

# PENGARUH JENIS MATERIAL *CUTTER SLOT DRILL* TERHADAP HASIL *REGRINDING* DAN *TOOL LIFE*

Agung Dwi Sapto<sup>(1\*)</sup> dan Kurnia Yogo Utomo <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Gunadarma

<sup>(\*)</sup>E-mail *Corresponding Author* : *adwisapto98@gmail.com*

## Abstrak

Kerusakan *cutting tools* pada mesin CNC merupakan permasalahan umum yang sering dijumpai di bidang industri permesinan. Umur *cutting tools* yang lama tentunya dapat menghemat pengeluaran dari perusahaan karena meminimalisir pembelian *cutting tools* baru karena kerusakan, untuk itu dilakukan penelitian ini bertujuan untuk Membantu Memperkirakan umur *cutting tools* pada *cutter Slot Drill short* jenis *carbide* dan HSS dan mendapatkan gambaran seberapa lama *cutter* tersebut dapat digunakan dan mengetahui pengaruh proses *regrinding* pada *cutting tools*. Dalam penelitian ini digunakan metode kuantitatif dimana penelitian difokuskan penggunaan data hasil analisa software komputer *cutting and data service* dan juga hasil perhitungan secara manual yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil penelitian didapatkan *cutter carbide* memiliki umur yang lebih lama yaitu 706 menit dibanding dengan *cutter HSS* 162 menit untuk mencapai tingkat keausan yaitu -0,1 mm dan proses *regrinding* menyebabkan penurunan kecepatan makan, kecepatan potong dan peforma pada *cutter*.

**Kata Kunci:** *Cutter, Parameter Pemotongan, Regrinding, Slot Drill, Tool Life.*

## Abstract

*Damage cutting tools on CNC machines is a common problem that is often encountered in the field of machining industry. Long tool life can certainly save the expenditure of the company because minimizing the purchase of new cutting tools because of the damage, for that this research aims to help estimate the age of cutting tools on slot cutter drill short type of carbide and HSS and get an idea of how long the cutter can be used and know the impact of the regrinding process on the cutting tools. In this study used quantitative methods where research focused on the use of data analysis software computer cutting and data service and also manually calculation results presented in the form of tables and graphs. The results obtained by carbide cutters have a longer tool life of 706 minutes compared with a cutter HSS 162 minutes to achieve a degree of stroke-0.1 mm and the regrinding process leads to the reduction of feeding speed, cutting speed and performance on the cutter.*

**Keywords:** *Cutter, Parameter Cutting, Regrinding, Slot Drill, Tool Life.*

## 1 PENDAHULUAN

Departemen Machining adalah salah satu departemen di PT. Dirgantara Indonesia yang mengelola mesin-mesin operasi manual dan mesin-mesin CNC (*Computer Numerically Control*) untuk memproduksi komponen detail pesawat terbang. Mesin CNC adalah suatu mesin yang menggunakan teknologi komputer dengan menggunakan bahasa numerik data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) yang sesuai standart ISO (*International Standards Organization*). Mesin-mesin yang dijalankan tersebut seluruhnya menggunakan *cutter* yang beragam untuk proses permesinannya.

Dari data yang telah dikumpulkan, banyak *cutter* kategori *new* yang telah digunakan mengalami kerusakan dan akan sangat merugikan perusahaan, mengingat harga *cutter* yang begitu mahal. Untuk itu

perlu dilakukannya analisa dari pengaruh Material *cutter* antara *High Speed Steel* dan *Carbide* terhadap parameter pemotongn, proses *regrending* dan *tool life*, yaitu berapa lama sebenarnya umur *cutter* tersebut sampai standar yang ditentukan perusahaan dan perbandingannya apabila diaplikasikan pada mesin. *Cutter* yang baru dibeli oleh bagaian *tool service* kemudian disimpan pada bagian *tool crib* untuk dilakukan pengecekan dan penyesuaian dengan standar PT Dirgantara Indonesia. Bagian *tool crib* inilah yang menjadi penyedia *cutter* bagi operator apabila *cutter* patah atau tumpul.

