ANALISA PENGARUH PEMBERIAN CAIRAN PENDINGIN (*ETHYL ALCOHOL*)PENGUCURAN LANGSUNG DAN PENGABUTAN (*SPRAY*) TERHADAP UMUR DAN KEAUSAN PAHAT HSS PADA PROSES *MILLING VERTICAL* BAJA ST 42 DENGAN VARIASI KECEPATAN POTONG

Totok Soegiarto, Andy Setyawan
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus 2 Jl. Karanglo Km.2 Malang

ABSTRACT

A tool life is an important data in planning a machining process. In this research, an experiment was done to study life and wear of HSS cutting tool used in milling process of an steel which has a strength tensile was 42 Kg/mm^2. Conditions of research were used examination without cutting coolant method, sparayed cutting coolant method , and direct gushed method of cutting coolant. Cutting speed was varied with other cutting variables (federate and depth of cut) was set fixed. In this research used Ethyl Alcohol as cutting coolant. Graphical method was used in the analysis to determine exponential (n) and a constant of Taylor Tool Life (C_T).

Keywords : HSS Cutting Tool, Steel of ST 42, Coolant Fluid, Ethyl Alcohol, Tool Life, Tool Wear, Milling.

PENDAHULUAN.

Pada jaman sekarang ini banyak produk yang dibuat untuk memenuhi kebutuhan manusia. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan itu adalah membuat suatu produk dengan proses pemesinan sesuai dengan bentuk produk yang akan dibuat, yang salah satu diantaranya menggunakan proses frais.

Selama proses pemesinan berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami gesekan. Gesekan yang dialami pahat dikarenakan permukaan geram yang mengalir dan permukaan benda kerja yang telah terpotong. Akibat gesekan ini pahat mengalami keausan. Keausan pahat ini akan makin membesar sampai batas tertentu sehingga pahat tidak dapat dipergunakan lagi atau pahat telah mengalami kerusakan. Lamanya waktu untuk mencapai batas keausan ini yang didefinisikan sebagai umur pahat (*Tool Life*). Data mengenai umur pahat ini sangat diperlukan dalam perencanaan proses pemesinan suatu komponen/produk. Pahat yang mengalami keausan akan mempengaruhi ketelitian produk yang dihasilkan.

Umur pahat ini sangat dipengaruhi oleh berbagai macam variabel proses, yakni jenis proses pemesinan, material benda kerja dan pahat, geometri pahat, kondisi pemesinan/ pemotongan dan cairan pendingin (*coolant*) yang dipergunakan. Untuk mendapatkan efisiensi yang maksimal dari pahat, maka diharapkan sedapat mungkin pahat dapat dipertahankan dalam waktu pemotongan yang lama sehingga tidak mengganggu proses pemesinan. Salah satu cara mencapai hal tersebut maka diberikan cairan pendingin agar kondisi pemesinan yang melibatkan gaya gesek yang besar

dan mengakibatkan panas dapat di kurangi untuk mempertahankan keadaan pahat.

Umur pahat secara pasti diketahui dari hasil pengujian pemesinan untuk pasangan material benda kerja dan pahat tertentu. Jenis material benda kerja yang berbeda akan memberikan umur pahat yang berbeda juga. Dalam aplikasinya pahat digunakan untuk memotong berbagai macam benda kerja. Jadi untuk setiap pahat dan setiap material benda kerja harus mempunyai data umur dan kondisi pemotongan tertentu dalam setiap perencanaan proses pemesinan.

Umur pahat merupakan suatu data pemesinan yang sangat penting dalam perencanaan pemesinan. Persoalan yang timbul adalah sebagai berikut :

Adakah pengaruh pemberian cairan pendingin dengan metode pengucuran langsung dan pengabutan terhadap keausan dan umur pahat HSS pada proses pemfraisan baja ST 42 dengan variasi kecepatan pemotongan yang berbeda?

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui adanya pengaruh pemberian cairan pendingin (*ethyl alcohol*) dengan cara pengucuran langsung dan cara pengabutan (*spray*) terhadap umur pahat HSS khususnya pahat *Ground End Mill* pada berbagai variasi kecepatan pemotongan yang digunakan untuk memotong baja ST 42.

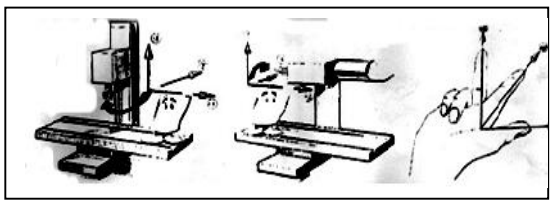
TINJAUAN PUSTAKA

Proses pemesinan (*Machining Process*) adalah proses mengubah bentuk benda kerja dengan menghilangkan sebagian material benda kerja menggunakan pahat yang dipasang pada mesin-mesin perkakas. Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan menjadi komponen yang dikehendaki.

