

KAJIAN KRITERIA UMUR PAHAT CM T5115 PADA BAHAN JIS GRADE DF-3

Oleh:

Sahabat Bahri J. Sitinjak
Universitas Darma Agung

E-mail :

sahabatsitinjak21@gmail.com

ABSTRACT

In this research, JIS DF-3 steel was machined using TUNGALOY VNMG CM T5115 Rhombic carbide tool using dry machining and low speed machining methods. The purpose of this study is to find the cutting time (T_c) and also the chip thickness (h_c) which is useful to provide information on cutting time in dry machining and at low speed using JIS DF-3 material which is varied in chip thickness (h_c) and cutting speed (V). From the cutting speed (V) = 145 m/min in this cutting mode, the average h_c is quite constant from the initial measurement size of 0.29 mm, which gives the best h_c size with a relatively smaller value of 0.27 mm at a cutting time of 2.069 minutes. Then the cutting speed (V) = 145 m/min in the cutting mode standard tolerance h_c and standard error h_c are also obtained, namely the standard value of tolerance h_c is 0.05 mm and standard error h_c is 0.012. It is very small, but the actual value is that the average value of h_c and the best size of h_c and cutting time per 300 mm distance are taken. This machining process can be recommended as a reference for machining JIS DF-3 steel using TUNGALOY VNMG CM T5115 Rhombic carbide tools in low-rate machining on CD 6260 C conventional lathes and dry machining. That the lower the flake ratio, the shorter the cutting time and the smaller the tool wear.

Keywords: *Low rate and dry machining, Tool life criteria, Cutting time T_c , Thickness of flake h_c , Tool wear V_b , Temperature T*

ABSTRAK

Pada penelitian ini, bahan Baja JIS DF-3 dilakukan pemesinan dengan menggunakan pahat karbida TUNGALOY VNMG CM T5115 Rhombic dengan metode pemesinan kering dan pemesinan laju rendah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mencari waktu pemotongan (T_c) dan juga tebal serpihan (h_c) yang bermanfaat untuk memberikan informasi waktu pemotongan pada pemesinan kering dan pada kecepatan rendah menggunakan bahan JIS DF-3 yang divariasikan pada tebal serpihan (h_c) serta kecepatan potong (V). Dari kecepatan pemotongan (V) = 145 m/mnt pada mode potong ini, rata-rata h_c cukup konstan dari ukuran pengukuran awal 0,29 mm, yang memberikan ukuran h_c terbaik dengan nilai relatif lebih kecil yaitu 0,27 mm pada waktu potong 2,069. menit Maka kecepatan pemotongan (V) = 145 m/menit pada mode potong standart toleransi h_c dan standart kesalahan h_c juga didapat yaitu nilai standart toleransi h_c yaitu 0,05 mm serta standart kesalahan h_c yaitu 0,012. Tergolong sangat kecil, akan tetapi nilai yang sebenarnya yaitu yang diambil nilai rata-rata h_c dan ukuran terbaik h_c serta waktu pemotongan tiap jarak 300 mm. Pada proses pemesinan ini dapat direkomendasikan untuk rujukan terhadap pemesinan baja JIS DF-3 dengan menggunakan pahat karbida TUNGALOY VNMG CM T5115 Rhombic dalam pemesinan laju rendah pada mesin bubut konvensional CD 6260 C serta dengan pemesinan kering. Bahwa semangkin rendah rasio serpihan menyebabkan waktu pemotongan semakin pendek dan aus pahat semakin kecil.

Kata Kunci : *Pemesinan Laju Rendah Dan Kering, Kriteria Umur Pahat, Waktu Pemotongan T_c , Tebal Serpihan H_c , Aus Pahat V_b , Temperatur T*

1. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang.