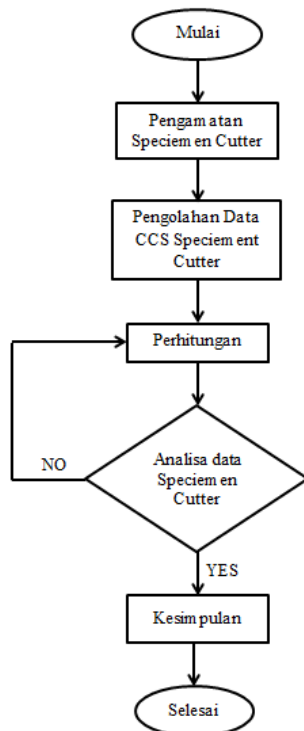
Untuk itu penulisan ini ditujukan untuk menganalisa pengaruh jenis material terhadap parameter pemotongan, hasil *regrinding*, *Tool Life cutter* hingga keadaan *undersize red* dan pemilihan penggunaan *cutter* yang tepat, dimana umur *cutter* (*tool life*) dapat berpengaruh terhdap *cost production*.

Jenis *cutter* yang digunakan pada studi kasus ini adalah *Slot Drill Short* diameter 20 dengan material *cutter* yaitu *carbide* dan *High Speed Steel (HSS)*.

## 2 METODOLOGI

Jenis material *cutter* merupakan salah satu faktor yang diperhitungkan dalam proses permesinan, dimana penggunaan *cutter* akan berpengaruh terhadap hasil dari proses permesinan dan juga umur pemakaian *cutter* itu sendiri. Jenis material *cutter* juga akan berpengaruh terhadap parameter pemotongan dalam proses permesinan diantaranya kecepatan potong, kecepatan makan, kedalaman makan hingga daya yang diperlukan saat proses permesinan itu berlangsung. Selain itu jenis *cutter* akan berpengaruh terhadap *cost production* dari segi kuantitas produk yang dihasilkan, waktu pengerjaan dan juga karena terdapat maintenance berupa proses *regrinding* yang memiliki perlakuan berbeda pada jenis material *cutter* yang berbeda.

Penelitian yang dilakukan merupakan analisa dari survey lapangan dan juga studi kasus yang menunjukkan banyaknya *cutter* yang rusak atau patah pada kondisi atau *level undersize new* dimana dari data yang dikumpulkan terdapat beberapa penyebab dari *cutter* ini rusak.



**Gambar 1.** Flow Chart Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah mulai dari pengamatan yang dilakukan kemudian perhitungan, analisa dan menarik kesimpulan. Penelitian dimulai dari pengamatan pada pemakaian *cutter* di PT Dirgantara Indonesia yaitu berdasarkan observasi yang dilakukan di *tool manufacture and services, tool cribs*, mesin CNC HAAS 4, dan juga bagian *sharpening*.

Kemudian dari pengamatan tersebut didapatkan data untuk diolah menggunakan *software Computer Cutting data Service* untuk memperkirakan umur *cutter* berdasarkan parameter permesinan hasil pengamatan pada mesin CNC HAAS 4, dan juga menggunakan *software vericut* untuk mengestimasi waktu pengerjaan part dan visualisasi pengerjaan part. Pengolahan data juga dilakukan secara hitung manual agar hasil pengolahan data lebih akurat dan dapat dibandingkan dengan hasil hitung *software*. Selanjutnya data yang telah diolah dianalisa melalui sajian grafik yang kemudian dapat ditarik kesimpulannya berdasarkan sajian grafik tersebut.