Pada proses pemesinan segala komponen mulai mesin perkakas dan bagian-bagiannya, pahat, material benda kerja, dan seluruh komponen lain yang mempengaruhinya haruslah selalu diperhatikan untuk memperoleh hasil yang optimal. Oleh karena itu sampai saat ini berbagai penelitian mengenai proses pemesinan tetap dilakukan.

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Dalam perkembangan selanjutnya komputer telah diaplikasikan ke dalam mesin perkakas yang salah satunya adalah mesin frais.

Mesin *Milling* CNC **TU - 3A** dikontrol oleh komputer, sehingga semua gerakan akan bergerak secara otomatis sesuai perintah program yang diberikan, sehingga dengan program yang sama mesin CNC dapat diperintahkan untuk mengulangi proses pelaksanaan secara terus menerus.



Mekanisme Keausan & Kerusakan Pahat

Berdasarkan hasil-hasil penelitian mengenai keausan dan kerusakan pahat dapat disimpulkan bahwa penyebab keausan dan kerusakan pahat dapat

merupakan suatu faktor yang dominan atau gabungan beberapa faktor tertentu.

2.1 Kriteria Umur Pahat

Semakin besar keausan/ kerusakan pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis.

Jikalau pahat tersebut masih terus digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu saat ujung pahat rusak fatal. Kerusakan seperti ini tidak boleh terjadi karena gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusakkan seluruh pahat, mesin perkakas dan benda kerja, serta membahayakan operator. Oleh sebab itu perlu diberikan batas kritis dimana pahat tidak boleh digunakan. Batas keausan tepi bagi suatu jenis pahat untuk memotong suatu jenis benda kerja adalah :

Table 1. Batas Keausan Kritis

Pahat	Benda Kerja	VB (mm)	K (mm)
HSS	Baja & Besi Tuang	0.3 s/d 0.8	-
Karbida	Baja	0.2 s/d 0.6	0.3
Karbida	Besi Tuang & Non Ferrous	0.4 s/d 0.6	0.3
Keramik	Baja & Besi Tuang	0.3	-

(Taufiq Rochim, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan)

Semakin keras pahat yang digunakan atau semakin tinggi gaya pemotongan spesifik maka perlu batas keausan yang rendah. Dalam pengukuran dimensi keausan secara langsung memerlukan penghentian atau interupsi proses permesinan, pengambilan pahat, pengukuran keausan dan pemasangan kembali.

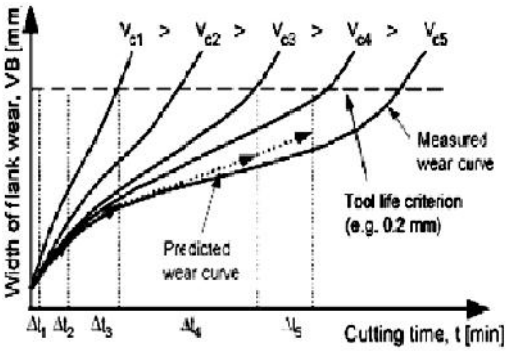
Keausan pahat akan menimbulkan efek samping yaitu :

- Kenaikan gaya potong
- Getaran/ *chatter*
- Penurunan kehalusan permukaan hasil permesinan.
- Perubahan dimensi/ geometri produk.

Umur pahat dapat ditentukan mulai dengan pahat baru sampai pahat yang bersangkutan dianggap tidak digunakan lagi (mencapai batas keausan). Dimensi dari umur pahat dapat merupakan besaran waktu (menit), yang dapat dihitung secara langsung maupun secara tidak langsung dengan cara mengorelasikan besaran yang lain. Hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah prosedur perhitungan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan

2.2 Pertumbuhan Keausan

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi (*flank wear*) pada umumnya mengikuti bentuk, yaitu dimulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan dan kemudian pertumbuhan yang cepat terjadi lagi. Saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat, dan hal ini umumnya terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai saat batas ini, keausan tepi (VB) dapat dianggap merupakan fungsi pangkat (power function) dari waktu pemotongan (tc) dan bila digambarkan pada skala dobel logaritma maka mempunyai hubungan linier.



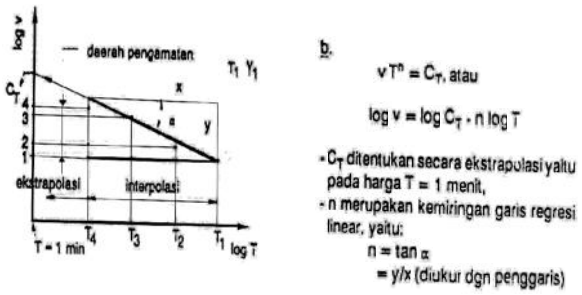
Pertumbuhan Keausan Tepi untuk Gerak Makan Tertentu dan Kecepatan Potong yang Berbeda

(Yusuf Altintas, Manufacturing Automation)