Sesuai dengan waktu dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang diteliti dan diciptakan oleh orang-orang, hasil produksi adalah kualitas dan hasil produksi yang tinggi, terutama dalam proses produksi yang menggunakan peralatan mesin dalam proses produksi. Mencari mesin produksi mempermudah pekerjaan dan membuat komponen mesin yang dihasilkan. Kehadiran bangku produksi komponen mesin manufaktur meningkatkan akurasi produksi yang lebih tinggi dari teknisi pengerjaan logam dan mahasiswa teknik mesin. Pada dasarnya, setiap operasi pemesinan dalam produksi chip memiliki persyaratan kualitas yang berbeda dan mempengaruhi masa pakai setiap alat tergantung fungsinya. Pengaruh umpan pada proses pembubutan dapat diketahui dari hasil flake yang dihasilkan, dimana semakin tinggi feed maka semakin tebal chip atau flake yang dihasilkan dan permukaan material yang dibubut semakin halus. Pada proses pembubutan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terbentuknya serpihan atau kepingan, termasuk kecepatan potong, ketebalan pemakanan, kondisi mesin, benda kerja, bentuk ujung pahat, ujung potong, cairan pendingin dan sudut serta posisi pemotongan.

2 Tujuan Penelitian.

Untuk kajian umur pahat CM T5115 bubut terhadap hasil dari permukaan bahan JIS GRADE DF-3 dengan melakukan proses permesinan bubut, maka nantinya akan didapat dimensi serpihan akibat pembubutan.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah mempelajari kajian umur pahat Karbida CM T5115 pada pemesinan laju rendah pada bahan JIS GRADE DF-3. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk menentukan tebal serpihan akibat waktu pemotongan, aus pahat dan temperatur yang mengakibatkan adanya umur pahat.

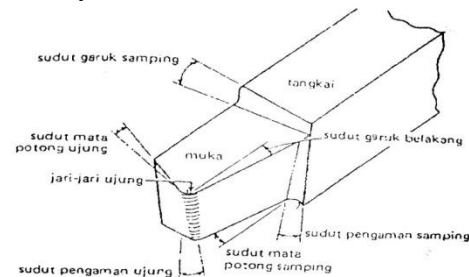
2. TINJAUAN PUSTAKA

1 Bidang Aktif Pahat Yang Mengalami Kerusakan.

Selama proses penambalan, alat berfungsi tidaknya secara normal karena sejumlah alasan, antara lain:

- a) Secara bertahap meningkatkan (meningkatkan) keausan bidang alat aktif.
- b) Retak secara merayap menyebabkan retakan pada ujung pahat pahat.
- c) Deformasi plastis yang mengubah bentuk/geometri alat.

Jenis kerusakan yang terakhir di atas jelas disebabkan oleh tekanan suhu tinggi di daerah aktif pahat, dimana kekerasan dan kuatnya material pahat seiring naik turunnya suhu.



Gambar 1. Keausan Pada Pahat.

2. Mekanisme Pembentukan Geram.

Awalnya, mortar diperkirakan terbentuk dari retakan mikro yang muncul di benda kerja segera setelah ujung pahat mulai dipotong. Saat tekanan alat meningkat, retakan menyebar, menciptakan sebuah chip. Berkat hasil berbagai penelitian, pemahaman tentang perkembangan material ini kini ditinggalkan. Logam yang umumnya mudah ditempa dengan tekanan dalam kompresi di sekitar fokus tepi pahat. Tegangan pada logam (benda kerja) memiliki orientasi yang kompleks dan tegangan geser maksimum terjadi pada satu arah. Ketika tegangan geser ini melebihi kekuatan logam, terjadi deformasi plastis (deformasi), yang menggeser dan mematahkan benda kerja pada bidang pemotongan di ujung pahat. Pada bidang geser terdapat lokasi tertentu yang membentuk sudut dengan vektor kec

epatan gelombang yang disebut sudut geser (Φ). Untuk membantu memahami mekanisme keausan pahat, ada beberapa contoh bentuk chip. Serpihan yang dihasilkan dari proses pemotongan merupakan bahan kontinyu yang ketebalannya bervariasi. Padahal, bentuk chip sangat fleksibel, tergantung dari bahan benda kerja, jenis proses pemesinan dan kondisi pemotongan yang digunakan, yang secara garis besar dibedakan menjadi dua jenis pemotongan, yaitu:

1. Serpihan terputus-putus terbentuk dalam proses dengan benda kerja rapuh yang membentuk serpihan seperti bubuk.
2. Material logam secara kontinyu diproduksi dalam proses dengan benda kerja, yang berupa serpihan-serpihan terputus-putus dan bisa juga kontinyu atau terputus-putus. Penjelasan dapat dilihat dalam gambar dibawah



Berbagai bentuk geram (chips)

Gambar 2.3. Bentuk Geram (CHIPS)

3 Gaya Potong.

Analisis mekanisme pembentukan chip yang disajikan oleh pedagang didasarkan pada model pemotongan Sistem Orthogonal dalam teorinya. Sistem penampang vertikal merupakan penyederhanaan dari sistem miring dimana gaya dan komponennya dianalisis hanya dalam satu bidang.

