

## KARAKTERISASI PAHAT BUBUT HIGH SPEED STEEL (HSS) BOEHLER TIPE MOLIBDENUM (M2) DAN TIPE COLD WORK TOOL STEEL (A8)

Sri Nugroho\* dan Hendrikus Kedo Senoaji

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

\*E-mail: [srinug@yahoo.com](mailto:srinug@yahoo.com)

### ABSTRAK

Pengujian keausan tepi merupakan salah satu cara untuk mengukur umur pahat. Pengetahuan tentang umur pahat dapat memberi informasi agar proses pembubutan dapat dilakukan secara efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan bohler jenis molybdenum dan cold work tool steel berdasarkan keausan dan umur pahat. Penelitian ini menggunakan pahat yang memiliki merk sama tetapi harganya berbeda. Pahat menggunakan BOHLER MO RAPID EXTRA 1200 dengan ukuran 3/8 x 4", yang dibeli Rp. 125.000,00 untuk jenis molybdenum dan Rp. 26.000,00 untuk jenis cold work tool steel. Material benda kerja menggunakan baja ST40. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa umur pahat bohler jenis molybdenum yang paling panjang pada kecepatan potong rendah ( $V_c = 19,99$  m/min) yaitu 102 menit (dial indicator) / 101 menit (pixel), dan umur pahat yang paling pendek pada kecepatan potong tinggi ( $V_c = 30,65$  m/min) yaitu 43 menit (dial indicator) / 37,5 menit (pixel). Umur pahat HSS buatan Taiwan yang paling panjang pada kecepatan potong rendah ( $V_c = 19,99$  m/min) yaitu 83 menit (dial indicator) / 81,5 menit (pixel), dan umur pahat yang paling pendek pada kecepatan potong tinggi ( $V_c = 30,65$  m/min) yaitu 34 menit (dial indicator) / 27,5 menit (pixel). Penelitian ini menyimpulkan bahwa pahat bohler jenis molybdenum dengan harga yang lebih mahal tetapi memiliki umur pahat yang lebih lama dari pahat bohler jenis cold work tool steel.

**Kata kunci:** Pahat HSS, tipe molybdenum (M2), tipe cold work tool steel (A8), keausan tepi, umur pahat.

### PENDAHULUAN

Pahat merupakan bagian dari mesin bubut yang memegang peran penting dalam pemotongan logam, karena pahat adalah bagian yang berkontak langsung dengan benda kerja yang dipotong. Ada beberapa kriteria yang harus dimiliki pahat, diantaranya: harus lebih keras dibanding benda kerja, tahan sifat mekanis, dan tahan aus. Terdapat beberapa jenis material pahat, diantaranya: baja karbon, HSS (*High Speed Steel*), paduan cor nonferro, karbida, keramik, CBN (*Cubic Boron Nitrides*), dan intan.

Pahat jenis HSS merupakan salah satu pahat yang mempunyai kekerasan cukup tinggi. Pahat ini merupakan pahat yang paling sering dijumpai di bengkel-bengkel bubut bahkan industri sekalipun.

Dalam proses permesinan biaya operasional dan waktu produksi merupakan salah satu aspek yang paling utama pada pemotongan suatu logam. Biaya operasional yang kecil juga diharapkan juga dapat menekan harga produk yang dihasilkan. Tetapi jika biaya operasional kecil, sedangkan waktu yang digunakan untuk membuat suatu produk tersebut lama, itu akan mengurangi efisiensi proses produksi. Pahat merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan yang dapat mempengaruhi efisiensi proses produksi karena pahat memiliki umur. Di pasaran terdapat pahat dengan merek sama akan tetapi harganya berbeda. Dalam penelitian ini digunakan pahat bubut HSS jenis Bohler MO Rapid Extra 1200 dengan ukuran 3/8 x 4" yang

dibeli dipasaran, dengan harga Rp. 125.000,00 untuk jenis *molybdenum* dan Rp. 26.000,00 untuk jenis *cold work tool steel*.

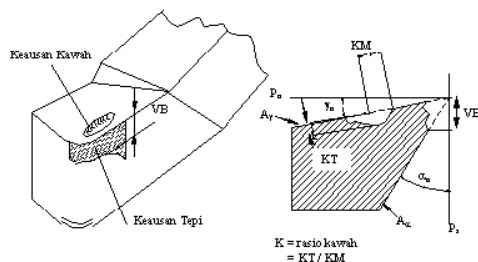
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan harga antara HSS bohler jenis *molybdenum* dengan HSS bohler jenis *cold work tool steel* yang ditinjau dari segi umur pahat dengan meneliti keausan yang dialami kedua pahat tersebut. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai karakterisasi pahat HSS bohler jenis *molybdenum* dan HSS bohler jenis *cold work tool steel* yang meneliti sifat mekanis dan komposisi kimia pahat HSS.

