuan benda kerja. Bidang aus didasarkan pada tebal bidang aus (flank wear land), harus sejajar terhadap resultan arah potong. Tebal bidang aus merupakan ukuran dari besarnya aus sisi. Bentuk aus sisi serta pengukurannya ditentukan sesuai standar ISO 3685-1977. Metode pengamatan aus dan kegagalan pahat dapat dilakukan dengan dua katagori yaitu pengamatan langsung dan pengamatan tidak langsung (Kalpakjian, 1995).

1. Pengamatan langsung

Metode pengamatan langsung adalah pengamatan pengukuran secara optik/mikroskopik terhadap kondisi aus pahat potong yang dilakukan secara periodik dalam bentuk pengikisan sisi serta kawah pahat dan temperatur pemotongan yang berkaitan dengan perubahan profil pahat. Cara ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop atau SEM. Prosedur dengan cara ini dilakukan pada kondisi pemotongan yang dihentikan pada interval waktu tertentu guna dilakukan pengamatan profil kerusakan pahat secara periodik (Kalpakjian, 1995).

2. Pengamatan tidak langsung

Pengamatan tidak langsung adalah pengukuran aus pahat yang dipengaruhi oleh korelasi antara kondisi pahat dengan variabel gaya potong, daya, panas yang terjadi dan getaran dan bukan akibat abrasif dan temperatur pemotongan (Kalpakjian, 1995). Metode ini menggunakan teknik emisi akustik (*acoustic emission technique*).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Material Benda Uji

Material benda uji yang digunakan adalah bahan baja 4140 yang direkomendasikan sebagai landing gear pada pesawat terbang ,alat transportasi dan pertahanan yang terbuat dari baja perkakas.

Bahan Pahat

Dalam penelitian ini, material pahat yang digunakan berupa pahat HSS Cobalt M42. Jenis pahat HSS Cobalt M42 yang digunakan GUHRING No.3458

Variabel Yang Diamati

Adapun variable terikat yang dibahas dalam penelitian ini yaitu feeding (f), kedalaman potong (a) dan sudut pahat (κ_r) sedangkan variable bebas kecepatan potong (v).

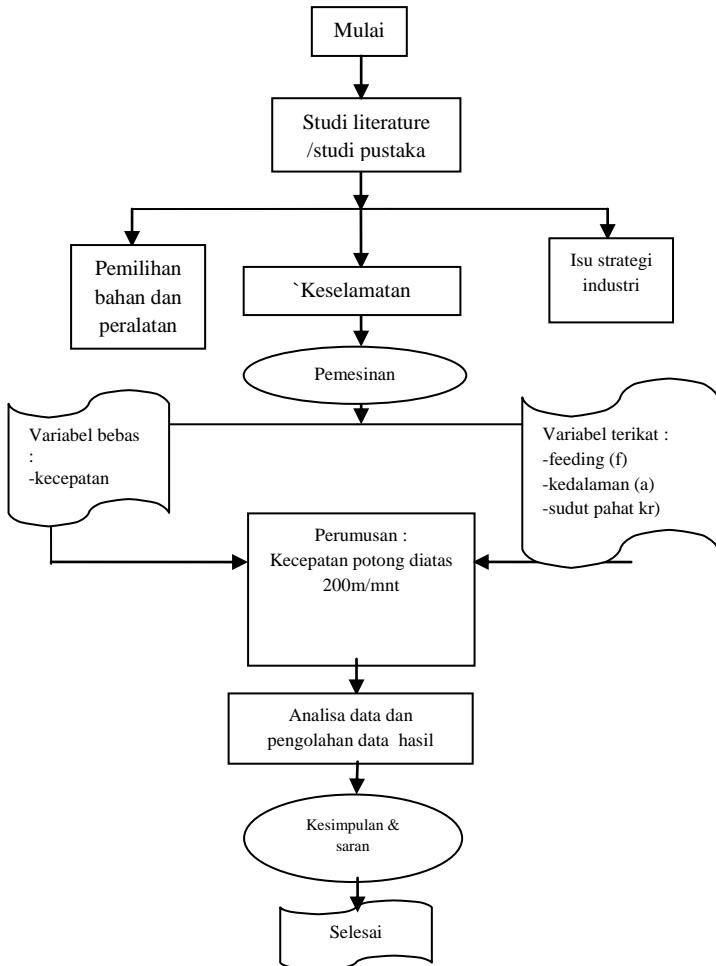
Tahapan Pengamatan dan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dan pengamatan adalah :

