

ANALISA PENGARUH KECEPATAN POTONG PROSES PEMBUBUTAN BAJA AMUTIT K 460 TERHADAP UMUR PAHAT HSS

H. Makmur

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

RINGKASAN

Proses pemotongan (cutting technology) dipengaruhi oleh dua aspek utama yaitu gaya potong dan temperatur. Gaya potong yang terlalu besar, melebihi kemampuan yang dimiliki material perkakas akan dapat menyebabkan keretakan/patah pada perkakas, sedang temperatur akan meningkat bila gaya gesek antara pahat potong dengan serpihan benda kerja terlalu besar, kedua faktor ini akan mempengaruhi umur pahat. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan potong (V_c) terhadap umur pahat HSS, pada proses pembubutan baja Amutit K 460. Umur pahat bubut jenis High Speed Steels (HSS) yang digunakan pada pengujian ini dengan kecepatan potong (V_c) yang bervariasi untuk $V_c = 44$ m/min umur pahat $T = 5,71$ menit, $V_c = 32$ m/min umur pahat (T) = 14,13 menit dan $V_c = 24$ m/min umur pahat (T) = 29,31 menit. Secara teoritis umur pahat untuk kondisi proses pembubutan dengan pahat HSS dapat diperkirakan dengan persamaan Taylor $T = (81,10^2/V_c)^{1/n}$, untuk kondisi kecepatan potong (V_c) = 44 m/min umur pahat (T) = 5,80 menit, $V_c = 32$ m/min umur pahat $T = 13,70$ menit dan $V_c = 24$ m/min umur pahat $T = 29,77$ menit. Perbedaan umur pahat dari hasil pengujian dan teoritis tidak terlalu besar. Semakin tinggi harga V_c , semakin pendek umur pahat tersebut, atau semakin kecil harga V_c , semakin panjang umur pahat tersebut.

Kata kunci : Kecepatan potong, Umur pahat dan Baja Amutit K 460

PENDAHULUAN

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin pada umumnya berbentuk silindris. Prinsip dasarnya adalah proses pemesinan permukaan luar dan dalam benda silindris seperti poros, lubang/bor, ulir, dan tirus. Dalam pemesinan poros berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran, sesuai dengan fungsinya poros dirancang agar kuat dan kokoh dalam menerima beban yang ditanggungnya [7,12], poros mempunyai kekuatan dan kekerasan sehingga material yang digunakan untuk poros dibuat dari baja carbon menengah kandungan karbon pada baja ini 0,30% - 0,80% [2,12].

Pada umumnya proses pembuatan poros dikerjakan pada mesin bubut, menggunakan pahat/perkakas potong terhadap benda kerja yang berputar.

Perkakas potong (*cutting tool*) adalah bagian yang paling kritis dari suatu proses pemesinan. Material, parameter dan geometri dari perkakas potong serta gaya pemotongan akan menentukan suatu proses pemesinan dan akan mempengaruhi umur dari pahat/perkakas potong tersebut [4,5,10]. Dalam proses pemesinan yang sering mengalami penggantian adalah pahat. Pahat merupakan komponen produksi yang dapat habis dan harganya relatif mahal. Pahat akan

mengalami keausan setelah digunakan untuk pemotongan. Semakin besar keausan pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat terus digunakan maka keausan pahat akan semakin cepat, dan pada suatu saat ujung pahat sama sekali akan rusak. Kerusakan fatal harus dihindari terjadi pada pahat, sebab gaya pemotongan yang sangat tinggi akan merusak pahat, mesin perkakas, benda kerja, dan dapat membahayakan operator, serta berpengaruh besar pada toleransi geometrik dan kualitas produksi. [4,10,11]

Pada dasarnya keausan akan menentukan batasan umur pahat. Pemilihan bentuk/jenis pahat, material benda kerja dan kondisi pemotongan yang tidak tepat akan berpengaruh terhadap karakteristik pahat tersebut. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh jenis pahat potong, material benda kerja, dan kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong dan gerak makan) terhadap keausan pahat bubut. Kecepatan potong (*cutting speed*) tidak dapat dipilih sembarangan, bila kecepatan potong rendah akan memakan waktu dalam dalam mengerjakannya. Bila kecepatan terlalu tinggi pahat akan kehilangan kekerasan (karena panas), pahat cepat aus. dan umur pahat pendek pahat harus diganti dengan yang baru, oleh sebab itu kecepatan potong, dan kedalaman pemakanan harus ditentukan sesuai dengan dimensi karakter benda kerja [4,10,11]. Kedalaman pemakanan selama proses permesinan bubut berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja (baja karbon) dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami gesekan. Akibat gerakan pemakanan ini, suatu saat pahat mengalami keausan. Keausan pahat ini akan makin membesar sampai batas tertentu yang disebut umur pahat (*tool life*) maka pahat perlu diasah kembali atau diganti.