### Mekanisme Keausan Tepi Pahat

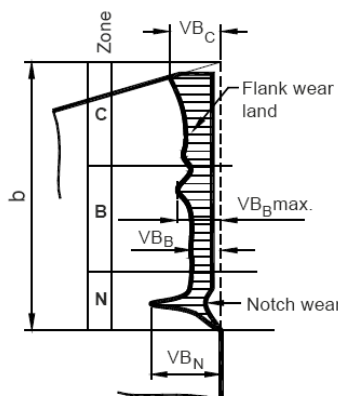
Umur pahat dipengaruhi oleh beberapa faktor: geometri pahat, material pahat, benda kerja, kondisi pemotongan dan cairan pendingin. Dengan kondisi seperti ini proses permesinan tidak akan berlangsung terus-menerus seperti yang dikehendaki karena pahat makin lama akan menjurus kepada kegagalan proses permesinan. Kerusakan atau keausan sebaiknya ada koreksi sehingga pada proses permesinan selanjutnya umur pahat akan menjadi lebih tinggi.

Keausan secara bertahap akan membesar pada bidang aktif pahat karena tekanan dan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat dimana pada saat

temperature tinggi kekerasan pahat akan menurun. Keausan pada bidang utama dinamakan keausan tepi (*flank wear*), sedangkan keausan yang terjadi dibidang geram disebut keausan kawah (*creater wear*).



Gambar 1. Keausan kawah dan keausan tepi [2]



Gambar 2. Keausan tepi berdasarkan standar ISO 3685: 1993 [3]

Keausan tepi dapat diukur dengan menggunakan mikroskop, dimana bidang mata potong diatur sehingga tegak lurus sumbu optik. Panjang keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan hingga garis rata-rata keausan pada bidang utama. Sementara itu, keausan kawah hanya dapat diukur dengan menggunakan alat ukur kekasaran permukaan. Dalam hal ini sensor digeserkan pada bidang geram dengan sumbu pergeseran diatur sehingga sejajar dengan sumbu bidang geram. Dari hasil ukur didapat kedalaman maksimum itulah kedalaman keausan kawah yang dinyatakan dengan KT (mm)

Keausan tepi menurut ISO 3685 terdapat 3 daerah penting, antara lain:

- Daerah N: merupakan kedalaman potong dibagi empat.
- Daerah C: merupakan daerah *nose radius*.
- Daerah B: merupakan kedalaman potong dikurangi daerah C dan daerah N.

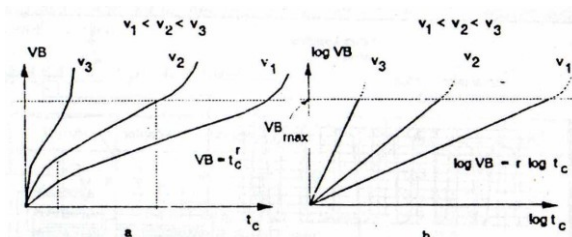
Penyebab keausan dapat merupakan satu faktor ataupun gabungan dari beberapa faktor. Faktor-faktor penyebab keausan antara lain proses: abrasive, kimiawi, adhesi, difusi, oksidasi, deformasi plastik, keretakan, dan kelelahan [1].

## Umur Pahat

Keausan pahat akan tumbuh dan membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan sampai pada suatu saat pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat dipergunakan lagi karena telah ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis. Kriteria mengenai umur pahat atau batas waktu penggunaan pahat secara efektif akan merupakan pembahasan utama. Karena keausan merupakan faktor yang menentukan umur pahat maka pertumbuhannya perlu ditinjau dengan memperhatikan faktor utama dari mekanisme keausan.

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batas umur pahat, dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi pada umumnya mengetahui bentuk sebagaimana gambar hubungan waktu dengan panjang keausan tepi, yaitu dengan mulai pertumbuhan yang relative cepat sesaat setelah pahat digunakan, diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan, dan setelah batas tertentu pertumbuhan akan kembali cepat kembali. Saat dimana pertumbuhan cepat pada keausan tepi pahat timbul kedua kalinya itu dianggap sebagai batas umur pahat, dan dalam hal ini terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relative sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai batas ini keausan tepi dapat dianggap sebagai fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan ( $t_c$ ) dan bila digambarkan pada skala dobel logaritma mereka mempunyai hubungan linier.

Gambar tersebut menentukan pertumbuhan keausan yang moderat yang akan dialami oleh suatu jenis pahat pada kondisi pemotongan yang dianggap moderat bagi pahat yang bersangkutan.