**Gambar 2.** Mesin EC 500 HAAS

Spesifikasi Mesin/ Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah Mesin EC 500 HAAS merupakan CNC 4 axis buatan USA dengan kecepatan spindel maksimal 12 ribu RPM, dengan daya mencapai 14,9 kw dan torsi maksimal 102 Nm. Dijalankan menggunakan standar G-Code, merupakan salah satu HSM yang cukup mutakhir karena dapat mengontrol pengeluaran *coolant* dan beberapa parameter lainnya melalui layar panel LCD. Adapun hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan data sebagai berikut :

*Cutter carbide* dan *HSS* dengan ukuran (20×38×104) 2F

- Material : Alumunium 2024 T351
- Tensile strength : 450N/mm<sup>2</sup>, dan kandungan Si < 0,5 %
- Part yang akan dibuat : 212-53104-07.1
- Kedalaman Potong : 38 mm
- Lebar pemotongan : 16 mm
- Kecepatan spindle : *max* 12000 rpm
- Kecepatan makan : *max* 1mm
- Spindle load : 0,8 KW
- Chip load : 0,033 cm<sup>3</sup>/min
- Coolant : 10 %
- Waktu pengerjaan (*Software Vericut*) : 13 menit 52 detik/ 13,86 min

Pengolahan data pertama yang dilakukan adalah dengan menggunakan bantuan *software (Computer Cutting data Service) CCS* yang merupakan *Software* keluaran perusahaan Jerman bernama *Prototype* dengan menggunakan kecepatan putaran spindel 5000 rpm yang diaplikasikan pada 2 jenis *cutter Slot Drill* yaitu *HSS* dan *Carbide* dengan

mengansumsikan kedua jenis *cutter* pada keadaan baru (*new*).

Entered Application Details Slot drills		
Diameter of the cutter d1:	20 mm	
Depth of cut ap:	38 mm	
Milling procedure:	Climb milling	
Type of cutter:	Finishing cutter	
Max.peak-valley-height Rzmax:	10 µm	
Width of cut ae:	16 mm	
Short series:		
Tool material:	HSS(-E)	
Coolant:	Emulsion	
Selected material group		
7.2 Al, alloyed Si < 0,5%, Tensile strength: 450 N/mm²		
Tool recommendation		
Catalog-No. Type	Material Coating Std. d1 tol z l1 l2/b l3 d2 Price	
Special	HSS-E uncoated 20 2 104 38 0 cyl. A 20 0,00	
Cutting Data		
Catalog-No. ae ap vc n fz vf vfb Coolant Power Q L t		
Special 16.00 38.00 314 5000 0.068 680 272 sol. 10% 7.2 413.4 110 162		
Abbreviation details		
z : number of teeth	l1 : overall length [mm]	l2 : cutting length/width [mm]
l3 : neck length [mm]	d2 : shank diameter [mm]	
vc : cutting speed [m/min]	n : spindle speed [1/min]	fz : feed per tooth [mm]
vf : feed [mm/min]	vf : boring plunging feed [mm/min]	
Q : quantity mater. removed [cc/min]	L : total length of cut [m]	T : tool life [min]

Gambar 3. Data hasil pengolahan *cutter* HSS

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data diatas pada dasarnya terdapat beberapa parameter yang dapat dihitung secara manual dengan cara dibawah ini, untuk kemudian hasilnya dibandingkan dengan *cutter* dari bahan *carbide*. Adapun data yang telah diolah diatas didapatkan sebagai berikut :

- *Cutting speed (vc)*

$$\frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (1)$$

Dimana :

Diameter (D) : 20 mm

RPM (n) : 5000 RPM

$$vc = \frac{\pi \times 20 \times 5000}{1000} = 314,2 \text{ m/min}$$

- *Feed (vf)*

$$vf = fz \times z \times n \quad (2)$$

Dimana :

Feed per tooth (Fz) : 0,068 mm

Jumlah tooth (Z) : 2

$$vf = 0,068 \times 2 \times 5000 = 680 \text{ mm/min}$$

- *Chip removal (Q)*

$$Q = \frac{ae \times vf \times ap}{1000} \quad (3)$$

Dimana :