Mengoperasikan mesin–mesin perkakas, operator seringkali hanya menggunakan estimasi atau *trial and error* dalam memilih besaran Kecepatan potong (*cutting speed*), Kedalaman pemakanan(*depth of cut*), gerakan pemotongan (*feed*), padahal besaran tersebut berpengaruh pada ausnya pahat (*tool wear*), dan umur pahat (*tool life*). Pahat telah mencapai batas keausan yang telah ditetapkan umurnya dari kriteria berikut : adanya kenaikan gaya potong, terjadinya getaran dan Perubahan dimensi/geometrik produk Dengan menentukan kriteria saat habisnya umur pahat seperti di atas, maka umur pahat dapat ditentukan yaitu mulai dengan pahat baru (setelah diasah atau *insert*), sampai pahat yang bersangkutan dianggap tidak bisa digunakan lagi. Dimensi umur dapat merupakan besaran waktu yang dapat dihitung secara langsung maupun secara tidak langsung dengan mengkorelasikan terhadap besaran lain, hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah prosedur perhitungan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan. [1,3,10].

keausan pahat akan menentukan batasan umur pahat. Pemilihan bentuk/jenis pahat, material benda kerja dan kondisi pahat potong yang tidak optimal akan berpengaruh pada : Ada kecenderungan pahat cepat aus, Kualitas geometrik permukaan benda kerja kasar, Efisiensi pembubutan(produksi) menurun

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik keausan tepi dan umur pahat pahat HSS (*high speed steel*), pada proses pembubutan baja Amutit K 460. Manfaat dari penelitian ini dapat diketahui seberapa besar pengaruh variasi kecepatan potong (*Cutting speed*) terhadap umur pahat HSS dan mengetahui laju keausan serta menentukan variasi gerak pemotongan(*feed*) dan kedalaman

potong (*depth of cut*) optimal untuk proses pembubutan baja Amutit.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metodologi eksperimental, yaitu dengan melakukan pengujian keausan tepi pahat HSS, dan menganalisa data hasil pengujian. Pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium teknologi mekanik Poiteknik Negeri Sriwijaya Palembang, peralatan yang digunakan mesin bubut Maximat V13 EMCO dengan Pahat HSS, benda kerja baja Amutit.

Tinjauan Pustaka

Proses permesinan merupakan suatu proses untuk menciptakan produk melalui tahapan-tahapan dari bahan baku untuk diubah atau diproses dengan cara-cara tertentu secara urut dan sistematis untuk menghasilkan suatu produk yang berfungsi. Dalam proses bubut, terdapat gaya pemotongan (*cutting force*), yaitu Gaya *Radial* (gaya pada kedalaman potong), Gaya *Tangensial* (gaya pada kecepatan potong), dan Gaya *Longitudinal* (gaya pada pemakanan) [1,12]. Faktor yang mempengaruhi gaya potong diantaranya yaitu kedalaman pemotongan (*depth of cut*), gerak pemakanan (*feed rate*), dan kecepatan pemotongan (*cutting speed*).

Gaya-gaya yang bekerja dapat pula ditentukan dengan perumusan empirik diantaranya gaya potong spesifik. Gaya Potong Spesifik(k_s) adalah banyaknya gaya atau energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu unit volume dari logam disebut juga gaya potong spesifik atau energi pemotongan spesifik (*Spesifik Cutting Energy*). Besarnya gaya potong spesifik ini dipengaruhi oleh besarnya ketebalan geram(chip) rata rata yang dihasilkan selama berlangsungnya proses permesinan. Gaya potong spesifik akan meningkat apabila ketebalan geram yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini diperkirakan bahwa gaya

pemotongan yang terjadi adalah konstan dan kemudian menjadi lebih besar dari gaya pemotongan total seiring menurunnya ketebalan geram. Besarnya gaya potong spesifik (k_s) (N/mm^2) [8]. Jika k_s (*specific cutting resistance, N/mm^2*) adalah gaya potong per satuan luas benda kerja, maka *principal force* F_c dapat dihitung:

$$F_c = k_s \times A \dots \dots \dots (1)$$

Daya untuk memutar *spindle* utama pada mesin perkakas dapat dihitung dari perkalian *principal force* (F_c) dengan *cutting speed* (V), gaya pada arah hantaran (*feed*) dan kedalaman potong dapat diabaikan karena relatif kecil [1,3,11].

$$P(Kw) = \frac{F_c (N) \times V}{1000 \times 60} \dots \dots \dots (2)$$

Energi yg diperlukan dalam proses pemotongan, sebagian digunakan untuk deformasi plastis pada bidang geser, sebagian lainnya merupakan gesekan antara geram dan permukaan potong (*rake face*), dan bagian terbesar (97%) berubah menjadi panas sehingga suhu ujung potong menjadi sangat tinggi. Suhu potong (*cutting temperature*) ini sangat berpengaruh terhadap umur pahat [3,11]

Elemen–elemen pada dasar pemotongan pada proses bubut dapat diketahui dengan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar teknik, di mana di dalam gambar teknik dinyatakan spesifikasi geometrik suatu produk komponen mesin yang di gambar. Setelah itu harus dipilih suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya. Salah satu cara atau prosesnya adalah dengan membubut, pengerjaan produk, komponen mesin, dan alat–alat menggunakan mesin bubut akan ditemui dalam setiap perencanaan proses permesinan. Untuk itu perlu kita pahami lima elemen dasar

permesinan bubut [5,6] yaitu : kecepatan potong, gerak makan (*feed rate*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*), waktu pemotongan (*cutting time*) dan kecepatan penghilangan geram (*rate of metal removal*) : z (cm^3/min)

Perencanaan proses bubut tidak hanya menghitung elemen dasar proses bubut, tetapi juga meliputi penentuan/pemilihan material pahat berdasarkan material benda kerja, pemilihan mesin, penentuan cara pengecaman, penentuan langkah kerja penyayatan dari awal benda kerja sampai terbentuk benda kerja jadi, penentuan cara pengukuran dan alat ukur yang digunakan

Elemen dasar dari proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar berikut,:

Kecepatan potong adalah panjang ukuran lilitan pahat terhadap benda kerja atau dapat juga disamakan dengan panjang tatal yang terpotong dalam ukuran meter yang diperkirakan apabila benda kerja berputar selama satu menit. Kecepatan potong ditentukan dengan rumus :

$$V_c = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots(3)$$

Kecepatan gerak pemotongan adalah kecepatan yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap radian per menit. Kecepatan tersebut dihitung tiap menit. Untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan didasarkan pada gerak pemotongan (f). Gerak pemotongan ini biasanya disediakan dalam daftar spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut bersangkutan. Untuk memperoleh kecepatan gerak pemakanan yang kita inginkan kita bisa mengatur gerak makan tersebut. Untuk

menghitung kecepatan gerak pemakanan dapat kita rumuskan sebagai berikut :

$$v = f \cdot n \dots\dots\dots 4$$

Kedalaman pemotongan adalah rata – rata selisih dari diameter benda kerja sebelum dibubut dengan diameter benda kerja setelah di bubut. Kedalaman pemakan dapat diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter). Kedalaman pemotongan dapat diartikan pula dengan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebalnya tatal bekas bubutan. Kedalaman pemotongan dirumuskan sebagai berikut :

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Waktu pemotongan bisa diartikan dengan panjang permesinan tiap kecepatan gerak pemakanan. Satuan waktu permesinan adalah milimeter. Panjang permesinan sendiri adalah panjang pemotongan pada benda kerja ditambah langkah pengawalan ditambah dengan langkah pengakhiran, waktu pemotongan dirumuskan dengan

$$T = \frac{lc}{vf} \dots\dots\dots(6)$$

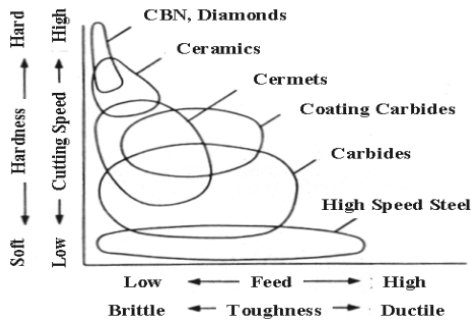
Material Pahat dari material logam pada jenis besi, baja adalah material yang sering digunakan membuat paduan logam lain untuk mendapatkan sifat bahan yang diinginkan. Pada tahun 1898 ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan krom (*Cr*) dan *tungsten / wolffram (W)*. Melalui proses penuangan (*molten metallurgy*) kemudian diikuti pengerolan ataupun penempaan baja ini dibentuk menjadi batang atau silinder [5,10].

Pada kondisi lunak (*annealed*) bahan tersebut dapat diproses secara permesinan menjadi berbagai bentuk pahat potong. Setelah proses laku panas dilaksanakan, kekerasan akan cukup tinggi sehingga dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi sampai dengan 3 kali kecepatan potong untuk pahat CTS (*carbon tools steel*) yang dikenal pada saat itu sekitar 10 m/menit, sehingga dinamakan dengan "Baja Kecepatan Tinggi"; HSS, (*High Speed Steel*). Apabila telah aus HSS dapat diasah sehingga mata potongnya tajam kembali. Sifat keuletan yang relatif baik maka sampai saat ini berbagai jenis HSS masih tetap digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pahat jenis HSS dari bahan baja paduan tinggi dengan perlakuan panas (*heattreatment*).

Pahat yang baik harus memiliki sifat-sifat tertentu, sehingga nantinya dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik (ukuran tepat) dan ekonomis (waktu yang diperlukan pendek). Kekerasan dan kekuatan pahat harus tetap bertahan meskipun pada temperatur tinggi, sifat ini dinamakan *hot hardness*. Ketangguhan (*toughness*) dari pahat diperlukan, sehingga pahat tidak akan pecah atau retak terutama pada saat melakukan pemotongan dengan beban kejut. Ketahanan aus sangat dibutuhkan yaitu ketahanan pahat melakukan pemotongan tanpa terjadi keausan yang cepat. Penentuan material pahat didasarkan pada jenis material benda kerja dan kondisi pemotongan (pengasaran, adanya beban kejut, penghalusan) [5,9].

Material pahat yang biasa digunakan berupa baja karbon dan baja paduan rendah, sekarang jaran digunakan karena tidak memiliki kekerasan merah (*hot hardness*) yang tinggi. Baja kecepatan tinggi, mengandung paduan tinggi, mempunyai kemampuan dikeraskan sangat baik, dan tetap

mempertahankan tepi pemotongan yang baik sampai suhu 650°C. Paduan kobalt cor, mengandung kobalt sekitar 40% sampai dengan 50%. Ketahanan ausnya lebih baik daripada baja kecepatan tinggi, tetapi tidak sebaik karbida sementit. Ketangguhannya lebih baik daripada karbida, tetapi tidak sebaik baja kecepatan tinggi. Kekerasan merahnya terletak diantara baja kecepatan tinggi dan karbida sementit. Karbida sementit, memiliki kekerasan merah yang terbaik diantara material perkakas yang lain yaitu mencapai 1200 °C, tetapi material ini sangat rapuh sehingga didalam pengopersiannya perlu didukung dengan sangat kaku untuk mencegah keretakan. Keramik, dibuat dari serbuk halus oksida aluminium (Al_2O_3) yang dipres dengan tekanan tinggi dan disinter dengan temperatur tinggi tanpa bahan pengikat, biasanya ditambahkan dengan sejumlah kecil oksida yang lain seperti oksida zirconium. Sangat baik digunakan untuk penyelesaian permukaan, tetapi tidak baik untuk operasi pemotongan kasar karena ketangguhannya rendah. Intan sintetik (*synthetic diamonds*); intan dikenal sebagai material yang keras, kekerasannya mencapai tiga sampai empat kali kekerasan karbida tungsten atau oksida aluminium. Perkakas pemotong intan sintetik dibuat dari intan polikristalin, yaitu serbuk halus kristal intan disinter pada temperatur tinggi dan dipres sesuai dengan bentuk yang diinginkan, tanpa bahan pengikat. Intan sintetik digunakan mesin kecepatan tinggi untuk *non-ferrous* dan untuk pengerjaan abrasif material non-logam seperti serat gelas dan grafit. Sifat *hot hardness* dari beberapa material pahat [1,10].