Gambar 3. Pertumbuhan keausan tepi untuk gerak makan tertentu dan kecepatan potong yang berbeda [1]

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: [3, hal 53]

$$V_c \cdot T^n = C$$

dimana:  $V_c$  = kecepatan potong (m/min)

$C$  = konstanta umur pahat Taylor

$n$  = harga eksponen

$T$  = Umur pahat (menit)

Persamaan di atas dikenal dengan nama *Persamaan Umur Pahat Taylor*. Harga Konstanta  $C$  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.

## METODE PENELITIAN

### Objek Penelitian

Objek penelitian yang akan diselidiki dalam penelitian ini adalah:

- Menganalisa keausan tepi (VB) terhadap umur pahat.
- Pengaruh kecepatan potong yang divariasikan terhadap umur pahat.
- Menentukan harga eksponen  $n$  dan konstanta  $C_T$  dari persamaan umur pahat Taylor dengan metode grafik.

### Parameter Pemotongan

Parameter kondisi pemotongan yang digunakan untuk pembubutan ST40 (AISI 1010) dengan pahat bubut HSS merk Bohler adalah:

**Tabel 1.** Parameter kondisi pemotongan pahat HSS merk Bohler

Kondisi Pemotongan	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Kondisi IV
Putaran Mesin (n) (rpm)	190	260	260	320
Kecepatan Potong (Vc) (m/min)	19,99	26,53	25,72	30,65
Gerak Makan (f) (mm/rev)	0,112	0,112	0,112	0,112
Kedalaman Potong (a) (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5
Diameter Benda Kerja (d) (mm)	33,5	32,5	31,5	30,5

### Pelaksanaan Pengujian

Pahat yang digunakan adalah pahat HSS merk Bohler Rapid Extra 1200 ukuran 3/8 x 4". Material benda kerja adalah adalah baja ST40.

Mesin Bubut yang digunakan adalah EMCO MAXIMAT tipe V13. Alat ukur yang digunakan adalah mikroskop yang dilengkapi dengan *dial indicator* untuk mengukur keausan tepi, serta pengolahan gambar keausan tepi menggunakan *software CorelDraw X3*.

### Prosedur Pengukuran

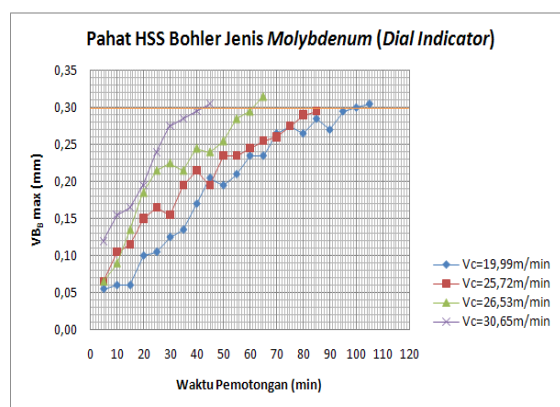
- Spesimen ditempatkan pada meja mikroskop yang dapat digerakkan pada 3 arah sumbu koordinat (x, y, dan z).
- Mengatur perbesaran mikroskop 200x kemudian menggerakkan meja pahat dalam arah x, y, dan z hingga posisi fokus.
- Melakukan pengambilan gambar keausan yang terjadi pada pahat menggunakan kamera.
- Melakukan pengambilan gambar penggaris dengan pembesaran yang sama dengan pengambilan gambar keausan sebagaimana langkah tersebut di atas.
- Melakukan pengukuran dengan menggunakan *dial indicator*, dengan cara meletakkan *dial indicator* pada meja ukur kemudian menggeser meja ukur sesuai besar keausan yang ditunjukkan pada kursor lensa mikroskop.

Setelah gambar digital diperoleh dilakukan proses pengukuran menggunakan komputer dengan perangkat lunak CorelDraw X4 dengan jalan membandingkan gambar ukuran spasi penggaris dengan gambar ukuran keausan. Jarak spasi penggaris diukur terlebih dahulu sehingga diperoleh jarak spasi penggaris dalam satuan pixel, sehingga diperoleh konstanta atau bilangan konversi dari pixel ke mm.

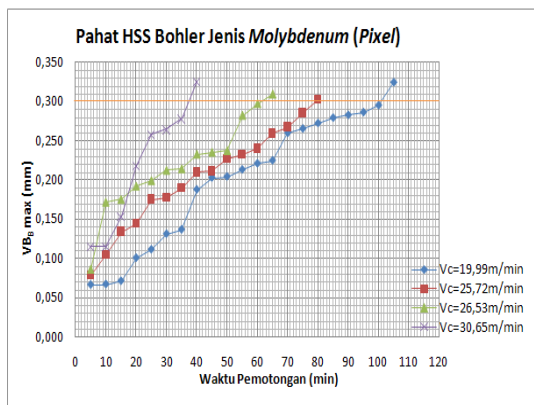
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keausan Pahat