1. Menyiapkan bahan dan alat pengambilan data diantaranya adalah :
2. Mengatur mesin dan uji kalibrasi mesin sebelum melakukan percobaan kemudian hentikan uji jalan mesin
3. Mengikat end mill pada arbor pendek
4. Memasang benda uji baja AISI 4140 keragum
5. Menentukan putaran mesin (rpm), laju pemakanan (f) dan kedalaman potong (a) pada mesin milling
6. Mengatur dan memastikan alat Thermokopel dalam keadaan baik
7. Menghidupkan mesin milling dengan menekan tombol ON/OFF pada mesin milling
8. Melakukan proses permesinan sesuai dengan rancangan eksperimen bersama dengan menempelkan kabel termokopel pada ujung pemakanan mata end mill sampai batas yang ditentukan pada benda kerja serta melihat laju pahat dengan menggunakan stopwatch
9. Mengambil data dan keausan pahat dengan menggunakan mikroskop optic USB

10. Setelah selesai pengujian dilakukan hentikan mesin dan lepaskan benda uji dan pahat dari mesin milling
11. Menyimpulkan dan menentukan peforma pahat setelah pengambilan data dan pengolahan data

Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 3. Kerangka konsep penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data

Dari pengamatan yang dilakukan dan didasarkan pada landasan teoritis dimana pengaruh perubahan kecepatan potong (v) pada proses milling sangat mempengaruhi tebal serpihan (hc) dan aus sisi (Vb) yang dialami oleh pahat. Analisa dari data hasil pengujian diperoleh dari kondisi pemotongan sesuai rencana perlakuan dan selanjutnya dilakukan analisa

data yang mencakup variabel-variabel penelitian diantaranya adalah variabel bebas berupa kecepatan potong (v), sedangkan variabel terikatnya terdiri dari laju sayatan (f), kedalaman potong (a), dan sudut potong (kr) .

Pengamatan data-data hasil pengujian ini dilakukan untuk mengetahui mekanisme kegagalan/ aus pahat akibat aliran serpihan dengan menggunakan mikroskop digital. Pengamatan ini memakai pahat End Mill HSS Cobalt M42 dengan menggunakan mesin milling konvensional dengan bahan Baja AISI 4140.

Tabel 1. Data Hasil Penelitian Baja AISI 4140 dengan pahat HSS Cobalt M42

Perlakuan	v (m/mnt)	f (mm/mnt)	A (mm)	kr (°)	Hc (mm)	Φ (°)	Vc (m/mnt)	Vb (mm)
1	274	0,5	0,5	90	0,69	37,95	196,62	0,159
2	394	0,5	0,5	90	0,73	34,90	255,95	0,193
3	536	0,5	0,5	90	0,86	31,80	311,43	0,238
4	755	0,5	0,5	90	0,88	31,38	431,42	0,325

Analisa Data Hasil Perlakuan Tebal Serpihan

Analisa perhitungan yang didapat dari hasil tebal serpihan dengan v = 755 m/mnt, f = 0,5 mm/mnt, a = 0,5 mm.

$$\text{Mean (x) : } (x) = \frac{\sum x}{n} = \frac{17,793}{20} = 0,890 \text{ mm}$$

$$\text{Standart Toleransi} = \sigma_s = \sqrt{\frac{\sum v^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,093}{19}} = 0,069 \text{ mm}$$

$$\text{Standart Kesalahan} = \sigma_m = \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}} = \frac{0,069}{\sqrt{19}} = \frac{0,069}{4,35} = 0,015 \text{ mm}$$

$$\text{Best Value (Ukuran Terbaik) = Mean (x) - } \sigma_m = 0,890 - 0,015 = 0,88 \text{ mm}$$