Persamaan yang menunjukan hubungan kecepatan potong dengan umur pahat pertama kali dikemukakan oleh F.W Taylor pada tahun 1907 . Untuk harga yang tetap bagi batas dimensi keausan serta kombinasi pahat dan benda kerja tertentu, maka hubungannya sebagai berikut :

$$V.T^n = C_T$$

$$\log v = \log C_T - .n \log T$$



Cara Memperoleh Nilai Eksponen

Persamaan di atas dikenal dengan nama *Persamaan Umur Pahat Taylor*. Harga Konstanta C_T dan eksponen n diperoleh dengan melakukan praktek pemotongan/permesinan material benda kerja. Semakin kecil harga eksponen n, maka umur pahat yang bersangkutan sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong.

2.3 Cairan Pendingin

Cairan pendingin punya kegunaan dalam proses pemesinan, selain untuk memperpanjang umur pahat cairan pendingin dalam beberapa kasus mampu menurunkan gaya potong & memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/ pembawa geram.

2.4 *Ethyl Alcohol* (C_2H_5OH)

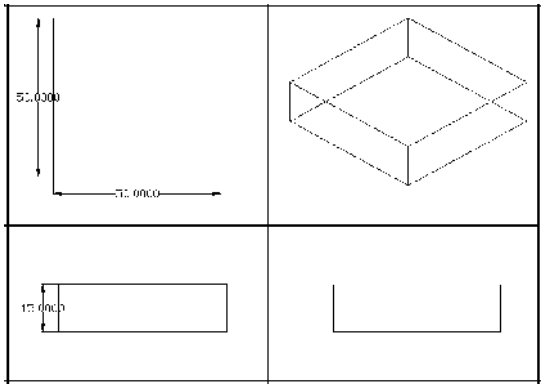
Ethyl alcohol adalah senyawa yang termasuk dalam gugusan alcohol. Rumus umum golongan senyawa alkohol juga dapat ditulis CnH_{2n+1}–OH, sehingga untuk *ethyl alcohol* senyawa kimianya dituliskan C_2H_5OH. *Ethyl alcohol* dapat dibuat dari fermentasi karbohidrat.

2.5 Baja ST 42

Baja ST 42 termasuk baja karbon rendah dengan kadar karbon ≤0,21%. Baja karbon rendah mempunyai struktur *Body Center Cubic* (BCC). Baja karbon rendah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan kekerasan dan ketahanan aus permukaan yang cukup tinggi seperti mur, baut, pipa, tangki dan lain-lain.

Tabel 2. Komposisi baja ST 42

Komposisi Kimia	C	Si	Mn	S
%	≤0.21	0,1-0,35	0,4-1,2	0.14



Ukuran Spesimen dalam mm

Benda uji sebelum dikerjakan

Mesin CNC TU-3A

2.6. Pahat

Pahat yang digunakan adalah pahat HSS yang berjumlah 27 buah dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis : *Ground End Mill* HSS-E
- Merk : KOBE
- Jumlah mata potong: 4 buah
- Dimensi : 4x6x11x55

GROUND END MILL HSS-E

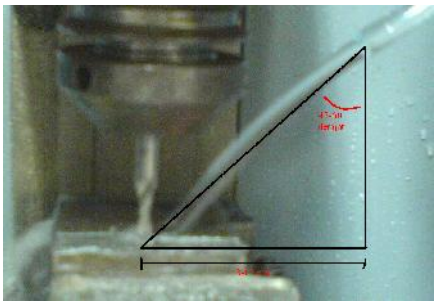
2.7 Cairan Pendingin *Ethyil Alcohol*

Pada pengujian ini cairan pendingin yang digunakan adalah *ethyl alcohol* (C_2H_5OH) 96% sebanyak 12 liter. Pemberian cairan pendingin dilakukan secara kontinu dan cairan pendingin bekas pendingin yang tertampung digunakan untuk cairan pendingin kembali.

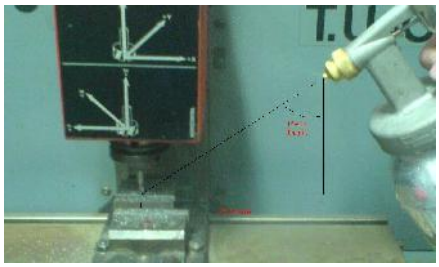
2.8. Pengujian

Pengujian-pengujian yang dilakukan diawali dengan pemasangan benda kerja dan pahat, kemudian *setup* mesin sesuai dengan kecepatan potong yang akan diteliti.