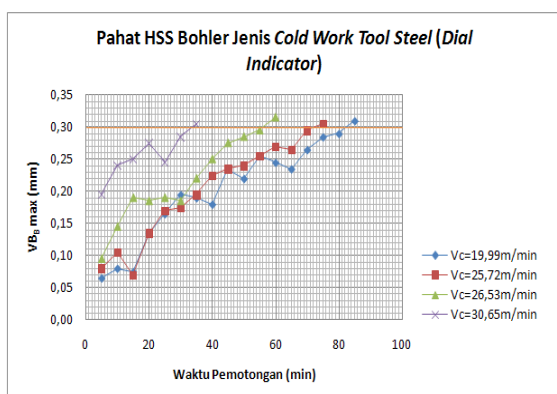
Pengujian yang dilakukan menggunakan metode *dial indicator* dan metode pengolahan gambar *pixel*.



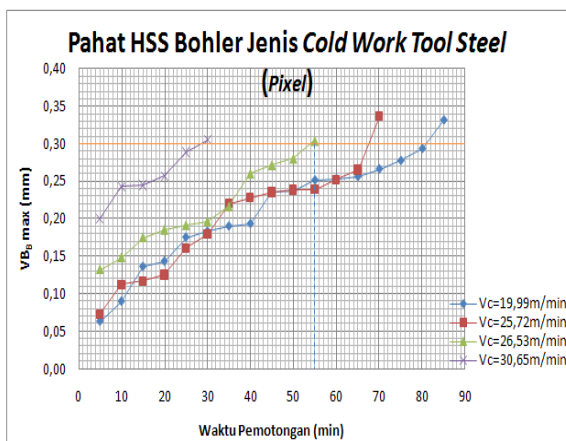
**Gambar 4.** Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS boehler jenis *molybdenum* menggunakan *Dial Indicator*



Gambar 5. Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS bohler jenis *molybdenum* menggunakan Metode *Pixel*



Gambar 6. Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS bohler jenis *cold work tool steel* menggunakan *Dial Indicator*



Gambar 7. Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS bohler jenis *cold work tool steel* menggunakan Metode *Pixel*

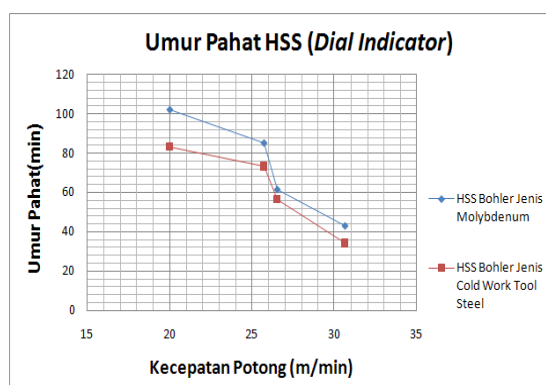
### Umur Pahat

Dari grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS bohler jenis *molybdenum* dan bohlej jenis *cold work tool steel* kemudian diambil waktu pemotongan pada saat keausan tepi pahat mencapai maksimum

( $VB_{Bmax} = 0,3 \text{ mm}$ ) sebagai umur pahat pada masing-masing kecepatan potong (empat kecepatan potong).

Tabel 2. *Tool Life (Dial Indicator)*

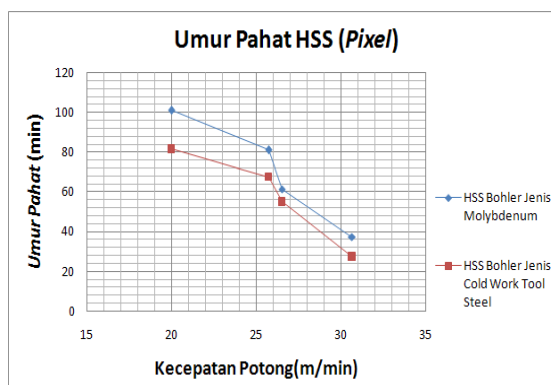
Vc (m/min)	T (min) [M2]	T (min) [A8]
19,99	102	83
25,72	85	73
26,53	61,5	56,5
30,65	43	34



Gambar 8. Grafik umur pahat HSS bohler jenis *molybdenum* – *cold work tool steel* dengan metode *Dial Indicator*

Tabel 3. *Tool Life (Pixel Method)*

Vc (m/min)	T (min) [M2]	T (min) [A8]
19,99	101	81,5
25,72	81	67,5
26,53	61,5	55
30,65	37,5	27,5



Gambar 9. Grafik umur pahat HSS bohler jenis *molybdenum* – *cold work tool steel* dengan metode *Pixel*

Dari grafik umur pahat HSS bohler jenis *molybdenum* dan bohler jenis *cold work tool steel* dengan metode *pixel* dan *dial indicator* bisa diketahui bahwa kecepatan potong tinggi (30,65 m/min) memiliki umur pahat lebih pendek dari pada kecepatan sedang (25,72 m/min dan 26,53 m/min), sedangkan kecepatan rendah (19,99 m/min) memiliki umur paling panjang dibanding kecepatan sedang dan kecepatan tinggi.