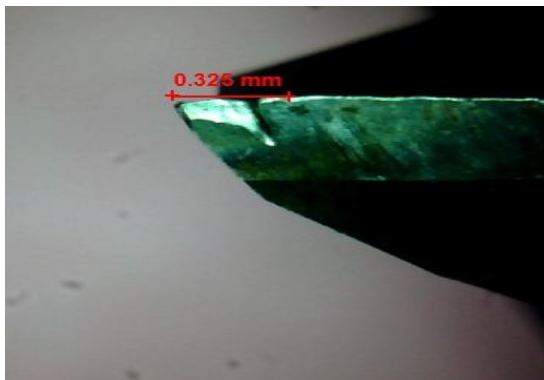
Pada perlakuan ke empat dengan ukuran terbaik serpihannya adalah 0,88 mm.



Gambar 4. Bentuk Serpihan Pada Perlakuan Keempat

Analisa Pahat

Menurut ISO 3685 batas aus sisi/tepi pahat adalah 0,3 mm. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan mesin milling terhadap pemesian kering baja AISI 4140 menggunakan End Mill HSS Cobalt M42 didapat data batas aus pahat yaitu 0,325 mm pada kondisi pemotongan ke empat dimana aus sisi terbentuk karena serpihan bergerak ke atas menyentuh pahat dengan bentuk serpihan yang terputus dan karena adanya kecepatan aliran serpihan yang cukup tinggi.



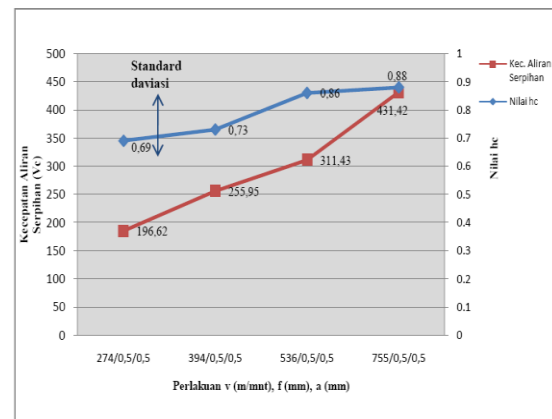
Gambar 5. Aus Pahat Tertinggi

Grafik Pengaruh Perlakuan Pemotongan Terhadap Aliran Serpihan (Vc) Vs Tebal Serpihan (hc)

Dari pengamatan dan analisa data diatas menunjukkan bahwa keausan pahat tertinggiterjadi pada kecepatan potong (v) = 145 m/menit, f = 0,50 mm,a = 1,00 mm dengan nilai aus sisi (Vb) = 0,344 mm dengan temperatur (T) = 203°C dan keausan pahat terrendah terjadi pada kecepatan

potong (v) = 137 m/menit, f = 0,50 mm,a = 1,00 mm dengan nilai aus sisi (Vb) = 0,075 mm dengan temperatur (T) = 180°C.

Pengaruh perbedaan nilai aus pahat disetiap perlakuan permesinan disebabkan karena adanya variasi kecepatan potong (v), gerak makan (f), kedalaman potong (a), pengaruh



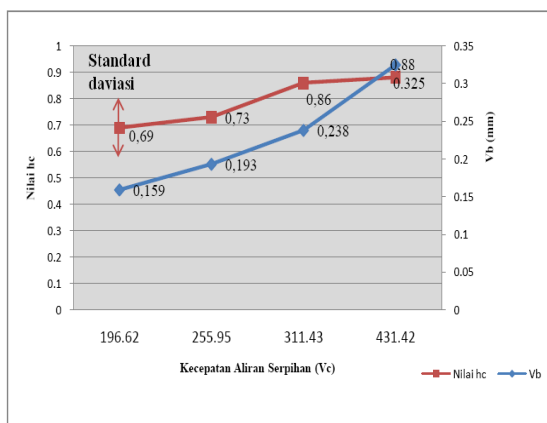
Gambar 6. Grafik Hubungan Kecepatan Aliran Serpihan (Vc) Vs Tebal Serpihan (hc) Terhadap Perlakuan Pemotongan