Gambar 1 Kekerasan dan Jenis Material Pahat

Material pahat dari HSS (*high speed steel*) dapat dipilih jenis M atau T. Jenis M berarti pahat HSS yang mengandung unsur *molibdenum*, dan jenis T berarti pahat HSS yang mengandung unsur *tungsten*. Beberapa jenis HSS dapat dilihat pada Tabel 2.1 Jenis Pahat HSS [1,10].

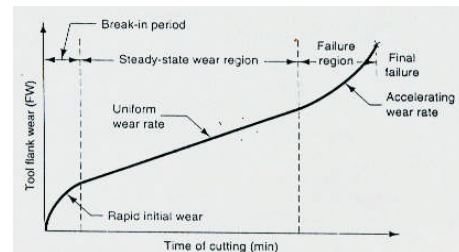
Tabel 1 Jenis Pahat HSS [10]

Jenis HSS	Standart AISI
HSS Konvensional	
Molibdenum HSS	M1, M2, M7, M10
Tungsten HSS	T1, T2
HSS Spesial	
Cobald added HSS	M33, M36, T4, T5, T6
High Vanadium HSS	M3-1, M3-2, M4, T15
High Hardness Co HSS	M41, M42, M43, M44, M45, M46
Cast HSS	
Powdered HSS	
Coated HSS	

Penelitian ini pengujian yang dilakukan pada pahat HSS yang ada di pasaran . Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan, pengujian komposisi kimia. Dengan adanya pengujian terhadap pahat bubut HSS tersebut dapat menunjukkan apakah pahat bubut HSS masih relevan digunakan sebagai alat potong untuk digunakan dalam dunia manufaktur. Spesimen yang digunakan adalah HSS merek *BOHLER MO RAPID EXTRA 1200* dengan ukuran $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ dengan panjang 4".

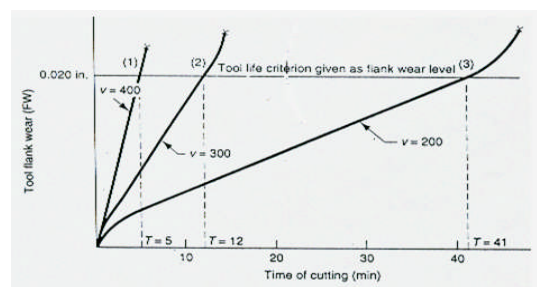
Umur perkakas didefinisikan sebagai panjang waktu potong dimana pahat masih dapat digunakan. Gambar 2.9 menunjukkan kurve hubungan antara keausan dan waktu potong pahat [3,11]. Tiga daerah yang biasanya

digunakan untuk mengidentifikasi laju keausan pahat yaitu : periode peretakan (*break-in period*), yaitu periode keausan yang terjadi sesaat setelah pengoperasian, dimana pada periode ini keausan pahat berjalan sangat cepat terutama pada bagian tajam dari ujung pahat. Daerah keausan konstan (*steady-state wear region*); daerah ini menggambarkan laju keausan sebagai fungsi linear terhadap waktu, Daerah kerusakan (*failure region*); pada periode ini laju keausan pahat berjalan dengan cepat sehingga temperatur potong bertambah tinggi dan efisiensi proses pemessinan berkurang, dan akhirnya pahat menjadi rusak akibat temperatur tinggi.



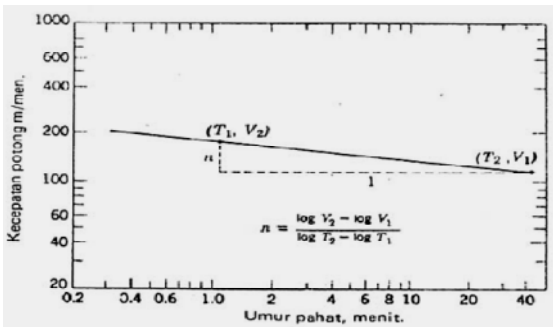
Gambar 2 Keausan Pahat sebagai Fungsi Waktu Pemotongan

Kemiringan (*slope*) kurve pada daerah keausan konstan dipengaruhi oleh Material yang lebih keras akan menyebabkan peningkatan laju keausan (kemiringan kurve bertambah) dan kondisi pemotongan dengan menambah kecepatan potong, hantaran, dan kedalaman potong juga akan menyebabkan peningkatan laju keausan.



Gambar 3 Kurva Keausan Pahat dengan Beberapa Kecepatan Potong

Dengan bertambahnya kecepatan potong, maka laju keausan juga bertambah, sehingga tingkat kerusakan yang sama akan dicapai dalam waktu yang lebih cepat. Bila tiga harga umur perkakas dalam gambar 3 diplot kembali pada grafik hubungan antara kecepatan potong terhadap umur pahat (dalam bentuk grafik logaritme natural), maka hubungan tersebut akan berbentuk garis lurus seperti ditunjukkan dalam gambar 4.



Gambar 4 Hubungan Antara Kecepatan Potong Terhadap Umur Pahat

Hubungan ini ditemukan oleh F.W. Taylor pada sekitar tahun 1900, sehingga persamaannya disebut persamaan umur pahat Taylor [3 4, 11] yaitu :

$$vT^n = C \dots\dots\dots(7)$$

Kriteria Umur Pahat Semakin besar keausan atau kerusakan yang diderita pahat, maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu saat ujung pahat sama sekali akan rusak. Kerusakan fatal seperti ini tidak boleh terjadi, sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusakkan seluruh pahat, mesin perkakas dan benda kerja, serta dapat membahayakan operator. Untuk menghindari hal tersebut ditetapkan suatu batas harga keausan dengan simbol(VB) yang dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tidak boleh

digunakan.