Pahat HSS bohler jenis *molybdenum* memiliki umur yang lebih panjang dari pada pahat HSS bohler jenis *cold work tool steel* pada berbagai kecepatan. Selisih umur pahat ( $\Delta T$ ) HSS bohler jenis *molybdenum* dengan HSS bohler jenis *cold work tool steel* dengan menggunakan *dial indicator* dan *pixel* tidak konstan. Hal ini terjadi karena beberapa faktor antara lain: terbentuknya BUE (*Built Up Edge*) pada kecepatan rendah dan sedang, terjadinya beban kejut, temperature pemotongan dan lain-lain. Dari grafik tersebut bisa disimpulkan bahwa pahat HSS bohler jenis *molybdenum* memiliki ketahanan aus lebih baik dari pada pahat HSS bohler jenis *cold work tool steel*.

Pengukuran pahat HSS bohler jenis *molybdenum* dan HSS bohler jenis *cold work tool steel* pada saat pengukuran menggunakan *dial indicator* dan *pixel* memiliki nilai umur pahat yang berbeda. Pengukuran menggunakan *dial indicator* lebih lama daripada pengukuran menggunakan *pixel*, karena pengukuran menggunakan *dial indicator* ini diukur menurut tepi pahat yang telah terdegradasi sampai kedalaman keausan tepi, sedangkan pengukuran *pixel* diukur menurut tepi pahat sebelum pemotongan sampai kedalaman keausan tepi.

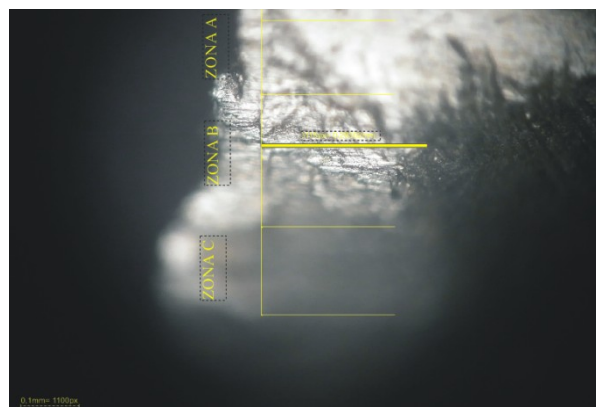
Hasil benda kerja hasil pembubutan dengan menggunakan HSS bohler jenis *molybdenum* dan HSS bohler jenis *cold work tool steel* memiliki tingkat kekasaran yang berbeda. HSS bohler jenis *molybdenum* pada 30 menit pembubutan memiliki kekasaran rata-rata 2,46 $\mu$ m dan HSS bohler jenis *cold work tool steel* pada 30 menit pembubutan memiliki kekasaran rata-rata 3,18 $\mu$ m.

### Kekasaran Permukaan Material Benda Kerja

Hasil benda kerja hasil pembubutan dengan menggunakan HSS bohler jenis *molybdenum* dan HSS bohler jenis *cold work tool steel* memiliki tingkat kekasaran yang berbeda. HSS bohler jenis *molybdenum* dengan kecepatan 29,6m/min pada 30 menit pembubutan memiliki kekasaran Ra rata-rata 2,46 $\mu$ m dan HSS bohler jenis *cold work tool steel* dengan kecepatan 2,46m/min pada 30 menit pembubutan memiliki kekasaran Ra rata-rata 3,18 $\mu$ m

### Fenomena keausan pahat HSS

Pada  $V_C = 19,99$  m/min



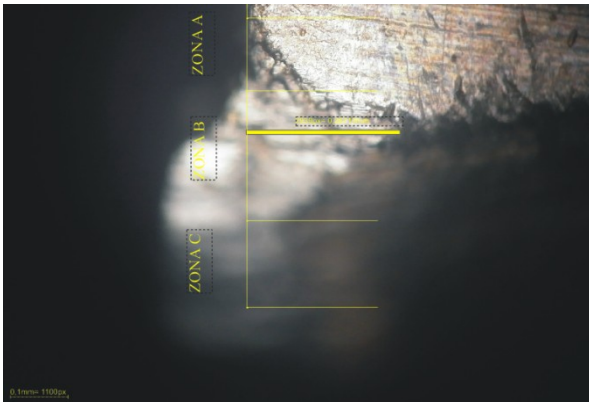
Gambar 10. Fenomena Keausan Pada  $V_C = 19,99$  m/min