Pada grafik hubungan diatas terlihat dimana perlakuan pertama dengan kecepatan potong (v) = 274 m/mnt, gerak makan (f) = 0,5 mm/mnt, kedalaman potong (a) = 0,5 mm didapati nilai kecepatan aliran serpihan (Vc) = 196,62 m/mnt dan nilai tebal serpihan (hc) = 0,69 mm, dimana pada perlakuan pertama menghasilkan nilai Vc dan hc yang terendah dalam penelitian ini. Pada perlakuan kedua dengan kecepatan potong (v) = 394 m/mnt, gerak makan (f) = 0,5 mm/mnt, kedalaman potong (a) = 0,5 mm didapati nilai kecepatan aliran serpihan (Vc) = 255,95 m/mnt dan nilai tebal serpihan (hc) = 0,73 mm, perlakuan kedua ini nilai Vc dan hc mengalami peningkatan dari perlakuan pertama. Pada perlakuan ketiga dengan kecepatan potong (v) = 536 m/mnt, gerak makan (f) = 0,5 mm/mnt, kedalaman potong (a) = 0,5 mm didapati nilai kecepatan aliran serpihan (Vc) = 311,43 m/mnt dan nilai tebal serpihan (hc) = 0,86 mm, perlakuan ketiga nilai Vc dan hc mengalami peningkatan dari perlakuan

kedua. Perlakuan ke empat dengan kecepatan potong (v) = 755 m/mnt, gerak makan (f) = 0,5 mm/mnt, kedalaman potong (a) = 0,5 mm didapati nilai kecepatan aliran serpihan (V_c) = 431,42 m/mnt dan nilai tebal serpihan (h_c) = 0,88 mm, dengan demikian pada perlakuan keempat menghasilkan nilai V_c dan h_c yang tertinggi dari perlakuan pemesinan dalam penelitian ini.

Dapat terlihat jelas dimana nilai kecepatan aliran serpihan (V_c) dan nilai tebal serpihan (h_c) dapat meningkat karena adanya pengaruh yang diakibatkan oleh kecepatan potong (v) yang berbeda pada pemesinan milling.

Grafik Pengaruh Aliran Serpihan (V_c) & Tebal Serpihan (h_c) Vs Aus Sisi Pahat (V_b)



Gambar 7. Grafik Pengaruh Aliran Serpihan (V_c) & Tebal Serpihan (h_c) Vs Aus Sisi Pahat (V_b)

Pada grafik hubungan diatas terlihat dimana perlakuan pertama dengan nilai kecepatan aliran serpihan (V_c) = 185,17 m/mnt dan nilai tebal serpihan (h_c) = 0,69 mm didapat aus sisi (V_b) = 0,159 dan ini menunjukkan bahwa aus sisi (V_b) pertama ini merupakan yang terendah dapat terlihat pada grafik diatas. Perlakuan kedua aus pahat tidak mengalami pertumbuhan yang signifikan dimana pada kecepatan aliran serpihan (V_c) = 255,95 m/mnt dan nilai tebal serpihan (h_c) = 0,73 mm didapat aus sisi V_b = 0,193. Perlakuan ketiga aus pahat

juga tidak mengalami pertumbuhan yang signifikan dimana pada kecepatan aliran serpihan (V_c) = 311,43 m/mnt dan nilai tebal serpihan (h_c) = 0,86 mm didapat aus sisi V_b = 0,238. Perlakuan keempat aus pahat mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan dimana pada kecepatan aliran serpihan (V_c) = 431,42 m/mnt dan nilai tebal serpihan (h_c) = 0,88 mm didapat aus sisi V_b = 0,325 mm inilah fasa akhir yang disebut aus sisi tiba-tiba yang dialami oleh pahat dan itu melebihi aus sisi yang ditentukan oleh ISO 3685 sebesar 0,3 mm.