4 Pahat Bubut.

Pahat bubut dikerjakan dengan menggunakan tipe VNMG 332 CM T5115 dimana spesifikasinya dari kode tersebut yaitu :

- VN yaitu V itu Rhombic, with hole dan N itu sudut insert 35° .

- MG yaitu M itu batas Tolerance (mm) dan G itu Groove And Hole/Chipbreaker.
- 332 yaitu 3 itu Cutting edge length, 3 itu Thickness (s) dan 2 itu Corner radius
- CM yaitu Chipbreaker symbol. T5115 yaitu Coated Stocker Grade/Insert Matrik.

Yang mana tipe VNMG 332 CM T5115 memiliki spesifikasi yaitu:

Corner Radius yaitu 0,4 - 1,2 mm, Dept Of Cut yaitu 2,0 mm, Feed (f) yaitu 0,15 - 0,35 mm/rev, Chipbreaker yaitu without 0,4 - 1,6 mm, Cutting speed Vc (m/min) yaitu 140, 270, 400 untuk Grey Cast Iron dan 140, 255, 370 untuk Ductile Cast Iron.



Gambar Insert

3. METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat yaitu:

1. Bengkel Merbabu (pesanan produk uji)
2. Laboratorium Proses Manufaktur Institut Teknologi Medan (proses rotasi)
3. Institut Teknologi Medan (penyusunan laporan tugas akhir)

2. Bahan dan Alat

1 Bahan

Baja digunakan sebagai bahan uji JIS DF-3 yang direkomendasikan sebagai *roda lokomotif* pada roda kereta api, alat transportasi yang banyak digunakan di seluruh dunia terbuat dari baja perkakas dengan kekerasan sekitar 221 HB. 1 batang baja JIS DF-3 dengan diameter 56 mm dan panjang 350 mm digunakan dalam penelitian ini.



Gambar Bahan JIS DF-3

2. Bahan Pahat

Pahat karbida digunakan sebagai pisau dalam penelitian ini. Jenis pahat karbida bekas TUNGALOY Rombinen, yaitu VNMG 332 CM T5115. dengansfesifikasi pahat sebagai berikut :

Kekerasan : 91,5 HB
Bentuk Chipbreker : 35⁰ Negative
Material Pahat : Cast Iron (Finishing)
Chipbreaker : 0,4 - 1,6 mm
Corner Radius : 0,4 - 1,2 mm.



Gambar 3.2. Pahat Karbida

3. Pemegang Pahat (*Holder*)

Pegangan pahat yang digunakan adalah AVJNR2020K 16-A C5ZR terutama untuk proses bubut.



Gambar 3.3. Pemegang pahat (*holder*)

Keterangan Kode:

ACP3L = Pengikat Insert
Bagiab Atas.
ACS-5W = Kedalaman Baut Pengikat
Atas.
ASV322 = Kedalaman Baut
Pengikat Bawah.
CSTB-3.5 = Celah Insert dan
Pemegang.
2020 = ukuran gagang (*shank*) masing
20mm

5. Analisis Data

Analisis Kuantitatif.

Pada analisis kuantitatif, nilai h_c dianalisis dan suhu yang diperoleh selama

proses pemesinan dicatat untuk menggambarkan kurva pertumbuhan keausan yang dihasilkan.

Analisis Kualitatif.

Analisis Kualitatif dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

- An salisakajian umur pahat.
- Analisis serpihan bahan.
- Analisa aus pahat dan temperatur.

Hasil penelitian kualitatif dapat didapatkan dengan menggunakan bantuan Micrometer Digital.