Pada kecepatan rendah (19,99 m/min) keausan disebabkan oleh proses abrasif yang timbul dari gesekan yang terjadi antara pahat dengan benda kerja. Adanya partikel-partikel keras yang menggesek bersama aliran benda kerja pada bidang utama dan bidang geram pahat. Partikel-partikel yang keras pada struktur besi karbon akan mampu merusak permukaan pahat HSS yang strukturnya terdiri dari martensit dan karbida dengan pengikat cobalt. Proses abrasif ini mampu menciptakan keausan yang berupa keausan tepi. Keausan tepi ini akan tumbuh sesuai dengan bertambahnya waktu. Keausan tepi ini akan mencapai maksimum terjadi bila getaran meningkat yang ditandai dengan bunyi pada mesin yang besar.

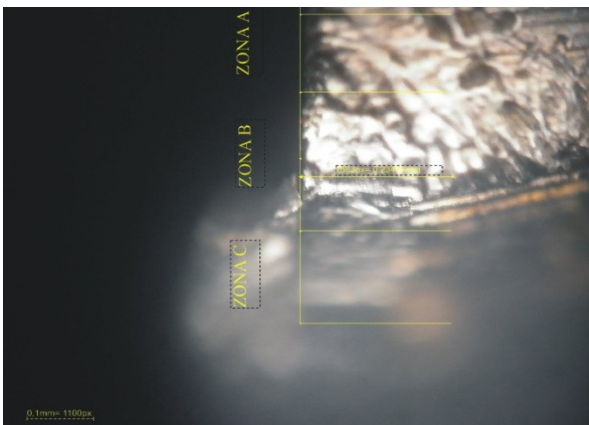
Keausan tepi ini juga disebabkan oleh proses adhesi. Dimana pada kecepatan rendah (19,99 m/min) tekanan dan temperature akan menjadi tinggi menyebabkan permukaan metal yang baru saja terbentuk menempel pada bidang geram tepi pahat (BUE). Sehingga bidang pahat yang terjadi BUE tidak akan berkontak dengan material benda kerja saat proses pemotongan tetapi permukaan pahat yang dibagian belakang yang tidak ada BUE tetap bergesekan dengan material dan terjadi keausan. BUE ini akan hilang jika kecepatan potong ditinkatkan sampai kecepatan tinggi.

Kedua proses diatas akan menyebabkan timbulnya keausan pada bidang geram dan bidang utama pahat. Keausan yang terjadi pada bidang utama pahat dinamakan keausan tepi.

Pada  $V_C = 25,72$  m/min dan  $V_C = 26,53$  m/min



**Gambar 11.** Fenomena Keausan Pada  $V_C = 25,72$  m/min



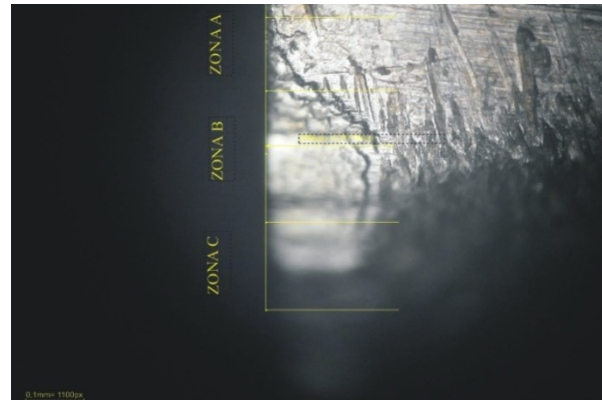
**Gambar 12.** Fenomena Keausan Pada  $V_C = 26,53$  m/min

Pada kecepatan sedang ( $V_C = 25,72$  m/min dan  $V_C = 26,53$  m/min) keausan disebabkan oleh proses abrasif yang timbul dari gesekan yang terjadi antara pahat dengan benda kerja lebih cepat dari pada kecepatan rendah (19,99 m/min). Adanya partikel-partikel keras yang menggesek bersama aliran benda kerja pada bidang utama dan bidang geram pahat. Partikel-partikel yang keras pada struktur besi karbon akan mampu merusak permukaan pahat HSS yang strukturnya terdiri dari martensit dan karbida dengan pengikat cobalt. Proses abrasif ini mampu menciptakan keausan yang berupa keausan tepi. Keausan tepi ini akan tumbuh sesuai dengan bertambahnya waktu.