Pengujian dilakukan dalam tiga kecepatan potong (17,584 m/mnt, 21,352 m/mnt, 25,12 m/mnt) dan tiga kondisi pendinginan (tanpa cairan pendingin, cairan pendingin yang dikabutkan, cairan pendingin yang dikucurkan)



Pengerjaan tanpa cairan pendingin **Pengerjaan dengan cairan pendingin yang dikucurkan**

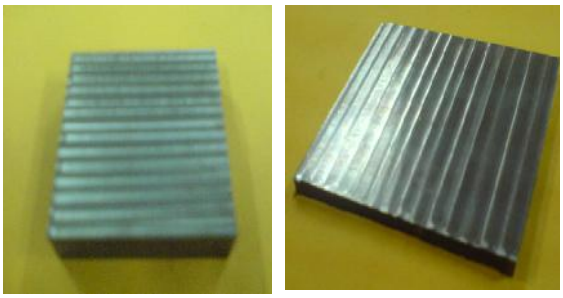


Pengerjaan dengan cairan pendingin yang dikabutkan

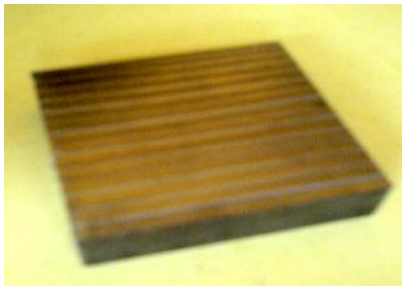
A **B**

A. Pahat yang masih baru (terlihat ujung masih tajam)

B. Pahat yang sudah aus (terlihat ujung sudah tumpul)



Alur-alur pada permukaan bekas pengujian dengan kecepatan potong 17,584 m/menit



Alur-alur pada permukaan bekas pengujian dengan kecepatan potong 25,12 m/menit

Tabel 3 Data Hasil Pengujian

Keterangan	Vf mm/menit	a mm	N rpm	Vc m/menit	Uji	KEAUSAN (mm)								
						0	5'24"	10'48"	16'12"	21'36"	27	32'24"	37'48"	43'12"
	10	0.5	1400	17,584	I	0	0,095	0,13	0,16	0,18	0,20	0,21	0,225	0,245
					II	0	0,08	0,11	0,135	0,155	0,18	0,20	0,22	0,24

Tanpa cairan pendingin					III	0	0,10	0,125	0,145	0,170	0,195	0,21	0,23	0,245
			1700	21,352	I	0	0,12	0,16	0,18	0,20	0,21	0,225	0,245	0,26
					II	0	0,13	0,155	0,18	0,20	0,22	0,24	0,255	0,27
					III	0	0,115	0,170	0,195	0,21	0,23	0,245	0,26	0,275
			2000	25,12	I	0	0,14	0,185	0,23	0,245	0,26	0,27	0,285	0,30
					II	0	0,12	0,19	0,24	0,255	0,275	0,29	0,30	0,31
					III	0	0,14	0,19	0,225	0,245	0,27	0,285	0,295	0,315
Dikabutkan	10	0.5	1400	17,584	I	0	0,085	0,115	0,135	0,155	0,18	0,20	0,215	0,23
					II	0	0,095	0,125	0,145	0,170	0,195	0,21	0,22	0,24
					III	0	0,09	0,11	0,135	0,16	0,18	0,195	0,21	0,225
			1700	21,352	I	0	0,11	0,145	0,170	0,195	0,23	0,245	0,26	0,27
					II	0	0,105	0,16	0,18	0,20	0,225	0,23	0,24	0,255
					III	0	0,12	0,135	0,155	0,18	0,22	0,24	0,245	0,26
			2000	25,12	I	0	0,12	0,18	0,20	0,225	0,245	0,26	0,27	0,28
					II	0	0,125	0,155	0,18	0,22	0,24	0,255	0,27	0,285
					III	0	0,12	0,170	0,195	0,23	0,245	0,26	0,275	0,28
Dikucurkan	10	0.5	1400	17,584	I	0	0,07	0,10	0,11	0,135	0,16	0,18	0,20	0,21
					II	0	0,065	0,105	0,115	0,135	0,155	0,18	0,20	0,22
					III	0	0,08	0,11	0,125	0,145	0,170	0,195	0,21	0,23
			1700	21,352	I	0	0,095	0,13	0,16	0,18	0,20	0,23	0,24	0,255
					II	0	0,09	0,11	0,135	0,155	0,18	0,20	0,24	0,25
					III	0	0,105	0,125	0,145	0,170	0,20	0,225	0,245	0,245
			2000	25,12	I	0	0,11	0,145	0,170	0,195	0,23	0,235	0,245	0,26
					II	0	0,105	0,16	0,18	0,20	0,225	0,23	0,24	0,255
					III	0	0,12	0,135	0,155	0,18	0,22	0,24	0,245	0,26