Tahapan Pengamatan dan Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan dan pemantauan data adalah sebagai berikut:

- Persiapan persiapan pengumpulan data, meliputi:
 - Mesin bubut tradisional CD 6260C
 - JIS DF-3 kosong
 - Pisau karbida / Pematangan pahat
 - Pemegang pahat / pemegang alat
 - Mikrometer digital
- Untuk mengukur umur alat serpih dalam proses pembubutan.
- Setel motor dan jalankan pengujian, lalu hentikan pengoperasian motor.
- Kalibrasi keselarasan posisi benda kerja di blok mesin.
- Ganti pahat dengan pahat yang dimaksudkan untuk digunakan dalam penelitian.
- Mengatur diameter benda kerja sesuai dengan kecepatan mesin (rpm) pada Mesin Bubut Converse CD 6260 C
- ulai fase machining dengan mengatur kecepatan mesin (rpm), feed (f) dan depth of cut (a).
- Lakukan pemrosesan sesuai kondisi pemotongan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengolahan Data

Berdasarkan pengamatan dan landasan teori diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh perubahan kecepatan pemakanan (f), kecepatan potong (v) dan kedalaman potong (a) sangat berpengaruh terhadap ketebalan kepingan yang

diperoleh pahat yang digunakan. Analisis data hasil pengujian diperoleh dari kondisi cut-off yang sesuai dengan rencana perawatan dan selanjutnya dilakukan analisis data yang meliputi variabel penelitian sebagai berikut:

1. Variabel bebas tidak konstan berupa kecepatan potong (v), gerak makan (f), kedalaman potong (a).
2. Variabel terikatnya adalah ukuran metode pemotongan (f) dan umur pahat serta kajian proses pemakanan benda kerja (a)

Mengamati data percobaan ini, teknik pengerjaan fragmen benda kerja yang dihasilkan selama pemahatan dianalisis dan dijelaskan, dan mekanisme ketebalan fragmen dijelaskan menggunakan rumus standar deviasi dengan mikrometer digital.

Pengamatan ini memakai pahat VNMG160404-CF CM T5115 menggunakan baja JIS GRADE DF-3.

2 Data Hasil Pengujian Tebal Serpihan.



Gambar 1. Proses Pengelupasan Serpihan Bahan JIS DF-3

3. Perhitungan serpihan pertama.

Pahat dalam kondisi maksimum $v = 145$ m/men, $f = 0.5$ mm, $a = 1,00$ mm dengan ukuran terbaik $0,27$ mm.



Gambar 2. Serpihan Pertama

2. Perhitungan serpihan kedua.

Dari pengamatan dan analisa yang didapat dari perhitungan tebal serpihan yaitu :

Pahat pada kondisi laju maksimum $v = 143$ m/men, $f = 0.5$ mm, $a = 1,00$ mm dengan ukuran terbaik $0,33$ mm



Gambar 4.3. Serpihan Kedua

- Perhitungan serpihan ketiga.

Pahat pada kondisi laju maksimum $v = 140$ m/men, $f = 0.5$ mm, $a = 1,00$ mm dengan ukuran terbaik $0,34$ mm



Gambar 4.4. Serpihan Ketiga

- Perhitungan serpihan keempat.

Pahat pada kondisi laju maksimum $v = 137$ m/men, $f = 0.5$ mm, $a = 1,00$ mm dengan ukuran terbaik $0,35$ mm