Dapat dilihat pada grafik diatas meningkatkan aus sisi (V_b) pada pahat HSS Cobalt disebabkan oleh semakin besarnya nilai kecepatan aliran serpihan (V_c) dan nilai tebal serpihan (h_c) pada proses milling pemesinan kecepatan tinggi AISI 4140.

KESIMPULAN

Dari analisa data pembahasan mekanisme kegagalan pahat yang berupa perhitungan data hasil pengukuran dan analisa teoritik kegagalan pahat End Mill HSS Cobalt M42, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ada pengaruh kecepatan potong (v) yang tinggi terhadap nilai aus sisi (V_b) pahat HSS Cobalt M42 pada pemesinan kering, dimana semakin tinggi kecepatan potong maka aus sisi pahat akan semakin besar.
2. Semakin besarnya nilai tebal serpihan (h_c) dan nilai kecepatan aliran serpihan (V_c) yang dihasilkan pada pemesinan kecepatan tinggi maka nilai aus sisi (V_b) akan semakin besar atau mengalami kerusakan.
3. Mekanisme aus sisi (V_b) pahat end mill HSS Cobalt M42 dikarenakan serpihan bergerak keatas menyentuh pahat dengan bentuk serpihan terputus dengan kecepatan aliran serpihan yang cukup tinggi yaitu sebesar 437 m/mnt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Canter, M. Neil. (2003), *The Possibilities and Limitations of Dry Machining*, Tribology & Lubrication Technology, ProQuest Science Journals, page.30.
- [2] Daryanto. (2010), *Teori Kejuruan Teknik*, Cet. I, Bandung ; Satu Nusa.
- [3] David A.S and John S.A, 1997. *Metal Cutting Theory and Practice*, Marcel Dekker Inc.
- [4] Ginting Armansyah. (2003), *High Speed Machining of AISI 01 Steel With Multilayer Ceramic CVD – Coated carbide; Tool Life and Surface Integrity*, Vol 14, No. 3, majalah IPTEK.
- [5] Ginting, Armansyah. 2006. *Kesalahan pengukuran metode metologi geometri..*
- [6] Graham, Kelly, S. 2000. *Fundamental of Mechanical Vibrations*. McGraw-Hill International Editions.: Ohio, USA.
- [7] International Standard, ISO 3685, *Tool- life With Single Point Turning Tools, 2nd, ed. Reference Number ISO 3685 1993 (E)*, 1993-11-15
- [8] Kalpakjian, 1995. *Manufacturing Process for Engineering and Technology.*, third Edition, Addison Wesley Publishing Company.
- [9] Klocke, F. dan Eisenblatter, 1997. *Dry Cutting*, CIRP, 46:2:516-526,G.
- [10] Mukun et. Al, 1995. *Karakteristik Pemesinan kering.* , Jurnal, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang.
- [11] Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Higher Education Development Support Project.
- [12] Schey A. John, 2000. *Introduction to Manufacturing Process*, 3 rd Ed. Mc. Graw – Hill Book Co.
- [13] Sreejith, P.S and Ngoi. 2000. *Dry Machining: Machining of the future*, *School of Mechanical and Production Engineering*. Nanyang Technology University Singapore.
- [14] Wibowo,Dodi; Gusri Akhyar; dan Arinal Hamni. April 2014. *Pengaruh Gerak Makan Dan Kecepatan Putaran Terhadap Aus Pahat HSS Pada Pengeboran Baja ASTM A1011 Menggunakan Pelumas Minyak Goreng*, Vol.2, No.2,Jurnal FEMA.
- [15] Yunus, Surya, 2005. *Analisa Kegagalan dan Mekanisme Aus Pahat Karbida Pada Pembubutan Hijau Bahan Automotif Aluminium 6061 T6*, Jurnal tesis, Universitas Sumatera Utara.
- [16] Wijanarko Bambang, 2012. *Studi Eksperimental Terjadinya Keausan Pahat Pada Proses Pemotongan End Milling Pada Lingkungan Cairan Pendingin*,Jurnal, Universitas Muhammadiyah Surakarta.