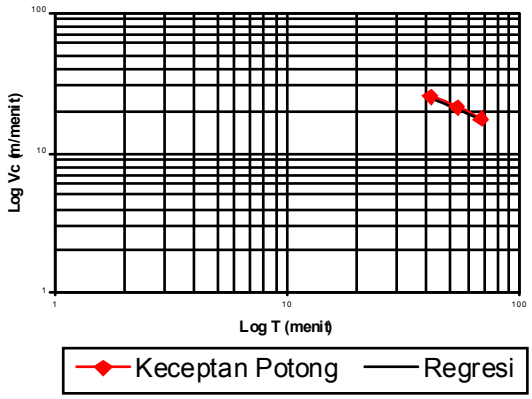
Lanjutan tabel

Keterangan	**Vf mm/menit**	**a mm**	**N rpm**	**Vc m/menit**	**Uji**	**KEAUSAN (mm)**								
						48'36"	**54'**	**59'24"**	**64'48"**	**70'12"**	**75'36"**	**81"**	**86'24"**	**91'48"**
Tanpa cairan pendingin	10	0.5	1400	17,584	I	0,26	0,27	0,28	0,295	0,305	-	-	-	-
					II	0,255	0,27	0,285	0,30	-	-	-	-	-
					III	0,26	0,275	0,28	0,29	0,31	-	-	-	-
			1700	21,352	I	0,27	0,295	0,305	-	-	-	-	-	-
					II	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
					III	0,29	0,31	-	-	-	-	-	-	-
			2000	25,12	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					II	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					III	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dikabutkan	10	0.5	1400	17,584	I	0,24	0,255	0,265	0,27	0,285	0,295	0,31	-	-
					II	0,245	0,25	0,26	0,275	0,28	0,30	-	-	-
					III	0,235	0,245	0,26	0,27	0,28	0,305	-	-	-
			1700	21,352	I	0,285	0,30	-	-	-	-	-	-	-
					II	0,275	0,28	0,29	0,30	-	-	-	-	-
					III	0,27	0,285	0,31	-	-	-	-	-	-
			2000	25,12	I	0,305	-	-	-	-	-	-	-	-
					II	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
					III	0,29	0,31	-	-	-	-	-	-	-

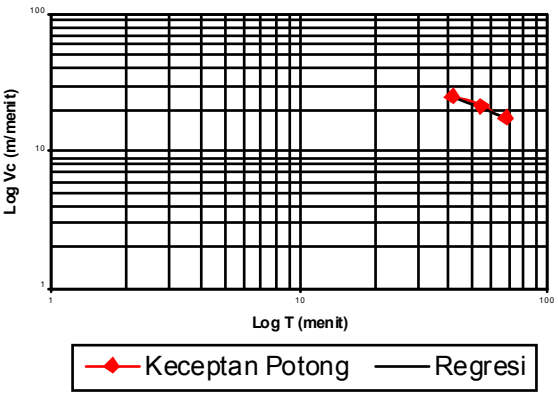
Dikucurkan	10	0.5	1400	17,584	I	0,225	0,235	0,245	0,26	0,27	0,285	0,29	0,30	-
					II	0,23	0,24	0,255	0,265	0,275	0,28	0,29	0,295	0,315
					III	0,24	0,245	0,25	0,26	0,27	0,28	0,295	0,30	-
			1700	21,352	I	0,265	0,27	0,285	0,30	-	-	-	-	-
					II	0,26	0,275	0,28	0,29	0,31	-	-	-	-
					III	0,26	0,27	0,28	0,29	0,295	0,31	-	-	-
			2000	25,12	I	0,27	0,285	0,30	-	-	-	-	-	-
					II	0,275	0,28	0,30	-	-	-	-	-	-
					III	0,27	0,28	0,295	0,305	-	-	-	-	-

Keterangan : (-) = Pahat telah mencapai batas keausan, sehingga pengujian dihentikan.

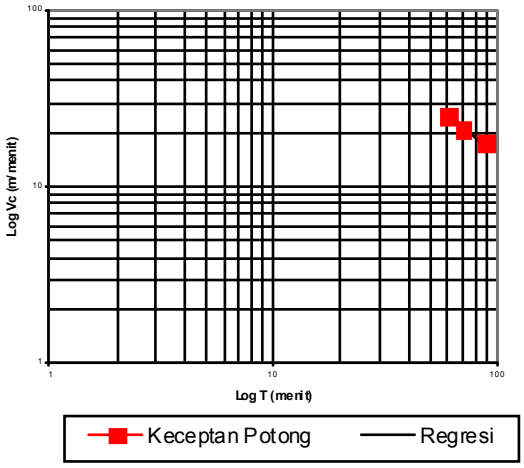
Grafik 3.1 Logaritma Kecepatan Potong-Umur Pahat Pada Pengujian Tanpa Cairan Pendingin