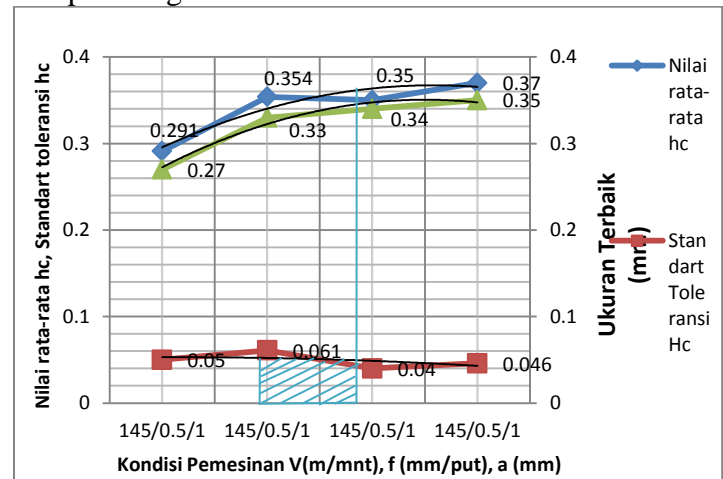


Gambar 4.5. Serpihan Keempat

3. Pembahasan hasil untuk flek tebal.

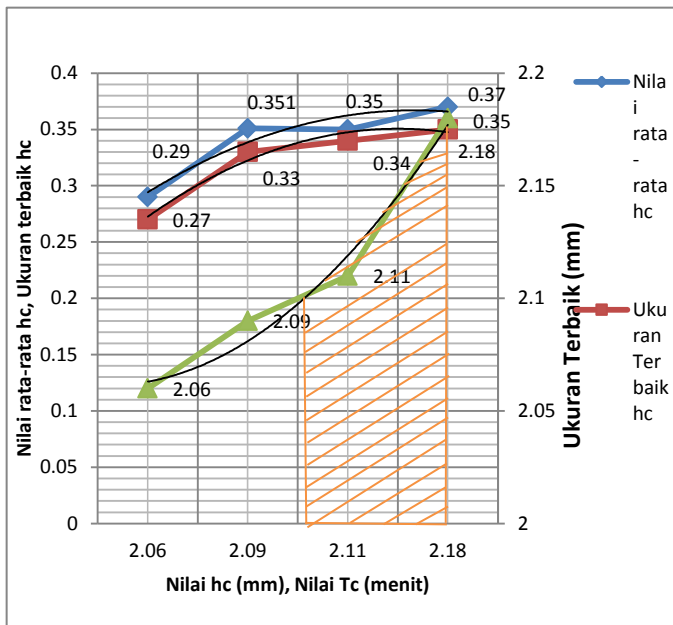
Kondisi pengelupasan 1 adalah: $V = 145$ m/menit, $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Pengamatan dan analisis data di atas menunjukkan bahwa pada kondisi kecepatan $V = 145$ m/menit $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Ketebalan terdekak dari chip pertama = $0,291$ mm, toleransi standar = $0,05$ mm, kesalahan standar = $0,012$ mm dan ukuran terbaik = $0,27$ mm. Kondisi pengelupasan 2 adalah: $V = 143$ m/menit, $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Pengamatan dan analisis data di atas menunjukkan bahwa pada kondisi kecepatan $V = 143$ m/menit $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Kedua, ketebalan chip terdekak = $0,354$ mm, standar toleransi = $0,061$ mm, standar kesalahan = $0,015$ mm, dan ukuran terbaik = $0,33$ mm. Kondisi pengelupasan 3 adalah: $V = 140$ m/menit, $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Pengamatan dan analisis data di atas menunjukkan bahwa pada kondisi kecepatan $V = 140$ m/menit $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Ketebalan chip terdekak ketiga = $0,35$ mm, standar deviasi = $0,04$ mm, standar error = $0,010$ mm, dan ukuran terbaik = $0,34$ mm. Kondisi serpihan 4 adalah: $V = 137$ m/min, $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Pengamatan dan analisis data di atas menunjukkan bahwa pada kondisi kecepatan $V = 137$ m/menit, $f = 0,5$ mm, $a = 1,00$ mm. Ketebalan serpihan terdekak keempat = $0,37$ mm, standar deviasi = $0,046$ mm, standar error = $0,012$ mm, dan ukuran terbaik = $0,35$ mm. Pengamatan dan analisis terhadap data di atas menunjukkan bahwa rendemen serpih pada setiap kondisi pemotongan berpengaruh terhadap ketebalan serpih yang tergolong kondisi kurang baik karena

tidak mendekati f-number. (mm), yaitu $0,5$ mm pada bagian minimum.