Tabel 2 Nilai Keausan Pahat

Pahat	Benda Kerja	VB (mm)
HSS	Baja dan besi tuang	0,3 – 0,8
Karbida	Baja	0,2 – 0,6
Karbida	Besi tuang dan non ferrous	0,4 – 0,6
Keramik	Baja dan besi tuang	0,3

Material perkakas yang digunakan harus dapat mengatasi gaya potong dan panas akibat gesekan yang dialami, serta akibat pemakaian yang berulang ulang. Geometri perkakas harus dibuat sedemikianrupa sehingga dapat mengurangi terjadinya gesekan antara perkakas dengan benda kerja

Baja kecepatan tinggi memiliki kekuatan dan ketangguhan yang terbaik diantara material perkakas yang lain, tetapi kekerasannya (hot hardness) lebih rendah dibandingkan dengan paduan kobalt, karbida sementit, dan keramik. Ditinjau dari harga pembuatan baja kecepatan tinggi relatif lebih murah dibandingkan material yang memiliki kekerasan tinggi. Oleh karena itu kadang kala diperlukan perubahan geometri perkakas agar memiliki sifat mekanik yang lebih unggul dengan harga yang lebih murah. Beberapa alternatif cara memegang dan menempatkan mata potong untuk pahat mata tunggal

Pengaruh variasi kecepatan potong terhadap umur pahat Dilakukan dengan cara mengukur keausan untuk setiap variasi kecepatan potong. Hasil pengukuran dapat ditampilkan berupa grafik. Grafik yang dihasilkan merupakan hubungan antara dimensi keausan VB (sumbu Y) dan waktu pemotongan tc (sumbu X). Penentuan umur pahat (T1) pada kecepatan potong (V1) dimana kriteria saat berakhirnya umur pahat adalah harga keausan tepi (VB mak) = 0.3 mm.

Penentuan harga eksponen n dan konstanta C dapat dilakukan dengan

menggunakan analisa pendekatan secara grafis dengan menggunakan grafik hubungan antara umur pahat dengan kecepatan potong dengan menggunakan skala dobel logaritma. Konstanta C. ditentukan secara ekstrapolasi yaitu pada harga $T = 1$ menit dan harga eksponen n merupakan kemiringan garis regresi liner.

Alat yang digunakan untuk mengukur keausan tepi pahat adalah *Mitutoyo Profil proyektor*. Pengukuran keausan tepi dilakukan dengan meletakkan dasar pahat pada meja ukur, dimana bidang mata potong Ps diatur sehingga tegak lurus sumbu optik. Dalam hal ini besarnya keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan (mata potong terdekat dipakai sebagai referensi) sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama.

PEMBAHASAN

Dalam proses pembubutan diperlukan gaya pemotongan guna memisahkan sebagian material (*cip*) dari benda kerja aslinya. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses pembubutan antara lain adalah : besar gaya, kedalaman pemotongan(a),= 1,0 mm(ditetapkan), gerak pemotongan/*feeding*(f),=0.2 mm/r [8], dan kecepatan pemotongann(V_c) divariasikan dengan tiga tingkat kecepatan potong.

Nilai umur pahat diukur menggunakan alat *profil proyektor* yang hasilnya berupa *point out*, setelah pengukuran selesai kemudian hasilnya di rata-rata kemudian ditabelkan untuk masing-masing kecepatan potong(V_c).

Tabel 3 Pertumbuhan Keausan dan Umur Pahat pada Kecepatan Potong(V_c)=44 m/min.

Eksperimen	Lc(mm)	T(menit)	VB(mm)
1	50240	1,04	0,105
2	100480	2,28	0,157
3	150720	3,43	0,198
4	200960	4,57	0,265
5	251200	5,71	0,299
6	301440	6,85	0,328

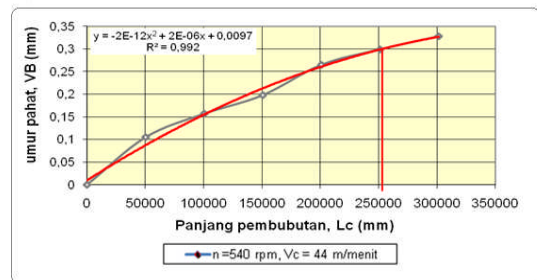
Tabel 4 Pertumbuhan Keausan dan Umur Pahat pada Kecepatan Potong(V_c)=32 m/min.

Eksperimen	Lc(mm)	T(menit)	VB(mm)
1	50240	1,57	0,053
2	100480	3,14	0,094
3	150720	4,71	0,134
4	200960	6,28	0,185
5	251200	7,85	0,207
6	301440	9,42	0,229

Tabel 5 Pertumbuhan Keausan dan Umur Pahat pada Kecepatan Potong(V_c) = 24 m/min,

Eksperimen	Lc(mm)	T(menit)	VB(mm)
1	50240	2,09	0,022
2	100480	4,19	0,054
3	150720	6,28	0,088
4	200960	8,37	0,112
5	251200	10,47	0,149
6	301440	12,56	0,192

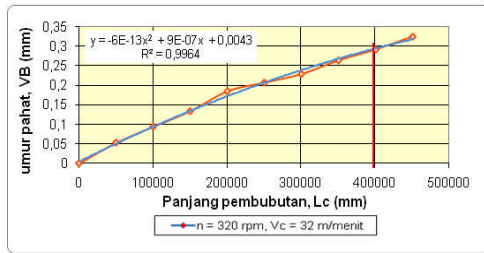
Dari hasil Pengukuran keausan dan umur pahat (VB) terhadap panjang pembubutan ditampilkan pada gambar grafik berikut ini :