Lebar pemotongan (ae) : 16 mm

Kedalaman pemotongan (ap) : 38 mm

*Feed (vf)* : 689 mm/min

$$Q = \frac{16 \times 680 \times 38}{1000} = 413,4 \text{ cm}^3/\text{min}$$

- *Power (P)*

$$P = \frac{Q \times kc}{60 \times 10,2 \times \eta} \quad (4)$$

Dimana :

*Specific cutting resistance (kc)* : 70 kgf/mm<sup>2</sup>

(Sumber : *terasconttori technical data*, tabel 2.6)

Efisiensi mesin ( $\eta$ ) : 0,6-0,7

(Diambil rata-rata, Sumber : Katalog korloy, korea)

$$P = \frac{413,4 \times 70}{60 \times 10,2 \times 0,65} = 7,2 \text{ KW}$$

- *Tool Life (T)*

$$T = \frac{L}{vf} \quad (5)$$

Dimana :

*Total length (L)* : 110000 mm

*Feed (vf)* : 680 mm/min

$$T = \frac{110000}{680} = 162 \text{ min}$$

Dari data yang diolah diatas bisa didapatkan *taylor Tool Life equation* yang merupakan rumus untuk mendapatkan konstanta dari umur pahat akibat pengaruh dari kecepatan potong dan umur pahat.

- $VT^n = C$

Dimana :

Kecepatan potong (V) : 314 m/min

Umur pahat (T) : 162 min

Pangkat umur pahat (n) : 0,156

Untuk nilai n dapat diperoleh dengan interpolasi dari refrensi tabel 2.7, sumber : *Fundamentals of Modern Manufactur 4<sup>th</sup> Edition*, untuk *cutter SS* dengan material *non steel* berupa aluminium, dengan nilai sebagai berikut :

$$n = n1 + \frac{x - x1}{x2 - x1} (n2 - n1)$$

$$n = 0,125 + \frac{314 - 120}{900 - 120} (0,25 - 0,125)$$

$$n = 0,156$$

Maka dapat diketahui nilai konstanta *taylor Tool Life equation* untuk *cutter HSS* sebesar:

$$VT^{0,156} = 597,781$$

Kemudian untuk *cutter Slot Drill* dengan bahan *carbide* didapat hasil yang sama pada *cutting speed*, *feed*, *chip removal* dan *power* seperti *cutter HSS*, hanya memiliki perbedaan pada *tool life*.

- *Tool Life (T)*

$$T = \frac{L}{vf} \quad (6)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Total length (L)} &: 480000 \text{ mm} \\ \text{Feed (vf)} &: 680 \text{ mm/min} \\ T &= \frac{48000}{680} = 706 \text{ min} \end{aligned}$$

Entered Application Details Slot drills												
Diameter of the cutter d1:		20 mm		Width of cut ae:		16 mm						
Depth of cut ap:		38 mm		Short series								
Milling procedure:		Climb milling		Tool material:		HM solid carb.						
Type of cutter:		Finishing cutter		Coolant:		Emulsion						
Max. peak-valley-height Rzmax10 µm												
Selected material group												
7.2 Al, alloyed Si < 0,5%, Tensile strength: 450 N/mm <sup>2</sup>												
Tool recommendation												
Catalog-No.	Type	Material	Coating	Std.	d1 tol	z	l1	l2/b	l3	d2	Price	
Special		HM solid c.	uncoated		20	2	104	38	0	cyl. A 20	0,00	
Cutting Data												
Catalog-No.	ae	ap	vc	n	fz	vf	vfb	Coolant	Power	Q	L	t
Special	16,00	38,00	314	5000	0,068	680	204	sol. 10%	7,2	413,4	480	706
Abbreviation details												
z : number of teeth		l1 : overall length [mm]		l2 : cutting length/width [mm]								
l3 : neck length [mm]		d2 : shank diameter [mm]										
vc : cutting speed [m/min]		n : spindle speed [1/min]		fz : feed per tooth [mm]								
vf : feed [mm/min]		vfb : boring plunging feed [mm/min]										
Q : quantity mater. removed [cc/min]		L : total length of cut [m]		T : tool life [min]								

**Gambar 4.** Data hasil pengolahan *cutter carbide*

Dari data yang diolah diatas bisa didapatkan *taylor Tool Life equation* dengan nilai pangkat pahat yang sama pada *cutter HSS* namun memiliki nilai yang lebih besar pada *tool life*.