Gambar 4.6. Grafik Kondisi Pemesinan vs Nilai rata-rata hc, Standart Toleransi hc

Pada gambar grafik 4.6 memperlihatkan grafik hubungan antara kondisi pemesinan (V, f, a) terhadap nilai rata-rata hc, standar toleransi hc dan ukuran terbaik hc yaitu saat kondisi pemesinan $V = 145$ m/mnt, $f = 0,5$ mm/put, $a = 1,00$ mm. didapat nilai rata-rata hc terendah $0,291$ mm dengan standar toleransi hc $0,05$ mm dan ukuran terbaik $0,27$ mm, sehingga dari analisa grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi pemesinan seperti diarsir merupakan kondisi pemesinan ideal untuk pemotongan bahan JIS DF-3 dengan menggunakan pahat Tungaloy berlapis Rhombic karena pada kondisi tersebut nilai optimum antara kondisi pemesinan dan hc relatif rendah dan pada waktu potong T_c yaitu $2,06$ menit sehingga baik digunakan untuk pemesinan bahan JIS DF-3 dengan menggunakan pahat Tungaloy CM T5115.



Gambar 4.7. Grafik Nilai rata-rata hc, Nilai waktu pemotongan Tc

Pada gambar grafik 4.7 menunjukkan rata-rata plot hubungan antara ruang dan waktu penyadapan, yaitu rata-rata hc hampir mendekati nilai sebenarnya dan juga terlihat juga waktu pemotongan yang semakin naik. Terlihat ukuran terbaik hc = 0,35 dan nilai sebenarnya 0,37 dengan waktu potong 2,18 menit. Pada grafik terlihat bagian yang diarsir menunjukkan bagian yang memiliki waktu dan nilai serpihan yang baik buat pemesinan rendah pada bahan JIS DF-3 dengan menggunakan pahat Tungaloy berlapis Rhombic CM T5115.

Data Hasil Analisa Umur Pahat.

Hubungan antara kriteria umur pahat berkaitan dengan data suhu dan juga keausan pahat yang mengakibatkan waktu pemotongan dalam waktu tertentu. rotasi dilakukan dengan jarak dibubut yaitu 300 mm.

Untuk mencari nilai Tc menggunakan rumus yaitu :

$$Tc = \frac{Lc}{Vf}$$

Dimana : Tc = Waktu pemotongan

Lc = Panjang benda kerja.

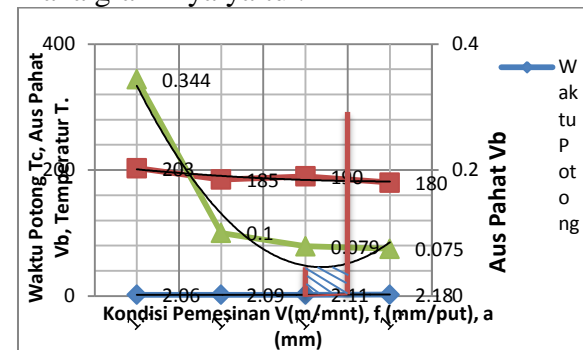
Vf = Kecepatan pemakanan.

Maka mendapatkan hasil Tc yaitu :

1. $Tc = \frac{Lc}{Vf} = \frac{300 \text{ mm}}{145 \text{ m/mnt}} = 2,06 \text{ menit}$
2. $Tc = \frac{Lc}{Vf} = \frac{300 \text{ mm}}{143 \text{ m/mnt}} = 2,09 \text{ menit}$
3. $Tc = \frac{Lc}{Vf} = \frac{300 \text{ mm}}{140 \text{ m/mnt}} = 2,11 \text{ menit}$
4. $Tc = \frac{Lc}{Vf} = \frac{300 \text{ mm}}{137 \text{ m/mnt}} = 2,18 \text{ menit}$

Umur pahat berkaitan dengan aus pahat dan temperatur, di mana keausan alat dapat dilihat dengan mikrometer digital dan pembacaan suhu dengan termokopel.

Maka grafiknya yaitu :



Gambar 4.8. Grafik Aus pahat Vb, Waktu potong Tc, Temperatur T.