Gambar 4 Grafik Laju umur Pahat terhadap Panjang Pembubutan (L_c)

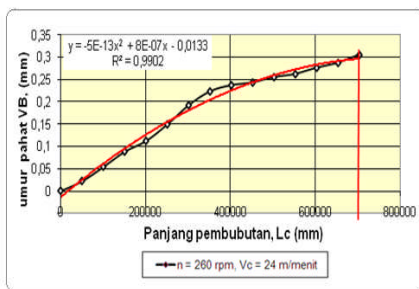
Dari analisa (grafik 4.1) pada putaran spindle(n) = 540 rpm dengan kecepatan potong(V_c) = 44 m/menit, umur pahat(V_b) = 0,3 mm, terjadi pada panjang pembubutan(l_c) ± 220000 mm, di koreksi dengan garis (format) *trendline* kecendrungan grafik tipe

polinomial dengan tingkat kepercayaan 99 %.



Gambar 5 Grafik Laju Umur Pahat terhadap Panjang Pembubutan(Lc)

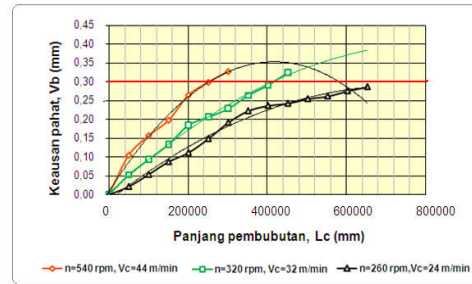
Dari analisa (grafik 4.2) pada putaran spindle(n) = 320 rpm dengan kecepatan potong(V_c) = 32 m/menit, umur pahat(VB) = 03 mm terjadi pada panjang pembubutan(L_c) ± 450000 mm, kecendrungan grafik tipe polinomial dengan tingkat kebenaran 99%.



Gambar 6 Grafik Laju Umur Pahat terhadap Panjang Pembubutan (Lc)

Dari analisa (grafik 4.3) pada putaran spindle(n) = 260 rpm dengan kecepatan potong(V_c) = 24 m/menit, umur pahat(VB) = 0,3 mm pada panjang pembubutan(L_c) 700000 mm, kecendrungan grafik tipe polinomial dengan tingkat kebenaran 99%. Dari rangkuman ke tiga grafik diatas ditampilkan pada grafik 4.4

Rangkuman dari kondisi panjang pemotongan(*turning*) yang memberikan umur pahat yang optimal dari pahat HSS, terhadap pembubutan baja amutit dengan memvariasikan kecepatan potong (V_c) menjadi 3 tingkatan.



Gambar 7 Grafik Laju Umur Pahat terhadap Panjang Pembubutan(lc)

Dari analisa grafik pada putaran spindle(n) = 540 rpm, n = 320 rpm. n =260 rpm dengan kecepatan potong(V_c) = 44, 32, 24 m/menit umur pahat (VB) = 0,3 mm panjang pembubutan yang pendek pada n = 540 rpm, ± 251000 mm sedangkan pada putaran spindle(n) = 260 rpm dengan kecepatan potong(V_c) = 24 m/menit umur pahat (VB)= 0,3 mm lebih panjang yaitu ± 704000 mm.

Dari perhitungan presentase tabel diatas pada putaran spindle(n) = 540 rpm, dengan kecepatan potong(v_c) = 44 m/menit, umur pahat(V_b), terjadi kenaikan yang cukup signifikan yaitu dari panjang pembubutan(l_c) = 150720 mm, ke panjang pembubutan(l_c) = 200960 mm, yaitu sebesar 40,96 %. sedangkan yang terendah terjadi pada panjang pembubutan(l_c) = 251200 mm ke panjang pembubutan(l_c) = 301440 mm yaitu sebesar 9,69%.

Untuk panjang pembubutan(l_c) pada putaran spindle(n) = 320 rpm, dengan kecepatan potong(v_c) = 32 m/menit, umur pahat(V_b), terjadi kenaikan yang cukup besar yaitu dari panjang pembubutan(l_c) = 50240 mm, kepanjang pembubutan(l_c) = 100480 mm, yaitu sebesar 52,38 %. sedangkan yang terendah terjadi pada panjang pembubutan(l_c) = 401920 mm ke panjang pembubutan(l_c) = 401920 mm yaitu sebesar 6,81 %.

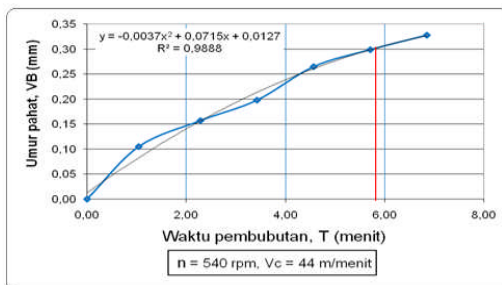
Untuk panjang pembubutan(l_c) pada putaran spindle(n) = 260 rpm, dengan kecepatan potong(v_c) = 24 m/menit, umur pahat(V_b), terjadi kenaikan yang

cukup besar yaitu dari panjang pembubutan(l_c) = 50240 mm, kepanjang pembubutan(l_c) = 100480 mm, yaitu sebesar 145,45 %. sedangkan yang terendah terjadi pada panjang pembubutan(l_c) = 401920 mm ke panjang pembubutan(l_c) = 452160 mm, dan panjang pembubutan(l_c) = 502400 mm kepanjang pembubutan(l_c) = 502640 mm, yaitu sebesar 2,53 % dan 2,75 %.