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan potong (V)} &= 314 \text{ m/min} \\ \text{Umur pahat (T)} &= 706 \text{ min} \\ \text{Pangkat umur pahat (n)} &= 0,156 \end{aligned}$$

Maka dapat diketahui nilai *taylor Tool Life equation* untuk *cutter carbide* sebesar :  $VT^{0,156} = 873,661$

Pengolahan data ke-2 dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses *regrinding* terhadap umur *cutter Slot Drill HSS* dan *carbide* menggunakan *software Computer Cutting data Service* dengan nilai pemakanan gigi yang direkomendasikan dari *software* dengan 6 ukuran *undersize cutter* yang berbeda akibat proses *regrinding*, didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 1.** Hasil *Computer Cutting data Service* dengan 6 ukuran *undersize cutter Slot Drill HSS* yang berbeda akibat proses *regrinding*.

undersize cutter	Vc (m/min)	Vf (mm/min)	Q (cm <sup>3</sup> /min)	T (minutes)	n	VT <sup>n</sup>
New	314	950	577,6	147	0,156	683,961
White	311	940	571,5	149	0,155	673,341
Green	306	920	559,4	152	0,154	663,323
Yellow	298	900	547,2	156	0,153	645,303
Blue	291	880	535	159	0,152	628,789
Red	283	760	462,1	171	0,151	615,132

Dari Tabel 1 diatas memaparkan parameter pemotongan yaitu *cutting speed, feed, chip removal, Tool Life* dan konstanta dari *taylor Tool Life equation* yang terjadi pada *cutter HSS* dan *cutter Slot Drill carbide* akibat proses *regrinding* dari *undersize new* hingga *red*.

**Tabel 2.** Hasil *Computer Cutting data Service* dengan 6 ukuran *undersize cutter Slot Drill carbide* yang berbeda akibat proses *regrinding*.

undersize cutter	Vc (m/min)	Vf (mm/min)	Q (cm <sup>3</sup> /min)	T (minutes)	n	VT <sup>n</sup>
New	314	850	517,700	669	0,156	866,355
White	311	840	507,400	671	0,155	852,908
Green	306	830	505,600	673	0,154	834,133
Yellow	298	810	493,200	678	0,153	807,968
Blue	291	790	480,700	693	0,152	786,474
Red	283	690	418	698	0,151	760,691

Dari Tabel 2 diatas memaparkan parameter pemotongan yaitu *cutting speed, feed, chip removal, Tool Life* dan konstanta dari *taylor Tool Life equation* yang terjadi pada *cutter carbide* akibat proses *regrinding* dari *undersize new* hingga *red*.

Terdapat beberapa analisa yang dilakukan dari hasil pengolahan data pertama yaitu perbandingan *cutter HSS* dan *cutter carbide* dengan parameter yang sama, kemudian dari pengolahan data yang kedua mengenai pengaruh proses *regrinding* terhadap parameter pemotongan.

Pengaruh parameter pemotongan yang sama terhadap umur *cutter*. Dari pengolahan data pertama dapat disajikan dalam bentuk tabel agar mempermudah dalam membandingkan kemampuan dari *cutter Slot Drill HSS* dan *carbide* pada keadaan pemotongan yang sama.