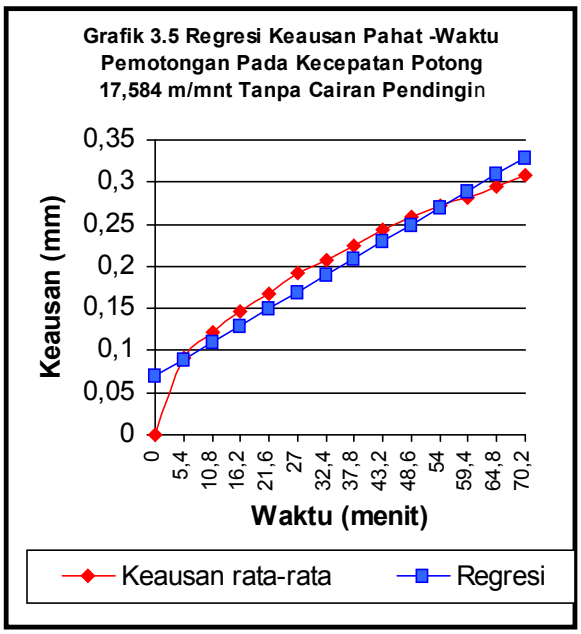


Grafik 3.1 Logaritma Kecepatan Potong-Umur Pahat Pada Pengujian Tanpa Cairan Pendingin

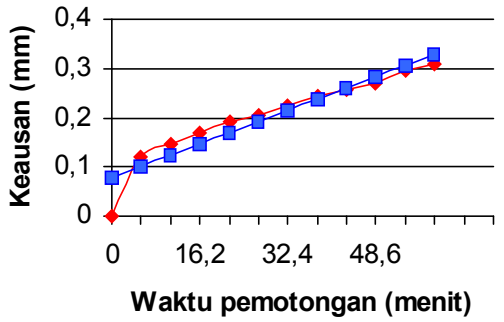


Grafik 3.3 Logaritma Kecepatan Potong-Umur Pahat

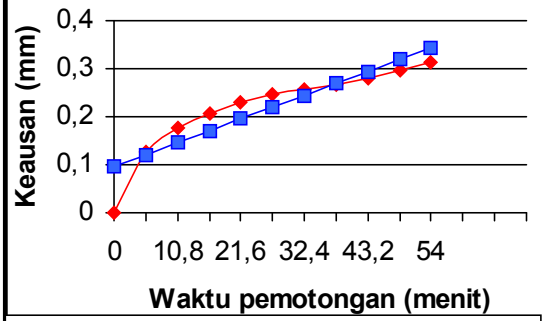




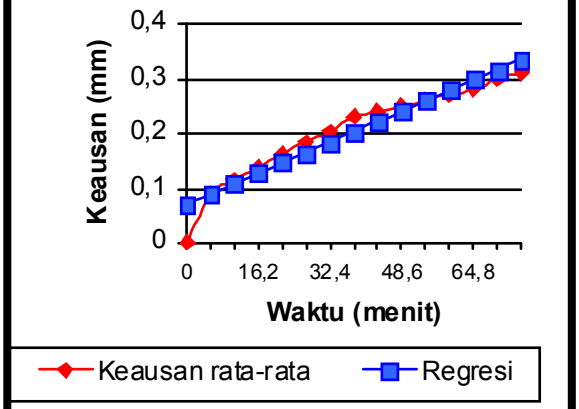
Grafik 3.7 Regresi Keausan Pahat -Waktu Pemotongan Pada Kecepatan Potong 21,352 m/mnt Tanpa Cairan Pendingin



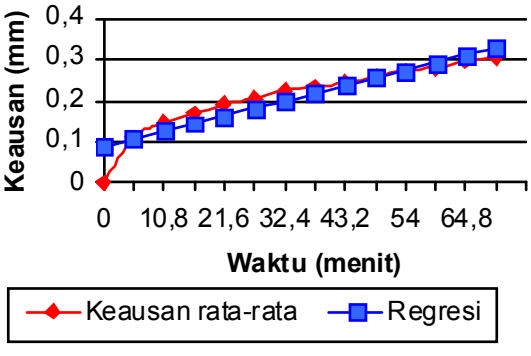
Grafik 3.9 Regresi Keausan Pahat -Waktu Pemotongan Pada Kecepatan Potong 25,12 m/mnt Tanpa Cairan Pendingin



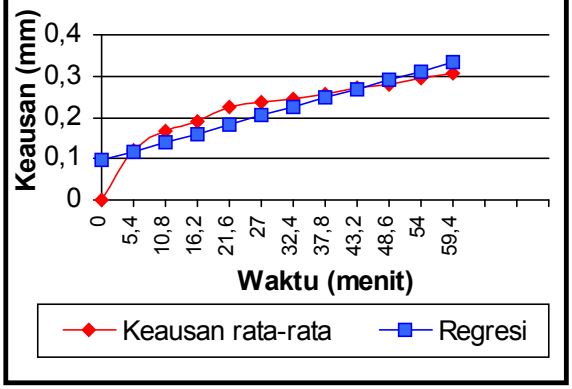
Grafik 3.11 Regresi Keausan Pahat -Waktu Pemotongan Pada Kecepatan Potong 17,584 m/mnt Dengan Metode Pengabutan Cairan Pendingin