Dengan mengacu pada nilai keausan pahat/ VB (0,3 – 0,8 mm), dalam pengujian ini dibatasi/dipilih(VB) = 0,3 mm dan nilai persentase yang didapat, bahwa panjang pembubutan(L_c) terhadap umur pahat, dipengaruhi dengan besaran kecepatan potong(V_c).

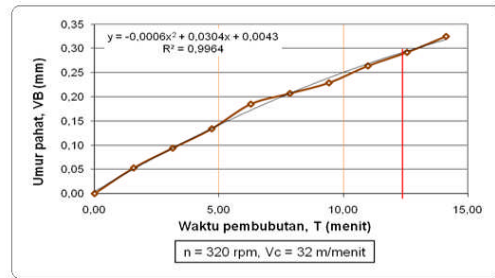
Umur pahat Terhadap Waktu Pembubutan

Data hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui keausan tepi pahat (VB) dan umur pahat(T) ditampilkan pada gambar grafik berikut ini.



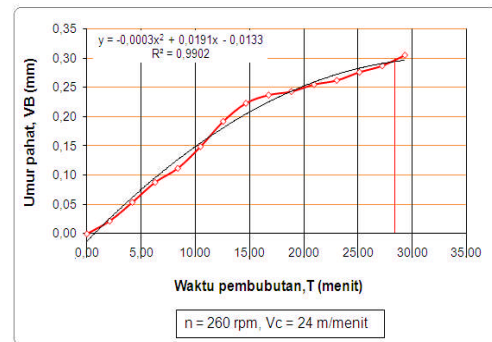
Gambar 8 Grafik Umur Pahat Terhadap Waktu Pemotongan

Dari grafik 8, bahwa pada proses pembubutan dengan kecepatan potong $V_c = 44$ m/menit, umur pahat mencapai 0,3 mm, pada waktu pemotongan ± 5,7 menit, dan di koreksi dengan garis(format) trendline kecendrungan grafik kearah persamaan polinomial, tingkat kebenaran 99%.



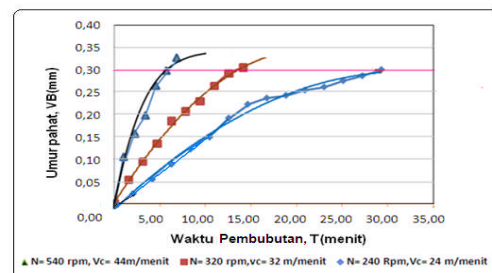
Gambar 9 Grafik Umur Pahat terhadap Waktu Pemotongan

Dari grafik di atas diketahui terlihat bahwa pada proses pembubutan dengan kecepatan potong $V_c = 32$ m/min, maka umur pahat mencapai (V_b) = 0,3 mm, pada waktu pemotongan ± 13 menit, dan kecendrungan grafik kearah persamaan polinomial tingkat kebenaran 99%.



Gambar 10 Grafik Umur Pahat terhadap Waktu Pemotongan

Dari grafik di atas diketahui terlihat bahwa pada proses pembubutan dengan kecepatan potong $V_c = 24$ m/min, maka keausan pahat mencapai 0,3 mm, pada waktu pemotongan 29,3 menit, dan kecendrungan grafik kearah persamaan polinomial tingkat kebenaran 99%.



Gambar 11 Grafik Umur Pahat terhadap Waktu Pemotongan

Berdasarkan grafik umur pahat yang ditunjukkan gambar 4.8, terlihat bahwa dengan meningkatnya kecepatan potong (V_c) maka keausan pahat akan meningkat, umur pahat akan menurun. Jadi semakin landai grafik hasil pengujian maka umur pahat akan semakin panjang, begitu juga sebaliknya semakin tajam grafik hasil pengujian maka umur pahat akan semakin pendek

Analisa grafik pada putaran spindle (n) = 540, 320, 240 rpm dengan kecepatan potong (V_c) = 44, 32, 24 m/menit, umur pahat yang paling pendek ($V_c = 44$ m/menit) yaitu = 6 menit, sedangkan yang paling lama ($V_c = 24$ m/menit) waktu = 29,31 menit.

Perhitungan presentase pada putaran spindle (n) = 540 rpm, dengan kecepatan potong (v_c) = 44 m/menit, umur pahat (V_b), terjadi kenaikan yang cukup signifikan yaitu waktu pembubutan (T) = 3,43 menit, ke waktu pembubutan (T) = 4,57 menit, yaitu sebesar 40,96 %. sedangkan yang terpendek terjadi pada waktu pembubutan (T) = 5,71 menit ke waktu pembubutan (T) = 6,85 menit yaitu sebesar 9,70%.

Untuk waktu pembubutan (T) pada putaran spindle (n) = 320 rpm, dengan kecepatan potong (v_c) = 32 m/menit, umur pahat (V_b), terjadi kenaikan yang cukup besar yaitu dari waktu pembubutan (T) = 1,57 menit, ke waktu pembubutan (T) = 314 menit, kenaikan sebesar 130,95 %. sedangkan yang terpendek terjadi pada waktu pembubutan (T) = 7,85 mm ke waktu

pembubutan (T) = 9,42 menit yaitu sebesar 7,51 %.

Untuk waktu (T) pembubutan (l_c) pada putaran spindle (n) = 260 rpm, dengan kecepatan potong (v_c) = 24 m/menit, umur pahat (V_b), terjadi kenaikan yang cukup besar yaitu dari waktu pembubutan (T) = 2,09 menit, ke waktu pembubutan (T) = 4,19 menit, yaitu sebesar 145,45 %. sedangkan yang terpendek terjadi pada waktu pembubutan (T) = 16,75 menit ke waktu pembubutan (T) = 18,84 menit, dan waktu pembubutan (T) = 20,93 menit ke waktu pembubutan (T) = 23,03 menit, yaitu sebesar 2,53 % dan 2,75 %.