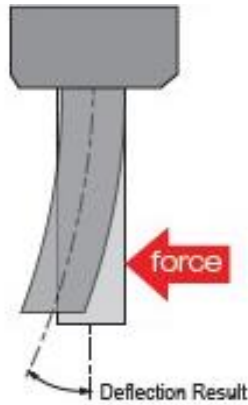
**Tabel 3.** Hasil *Computer Cutting data Service* cutter Slot Drill antara HSS dan carbide

Jenis cutter	n (rpm)	Vc (m/min)	Fz (mm)	Vf (mm/min)	P (KW)	Q (cm <sup>3</sup> /min)	T (min)
HSS	5000	314	0,068	680	7,2	413,4	162
Carbide	5000	314	0,068	680	7,2	413,4	706

Dari Tabel 3 diatas dapat dilihat untuk kecepatan spindle, kecepatan potong dan kecepatan makan yang sama maka daya yang dibutuhkan dan *chip removal* yang dihasilkan sama namun untuk umur *cutter* dengan material *carbide* memiliki umur lebih lama dan juga konstanta umur pahat yang lebih tinggi. Hal tersebut dipengaruhi dari jenis material penyusun itu sendiri, dimana pada PT. Dirgantara Indonesia menggunakan *carbide K10* yaitu dengan komposisi 6% *cobalt* dengan memiliki nilai kekerasan sekitar

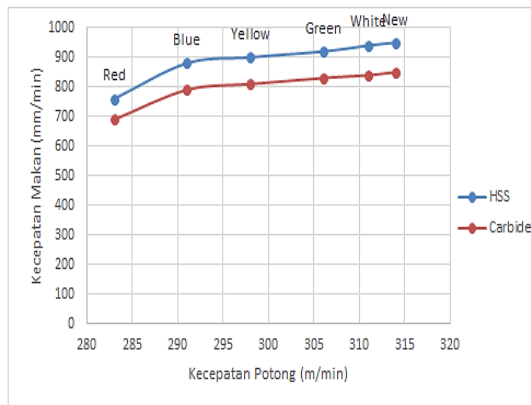
91,8 HR<sub>A</sub> yang lebih tinggi dibanding dengan *cutter HSS* dengan nilai sekitar 60 HRc.

Hasil inilah yang berpengaruh pada umur *cutter* karena semakin keras material *cutter* maka akan meminimalisir terjadinya defleksi karena rigiditas *cutter* yang lebih tinggi sehingga mampu bekerja lebih optimal. Defleksi juga dipengaruhi faktor lain selain rigiditas dari *cutter* yaitu diameter *cutter*, Dalam pemotongan, kecepatan spindle, kecepatan potong dan kecepatan makan. Meski *cutter carbide* lebih unggul dalam hal performa namun dari segi harga yang lebih tinggi juga menjadi pertimbangan.



**Gambar 5** Defleksi pada *cutter*

Analisa dari data yaitu kedua pengaruh kecepatan potong terhadap kecepatan makan, dimana disajikan 2 tabel dari jenis *cutter* yaitu *HSS* dan *carbide* dengan *undersize cutter* yang berbeda akibat proses *regrinding*. Dari tabel tersebut dapat disajikan dalam bentuk grafik berikut :



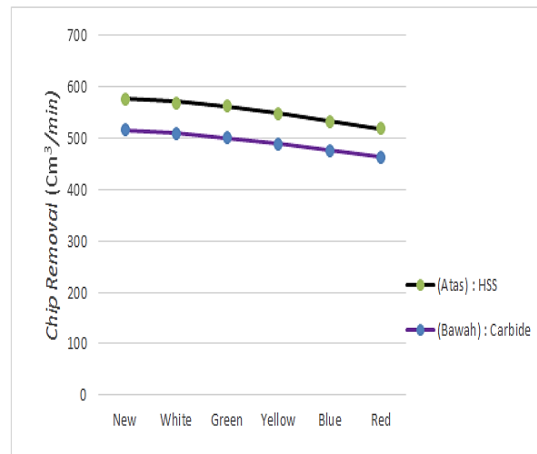
**Gambar 6.** Grafik perbandingan kecepatan potong terhadap kecepatan makan *cutter HSS* dan *Carbide*