Umur pahat dapat diketahui dari Aus pahat Vb, Suhu, dan juga waktu pemotongan dengan keausan pahat sama dengan umur pahat yaitu. Vb minimum adalah 0,075 mm pada suhu 180 OC dan waktu pemotongan minimum adalah 2,06 menit dan Vb maksimum adalah 0,344 mm pada suhu 203 OC. potong terbesar 2,18 menit dengan pemesinan rendah pada bahan JIS DF-3 dengan menggunakan pahat Tungaloy berlapis Rhombic CM T5115.

5. SIMPULAN

1. Simpulan

Dari analisa data pembahasan kajian kriteria umur pahat pada serpihan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahwa semakin tinggi rasio serpihan menyebabkan waktu pemotongan semakin panjang.
2. Dari penelitian didapat kecepatan potong (V) = 145 m/mnt saat kondisi pemotongan ini nilai rata - rata hc

terbilang rendah yaitu 0,29 mm, yang mana ukuran terbaiknya h_c mendapatkan nilai yang relatif lebih kecil yaitu 0,27 mm pada waktu pemotongan 2,069 menit. Maka pada kecepatan potong (V) = 145 m/mnt pada kondisi pemotongan ini nilai standart toleransi h_c dan standart kesalahan h_c juga didapat yang mana nilai dari standart toleransi h_c yaitu 0,05 mm serta standart kesalahan h_c yaitu 0,012. Tergolong sangat kecil, akan tetapi nilai yang sebenarnya yaitu yang diambil nilai rata-rata h_c dan ukuran terbaik h_c serta waktu pemotongan tiap jarak 300 mm. Pada proses pemesian ini dapat direkomendasikan untuk rujukan terhadap pemesian baja JIS DF-3 dengan menggunakan pahat karbida TUNGALOY VNMG CM T5115 Rhombic dalam pemesian laju rendah pada mesin bubut konvensional CD 6260 C serta dengan pemesian kering.

3. Bahwa aus pahat berkaitan dengan umur pahat yang mana dapat berkaitan dengan nilai temperatur dan juga waktu pemotongan yang didapat mengetahui waktu saat pembubutan dengan jarak 300 mm.

5.2. Saran

Adapun saran yang didapat dari hasil penelitian, yaitu :

1. Pada pemesian laju rendah dengan menggunakan bahan JIS DF-3 untuk pembubutan menghasilkan serpihan yang sangat baik dengan hasil yang tidak terputus-putus.
2. Dari hasil penelitian perlu adanya kajian tentang benda kerja yang digunakan sebaiknya benda kerja lebih dari satu agar mengetahui bentuk serpihan yang dihasilkan dan juga mengetahui karakteristik pahat potong yang digunakan pada saat pengujian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asyari Daryus, *Pemotongan Logam, Alat Bantu dan Alat Ukur*, Universitas Darma Persada, Jakarta, 81-95
- Davis, *Kinerja Pahat CBN Pada Pemesian Laju Tinggi Keras dan Baja karbon JIS DF-3*, jurnal penelitian, Jakarta 1982
- Yudi, *Kajian Keausan Pahat CBN Pada Proses Pembubutan Kecepatan Tinggi Kondisi Potong Keras dan Kering Bahan JIS DF-3*, Laporan Tesis, Universitas Sumatera Utara, 2014
- Taufiq Rochim, *Teori dan Teknologi Proses Pemesian*, Jurusan Teknik Mesin ITB, Bandung, 1993
- Yunus, Surya Murni. *Industri Metrologi (Dimensions, Measurement Devices And Surface Roughness Integrity) & Fundamental Of Metal Cutting Condition*; Medan. 2010
- Faris Budi Seryawan, *Pengaruh Geometri Sudut Potong Pahat High Speed Steel (HSS) Terhadap Umur Pahat pada Proses Bubut Aluminium Paduan Rendah*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. 2011
- Yunus, Surya Murni. *Fundamental Of Metal Cutting, 5.3 Cutting Forces and 5.4 cutting Temperatur*, Valery Marinov Manufacturing Technology. Jurusan Teknik Mesin ITM, Medan, 2013
- Yunus, Surya Murni. *Machining Operation, Cutting Temperation* Jurusan Teknik Mesin ITM, Medan, 2013
- Taylor's Equation •F. W. Taylor [1900]'s Equation •Generalized Taylor's Equation