Perhitungan umur pahat dari persamaan rumus Taylor [1, 3,11], Harga eksponen n merupakan harga spesifik bagi suatu kombinasi pahat dengan benda kerja. Konstanta C dipengaruhi oleh geometri pahat, kondisi benda kerja, kondisi pemotongan dan batas keausan maksimum.

Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kondisi pemotongan untuk umur pahat yang optimal dari HSS (*high speed steel*) dengan memvariasikan kecepatan potong (V_c). Pertumbuhan keausan pahat pada kecepatan potong yang berbeda sampai batas kritis (0,3 mm), Harga n didapat dengan menggunakan persamaan logaritma, analisis tersebut akan diperoleh harga eksponen n dan konstanta CT . Hasil pengujian ditampilkan pada tabel 4.7

Tabel 6 Data Hasil Perhitungan Harga Eksponen n

no	L	l_c	V_c	T	VB	$\text{Log } V$	$\text{Log } T$	n
1	500	251200	44	5,71	0,299	1,643453	0,756567	0,351401
2	900	452160	32	14,13	0,313	1,50515	1,150142	0,394347
3	1400	703360	24	29,31	0,301	1,380211	1,466966	0,370554

Analisa tabel 4.7 diperoleh harga eksponen n . Konstanta C . dari persamaan Taylor terhadap umur pahat HSS (*high speed steel*) pada proses pembubutan Baja amutit K 460 S dengan variasi kecepatan potong (V_c), konstanta harga C adalah segai berikut:

- 1) $V_c = 44 \text{ m/ menit}$ maka harga C dapat dihitung $C = V.T^{0,351} = 81,102$
- 2) $V_c = 32 \text{ m/ menit}$ maka harga C dapat dihitung $C = V.T^{0,394} = 90,846$
- 3) $V_c = 24 \text{ m/ menit}$ maka harga C dapat dihitung $C = V.T^{0,371} = 84,038$

Selanjutnya untuk menghitung umur pahat dengan material baja Amutit dengan pahat HSS, menggunakan persamaan Taylor, dari persamaan Taylor didapat umur pahat pada kecepatan potong $V_c = 24 \text{ m/menit}$ didapat umur pahat $T = 29,77$ menit dan pada kecepatan potong $V_c = 44 \text{ m/menit}$ didapat umur pahat $T = 5,80$ menit. Dalam hal ini semakin tinggi kecepatan potong maka umur pahat semakin pendek.

KESIMPULAN

Umur pahat bubut jenis *High Speed Steels* (HSS) yang digunakan pada pengujian ini dengan kecepatan potong (V_c) yang bervariasi untuk $V_c = 44 \text{ m/min}$ umur pahat $T = 5,71$ menit, $V_c = 32 \text{ m/min}$ umur pahat (T) = 14,13 menit dan $V_c = 24 \text{ m/min}$ umur pahat (T) = 29,31 menit. Secara teoritis umur pahat untuk kondisi proses pembubutan dengan pahat HSS dapat diperkirakan dengan persamaan Taylor $T = (81,10^2/V_c)^{1/n}$, untuk kondisi kecepatan potong (V_c) = 44 m/min umur pahat (T) = 5,80 menit, $V_c=32 \text{ m/min}$ umur pahat $T = 13,70$ menit dan $V_c=24 \text{ m/min}$ umur pahat $T = 29,77$ menit. Perbedaan umur pahat dari hasil pengujian dan teoritis a tidak terlalu besar. Semakin tinggi harga V_c , semakin pendek umur pahat tersebut, atau semakin kecil

harga V_c , semakin panjang umur pahat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al huda Mahfuz 2010 ,Modul Ajar "Teori dan Teknologi Proses Pemesinan", Universitas Mercubuana, Jakarta.
- [2] Avner, Sidney H., *Introduction to Physical Metallurgy*, 3rd edition, McGraw Hill, Tokyo, 2001.
- [3] Bambang Priambodo, *Teknologi Mekanik Jilid 2,,* Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: *Manufacturing Process*, B.H. Amstead, Philip F. Ostwald, Myron L. Begeman John Wiley & Sons
- [4] Colton, J.S., 2003. *Fundamentals of cutting*, ME 6222, Manufacturing Processed and Systems geogie institute of technology.
- [5] Cakir, M Cemal. Isik, Yahya. 2004. "Detecting Tool Breakage In Turning AISI 1050 Steel Using Coated and Uncoated Cutting Tools",
- [6] Friedmann-Maier-Strabe-Hallein, *Student's Handbook EMCO TU-2A*, EMCO MAIER & CO, Austria, 1998
- [7] George, E.D. 1996 *Mechanical Metallurgy 2nd ed*, Mc Graw Hill, Kagokusho Ltd, Sigapore.
- [8] Jutz Hermann, Scharkus Eduard, 2001 "Westermann Tables". For the Metal Trade: Material.Numerical.Forms,By: Wiley Eastern Limited
- [9]. Krar, Steve F. Rapisarda, Mario. Check, Albert F. 1997.

- “Machine Tool and Manufacturing Technology”* .
Dalmar Publisher, USA.
- [10] Mikell P. Groover 2007. ”
Fundamentals Of Modern Manufacturing” and
Materials, Prcesces, and System 3 rd ed. Jonh Wiley &
song, INC
<<http://www.willey.com/go/permission>>
- [11] Rochim, Taufik, *“Teori dan Teknologi Proses Pemesinan”*, Institut Teknologi Bandung, 1993
- [12] Sularso, Kiyokatsu Suga(2002),
Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin,
penrbit PT Pradnya Paramita
Jakarta