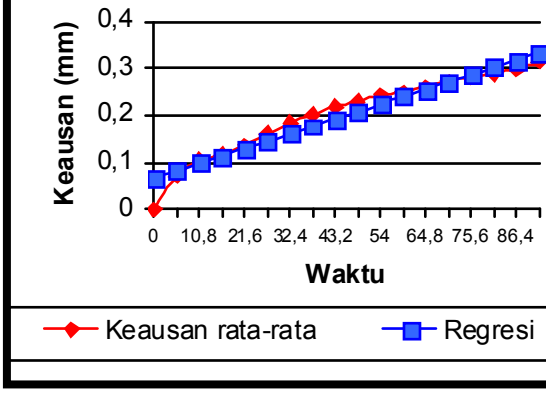
Grafik 3.13 Regresi Keausan Pahat -Waktu Pemotongan Pada Kecepatan Potong 21,352 m/mnt Dengan Metode Pengabutan Cairan Pendingin

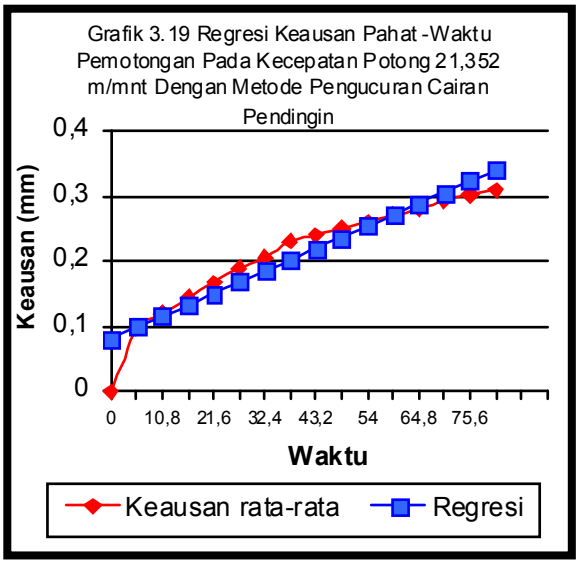


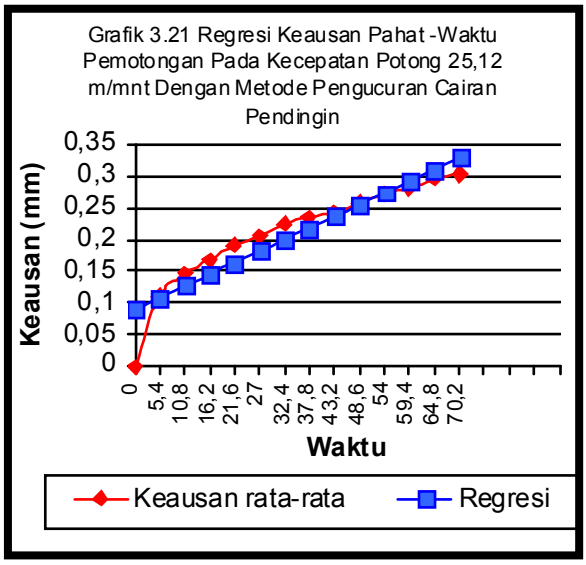
Grafik 3.15 Regresi Keausan Pahat -Waktu Pemotongan Pada Kecepatan Potong 25,12 m/mnt Dengan Metode Pengabutan Cairan Pendingin



Grafik 3.17 Regresi Keausan Pahat -Waktu Pemotongan Pada Kecepatan Potong 17,584 m/mnt Dengan Metode Pengucuran Cairan Pendingin







KESIMPULAN

Dari analisa data dan pembahasan pada pengerjaan tanpa cairan pendingin diperoleh umur pahat rata-rata pada tiap variasi kecepatan potong, yaitu : umur pahat rata-rata pada kecepatan potong 17,584 m/menit adalah 68,4 menit, umur pahat rata-rata pada kecepatan potong 21,352 m/menit adalah 54 menit, umur pahat rata-rata pada kecepatan potong 25,12 m/menit adalah 41,4 menit. Dan dengan rumus umur pahat Taylor, maka dapat diperoleh persamaan umur pahat Taylor untuk kombinasi pahat HSS-E dengan benda kerja Baja ST 42 pada pengujian tanpa cairan pendingin diperoleh harga eksponen n = 0,7122 dan konstanta C_T = 355. Sehingga persamaan umur pahat Taylor adalah $V.T^{n} = CT \rightarrow V.T^{0,7122} = 355$