Dari Gambar 6 dapat dilihat kecepatan potong berbanding lurus dengan dengan kecepatan makan, semakin tinggi kecepatan potong maka kecepatan makan juga semakin tinggi, hal ini berpengaruh dengan *surface roughness* benda kerja yang dihasilkan. Mempertahankan kecepatan makan tetap rendah pada kecepatan potong yang tinggi juga merupakan cara yang baik untuk menghasilkan

permukaan benda kerja yang lebih halus dan mampu membuat umur *cutter* lebih panjang.

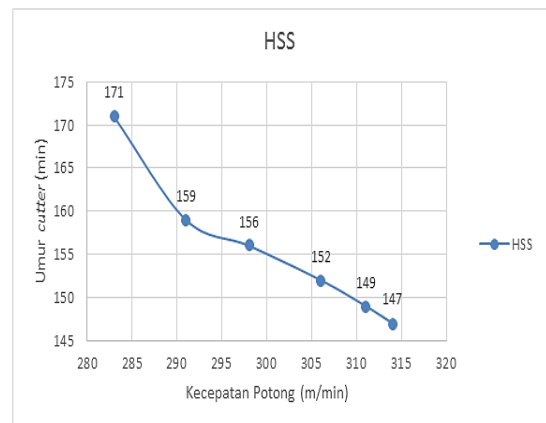
Dari grafik juga dapat dilihat level *cutter* dari ukuran *new, white, green, yellow, blue* dan *red* mengalami penurunan kecepatan makan dan kecepatan potong. hal ini terjadi karena adanya pengurangan diameter pada *cutter* karena proses *regrinding*, karena besarnya diameter ini besarnya berbanding lurus dengan kecepatan potong.

Pengaruh level *cutter* terhadap *chip removal*, terlihat pada Gambar 7 dimana level *cutter* karena proses *regrinding* akan mempengaruhi dari *chip removal* yang dihasilkan. Berkurangnya *chip removal* sendiri karena adanya penurunan kecepatan potong dan kecepatan makan akibat proses *regrinding* yang mengurangi diameter *cutter* sehingga dapat mengurangi kecepatan makan, kecepatan makan inilah yang berpengaruh pada besarnya penghasilan *chip removal*.

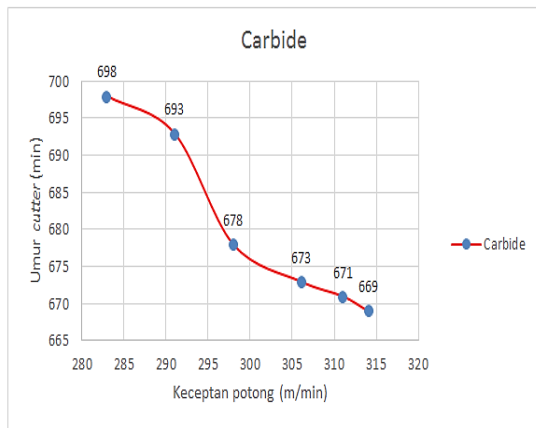


**Gambar 7.** Grafik perbandingan pengaruh level *cutter* terhadap *chip removal*

Proses *regrinding* menggunakan bahan yang berbeda antara *cutter Slot Drill HSS* dan *carbide*, dimana pada *cutter carbide* menggunakan bahan *diamond* yang harganya jauh lebih mahal dibanding dengan *cutter HSS* yang menggunakan *CBN (cubic borone nitrite)*.