Keausan tepi ini juga disebabkan oleh proses adhesi. Dimana pada kecepatan sedang tekanan dan temperature akan menjadi tinggi menyebabkan permukaan metal yang baru saja terbentuk menempel pada bidang geram tepi pahat (BUE). Sehingga bidang pahat yang terjadi BUE tidak akan berkontak dengan material benda kerja saat proses pemotongan tetapi permukaan pahat yang dibagian belakang yang tidak ada BUE tetap bergesekan dengan material dan terjadi keausan. BUE ini akan hilang jika kecepatan potong ditingkatkan sampai kecepatan tinggi. Timbulnya BUE pada kecepatan sedang tidak sesering pada kecepatan rendah (19,99 m/min). Kedua proses diatas akan

menyebabkan timbulnya keausan pada bidang geram dan bidang utama pahat.

Pada  $V_C = 30,65$  m/min



**Gambar 13.** Fenomena Keausan Pada  $V_C = 30,65$  m/min

Pada kecepatan tinggi (30,65) ini fenomena keausan yang terjadi disebabkan oleh proses proses difusi dan deformasi plastis. Pada kecepatan ini BUE tidak terbentuk.

Karena pemotongan terjadi pada temperature dan tekanan yang tinggi pada kecepatan ini akan menyebabkan keausan dari proses difusi. Pada pahat HSS akan dilewati oleh aliran metal dari hasil pemotongan, dimana perpindahan atom metal dan karbon dari daerah yang memiliki konsentrasi tinggi ke daerah yang memiliki konsentrasi rendah. Atom metal dan karbon akan terdifusi sehingga butir karbidanya akan kehilangan pegangan dan terkelupas dan menempel pada aliran metal benda kerja dan melekat karena adanya tegangan geser yang tinggi. Hal ini dapat menimbulkan keausan pada bidang geram dan bidang utama, dan keausan yang terjadi di bidang utama akan menjadi keausan tepi.

Pada kecepatan tinggi ini juga akan terjadi keausan akibat proses deformasi plastik. Proses deformasi plastik pada HSS ini dapat terjadi karena pahat menerima tekanan. Pada saat proses pemotongan geram yang bergesekan dengan benda kerja akan meningkatkan temperatur dari pahat. Pada temperatur tinggi kekuatan mata pahat akan melemah, dan apabila diberi tekanan pahat akan mengalami deformasi plastik atau akan merubah bentuk awal pahat.

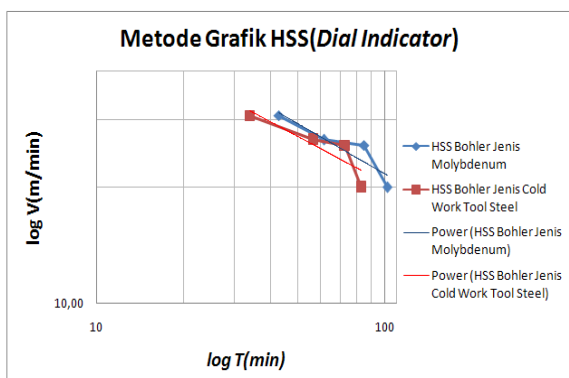
### Rumus Empirik Umur Pahat

Umur pahat dapat diprediksi melalui sebuah persamaan Taylor (*Taylor Equation*).

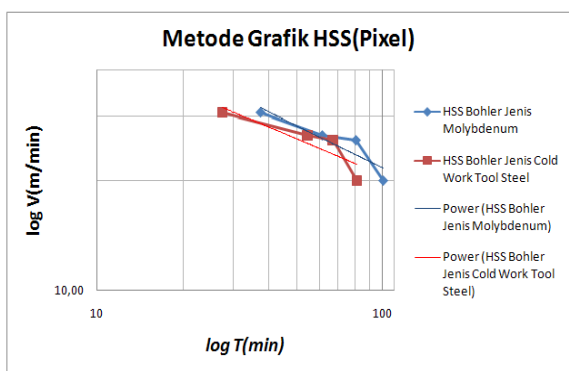
$$V_C \cdot T^n = C$$

Umur pahat juga dapat diperkirakan dengan cara grafis, yaitu dengan mengplot data hasil pengujian pada skala dobel logaritma. Harga eksponen  $n$  merupakan harga spesifik bagi suatu kombinasi pahat dengan benda kerja, dan konstanta  $C_T$  dipengaruhi oleh

geometri pahat, kondisi benda kerja, kondisi pemotongan dan batas keausan maksimum.



**Gambar 14.** Grafik Laju Keausan Pahat HSS Bohler Jenis Molybdenum – Cold Work Tool Steel Dengan Metode Dial Indicator (Taylor Equation)



**Gambar 15.** Grafik Laju Keausan Pahat HSS Bohler Jenis Molybdenum – Cold Work Tool Steel Dengan Metode Pixel (Taylor Equation)

Umur pahat dapat didekati dengan perhitungan secara empiris yaitu dengan persamaan umur pahat Taylor. Dari hasil pengujian akan didapat grafik hubungan antara umur pahat dengan kecepatan pemotongan. Dari data tersebut dibuat grafik doble logaritma dan kecepatan potong dapat dianggap sebagai fungsi pangkat dari umur pahat, kemudian dibuat trendline.