Dari analisa data dan pembahasan pengaruh pemberian cairan pendingin *(Ethyl Alcohol)* dengan metode pengabutan *(spray)* dapat memberikan umur pahat yang lebih lama bila dibandingkan dengan pengerjaan tanpa pemberian cairan pendingin pada tiap-tiap variasi kecepatan potong yang diberikan, yaitu : pada kecepatan potong 17,584 m/menit umur pahat rata-rata menjadi 77,4 menit (± 13,16 % lebih lama daripada pengerjaan tanpa cairan pendingin), pada kecepatan potong 21,352 m/menit umur pahat rata-rata menjadi 59,4 menit (± 10 % lebih lama daripada pengerjaan tanpa cairan pendingin), pada kecepatan potong 25,12 m/menit umur pahat rata-rata menjadi 50,4 menit (± 21,74 % lebih lama daripada pengerjaan tanpa cairan pendingin). Dan dengan rumus umur pahat Taylor, maka dapat diperoleh persamaan umur pahat Taylor untuk kombinasi pahat HSS-E dengan benda kerja Baja ST 42 pada pengujian dengan cairan pendingin *(Ethyl Alcohol)* yang dikabutkan diperoleh harga eksponen n = 0,809 dan konstanta C_T = 560. Sehingga persamaan umur pahat Taylor adalah $V.T^{n} = CT \rightarrow V.T^{0,809} = 560$.

Dari analisa data dan pembahasan pengaruh pemberian cairan pendingin *(Ethyl Alcohol)* dengan metode

pengucuran langsung dapat memberikan umur pahat yang lebih lama bila dibandingkan dengan pengerjaan tanpa pemberian cairan pendingin pada tiap-tiap variasi kecepatan potong yang diberikan, yaitu : pada kecepatan potong 17,584 m/menit umur pahat rata-rata menjadi 88,2 menit (± 28,95 % lebih lama daripada pengerjaan tanpa cairan pendingin), pada kecepatan potong 21,352 m/menit umur pahat rata-rata menjadi 70,2 menit (± 30 % lebih lama daripada pengerjaan tanpa cairan pendingin), pada kecepatan potong 25,12 m/menit umur pahat rata-rata menjadi 61,2 menit (± 37,83 % lebih lama daripada pengerjaan tanpa cairan pendingin). Dan dengan rumus umur pahat Taylor, maka dapat diperoleh persamaan umur pahat Taylor untuk kombinasi pahat HSS-E dengan benda kerja Baja ST 42 pada pengujian dengan cairan pendingin *(Ethyl Alcohol)* yang dikucurkan langsung diperoleh harga eksponen n = 0,9586 dan konstanta C_T = 1269. Sehingga persamaan umur pahat Taylor adalah $V.T^{n} = CT \rightarrow V.T^{0,9586} = 1269$.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kenaikan kecepatan potong (Vc) akan mempercepat terjadinya keausan tepi pahat (VB) yang menyebabkan umur pahat akan menurun. pemberian cairan pendingin *(Ethyl Alcohol)* dengan metode pengucuran langsung dapat memberikan umur yang lebih lama bila dibandingkan dengan pemberian cairan pendingin dengan metode pengabutan *(spray)* atau pada pengerjaan tanpa cairan pendingin. Hasil persamaan umur pahat Taylor pahat HSS-E dengan benda kerja Baja ST 42 pada pengerjaan tanpa pemberian cairan pendingin, pada pengerjaan dengan metode pemberian cairan pendingin *(Ethyl Alcohol)* yang dikabutkan *(spray)* dan pada pengerjaan dengan metode pemberian cairan pendingin *(Ethyl Alcohol)* yang dikucurkan memberikan harga eksponen (n) dan konstanta (C_T) yang berbeda, semakin besar nilai n maka metode pengerjaan memiliki nilai yang lebih baik pada kecepatan potong yang tinggi. Untuk pengujian selanjutnya sebaiknya digunakan alat ukur yang lebih teliti dan pengamatan yang lebih cermat untuk memperoleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Altintas, Yusuf;1954, *Manufacturing Automation*, Cambridge University Press
2. B.H.AMSTEAD-Bambang Priambodo;1992, *Teknologi Mekanik Jilid 2*, Erlangga. Jakarta
3. Handbook of comparative world steel standards
4. Rochim, Taufiq;1993 : *Teori Dan Teknologi Proses Permesinan* ,ITB Bandung
5. Sudjana; 2002 : *Metode Statistika*, Edisi keenam, Tarsito, Bandung.
6. Student's Handbook EMCO TU-3A
7. Wongsotjitro, Soetomo; 1982, *Buku Polyteknik*, Sumur Bandung.
8. http://cleanerproduction.curtin.edu.au/resources/industry/metals/managenent_coolants.pdf
9. http://Alkohol - Wikipedia Indonesia/ensiklopedia bebas berbahasa Indonesia.mht

10. http://Situs Web Kimia Indonesia Belajar Online.mht
11. www.anu.edu.au/BoZo/policy_docs/Stores18-4-07.pdf
12. www.hssonline.org/publications/Newsletter_Archives/2002/HSSNewsletterApril2002.pdf
13. www.mbmpraha.cz/pdfkatalogy/Dormer/Hbook.pdf