**Gambar 8** Grafik perbandingan pengaruh kecepatan potong terhadap umur *cutter Slot Drill HSS*



**Gambar 9** Grafik perbandingan pengaruh kecepatan potong terhadap umur *cutter Slot Drill carbide*

Dari grafik Gambar 8 dan 9 diatas kecepatan potong berbanding terbalik dengan umur *cutter*, dimana semakin cepat kecepatan potong maka umur *cutter* akan semakin rendah hal ini terjadi karena gerak makan akan meningkat seperti yang telah dijelaskan sebelumnya sehingga gesekan antara *cutter* dan benda kerja akan meningkat dan defleksi pun akan lebih tinggi.

Dapat dilihat pada kecepatan potong yang sama *cutter carbide* mempunyai umur yang lebih panjang, hal ini jelas menguntungkan karena akan menghemat biaya *regrinding Cutter carbide* yang jangka waktunya lebih lama, namun memang memakan biaya banyak untuk sekali proses *regrinding*. Selain itu *cutter carbide* juga bisa digunakan untuk kecepatan spindle yang lebih tinggi karena karakteristik *cutter carbide* K10 memiliki *compressive strength* dan kekerasan yang tinggi dibanding dengan *HSS*.

Secara performa *cutter carbide* memang lebih baik, namun sangat disayangkan dengan performa *cutter carbide* yang tinggi ini bila hanya digunakan pada mesin dengan kecepatan rendah dan sebaiknya digunakan untuk *high speed machine* karena kekurangan dari *cutter carbide* ini adalah proses *regrinding* yang membutuhkan biaya yang mahal dan harga *cutter carbide* yang lebih mahal dibanding dengan *HSS*.



**Gambar 10.** *Slot Drill Cutter*

Proses *regrinding* tersebut menyebabkan umur *cutter* lebih lama karena adanya penurunan kecepatan, namun secara performa tetap akan menurunkan kualitas *cutter* apabila digunakan pada kecepatan makan yang sama, hal ini dapat dilihat dari nilai *taylor Tool Life equation* yang menunjukkan nilai konstanta yang dipengaruhi oleh umur *cutter* dan kecepatan makan, dimana semakin tinggi nilai konstantanya maka kualitas *cutter* ini akan semakin baik.

#### 4 KESIMPULAN

Hasil dari penelitian pengaruh jenis material *cutter Slot Drill* dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Pada kecepatan potong yang sama *cutter carbide* mempunyai umur yang lebih panjang dibanding *HSS* karena rigiditas *cutter* yang lebih tinggi sehingga mampu bekerja lebih optimal.
2. Mempertahankan kecepatan makan tetap rendah pada kecepatan potong yang tinggi juga merupakan cara yang baik untuk menghasilkan permukaan benda kerja yang lebih halus dan mampu membuat umur *cutter* lebih panjang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adebis, Patrick i O.A, Ganiyu Lawal, Oluwatoyin Oluseye, Ganiyu Odunaiya, *Analysing the effect of cutting fluids on the mechanical properties of mild*, Department of Mechanical Engineering, Lagos State University, Nigeria, 2010.
- [2] Budi, faris setyawan, Pengaruh geometri sudut pahat *High speed steel* HSS terhadap umur pahat dan penyusunan *standard operating procedure* (SOP) pengasahan pahat pada proses bubut alumunium paduan rendah skripsi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik UNS Surakarta, 2011.
- [3] Mikell P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufactur 4<sup>th</sup> Edition*, John Willey & Sons Inc, United States, 2009.
- [4] Fajar,kurniawan, Study tentang *cutting forcemesin* bubut (desain dynamometer sederhana), Teknik Mesin UMS, Surakarta, 2011.
- [5] Milton, c shaw, *Metal Cutting Principle 2<sup>rd</sup>*, Oxford University, Newyork, 2005.
- [6] Geoffrey Boothryd, *Fundamentals of Maching and Machine Tools 2<sup>th</sup> Edition*, Universit of Rhode Island, United States, 1989.
- [7] Katalog Korloy *Cutting tools*, 2014-2015, Korea.
- [8] *Helical Machining Guide Book*, United State. 2017.