Untuk menentukan harga eksponen  $n$  dan konstanta  $C_T$  dapat dicari dengan metode grafik. Dari grafik bisa dilihat kemiringan harga eksponen  $n$  diperoleh dari kemiringan grafik dimana  $n = \tan \alpha$  atau perbandingan nilai  $y/x$ . Dan konstanta  $C_T$  dapat diperoleh dengan ekstrapolasi  $n$  pada  $T = 1$  menit yang merupakan perpanjangan garis linear  $n$ . Dari perhitungan tersebut akan didapat harga  $n$  dan harga  $C_T$ . Dari pengujian keausan pahat HSS boehler jenis molybdenum dan HSS boehler jenis cold work tool steel pada pembubutan baja ST60, diperoleh persamaan Taylor berikut ini:

$$V_C \cdot T^{0,378} = 128,2 \quad (M2-Dial Indicator)$$

$$V_C \cdot T^{0,374} = 117,4 \quad (A8-Dial Indicator)$$

$$V_C \cdot T^{0,348} = 110,4 \quad (M2-Pixel)$$

$$V_C \cdot T^{0,314} = 89,6 \quad (A8-Pixel)$$

Batas nilai eksponen  $n$  yang ditentukan dari praktek pemotongan/ permesinan material benda kerja adalah: [10]

**Tabel 4.** nilai  $n$  pahat

n	0,5	0,4	0,333	0,2	0,167	0,125	0,1	0,08	0,01	0,
Jenis pahat	-----keramik-----		-----HSS-----							
	-----karbida-----				-----carbon steel-----					
	← Arah perkembangan penemuan material pahat jenis baru									

Harga eksponen  $n$  merupakan harga spesifik bagi suatu kombinasi pahat dengan benda kerja, dan konstanta  $C_T$  dipengaruhi oleh geometri pahat, kondisi benda kerja, kondisi pemotongan dan batas keausan maksimum. Persamaan Taylor umur pahat tersebut hanya dapat dijadikan referensi untuk memprediksi umur pahat pada berbagai kecepatan potong, sehingga tidak dapat dijadikan standar mutlak untuk menentukan umur pahat. Jadi metode yang paling tepat untuk menentukan umur suatu pahat adalah melalui pengujian.

## KESIMPULAN

Dari pengujian pahat bubut HSS boehler jenis molybdenum dan HSS boehler jenis cold work tool steel dapat ditarik kesimpulan:

1. Keausan tepi pahat bubut HSS semakin meningkat dengan bertambahnya kecepatan potong. Laju keausan tepi pahat HSS boehler jenis molybdenum lebih lambat dari pada pahat HSS boehler jenis cold work tool steel.
2. Pahat bubut HSS boehler jenis molybdenum lebih tahan aus dari pada HSS boehler jenis cold work tool steel karena memiliki umur pahat yang lebih panjang.
3. Pengukuran dengan metode pixel lebih akurat dari pada metode dial indicator karena kenaikan umur pahat selalu disertai dengan kenaikan nilai keausan tepi pahat.
4. Kualitas hasil dari pembubutan material benda kerja menggunakan pahat HSS boehler jenis molybdenum lebih baik dibanding HSS boehler jenis cold work tool steel.
5. Persamaan umur pahat Taylor untuk masing-masing pahat adalah:  
 $V_C \cdot T^{0,378} = 128,2$  (M2-Dial Indicator)  
 $V_C \cdot T^{0,374} = 117,4$  (A8-Dial Indicator)  
 $V_C \cdot T^{0,348} = 110,4$  (M2-Pixel)  
 $V_C \cdot T^{0,314} = 89,6$  (M2-Pixel)
6. Pahat bubut boehler jenis molybdenum mempunyai kekerasan 64,42 HRC dan pahat bubut HSS boehler jenis cold work tool steel 62,35 HRC. Struktur mikro pahat bubut HSS buatan Austria adalah martensit dan karbida yang tersebar

hampir merata, sedang HSS buatan Taiwan adalah martensit austenit sisa dan karbida. Kandungan unsur pembentuk karbida seperti unsur W, Mo, dan V pahat HSS buatan Austria lebih banyak dari pada pahat bubut HSS buatan Taiwan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Taufiq Rochim, *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, Bandung, Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB, 1993.
2. Kalpakjian, Serope. *Manufacturing Engineering and Technology 2<sup>nd</sup> Edition*. Addison Publishing Company Inc. California. 1992.
3. PA, Viktor, dan J.P. Davim. *Tools (Geometry and Material) and Tool Wear*. Jurnal Machining Fundamentals and Recent Advance. Aveiro University. 2008