

**PENGARUH *FEED MOTION* DAN PUTARAN *SPINDLE*
TERHADAP KEAUSAN PAHAT *INSERT CVD DCMT 11T304*
UE6020 PADA PROSES *TURNING***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :
ANAND HARNE SANJAYA
NIM. 0710623054

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH *FEED MOTION* DAN PUTARAN *SPINDLE*
TERHADAP KEAUSAN PAHAT *INSERT CVD DCMT 11T304*
UE6020 PADA PROSES *TURNING***

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Produksi

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

ANAND HARNE SANJAYA

NIM. 0710623054-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.

NIP. 19591128 198710 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH *FEED MOTION* DAN PUTARAN *SPINDLE*
TERHADAP KEAUSAN PAHAT *INSERT CVD DCMT 11T304*
UE6020 PADA PROSES *TURNING***

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

ANAND HARNE SANJAYA
NIM. 0710623054-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 7 Mei 2013

Skripsi I

Skripsi II

Sugiarto, ST.,MT
NIP. 19710321 199802 1 001

Ir.Tjuk Oerbandono.,MSc.CSE
NIP . 19670923 199303 1 002

Skripsi III

Dr. Ir. Agustinus Ariseno.,MT.
NIP. 19510822 198701 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya dan Sholawat serta salam semoga selalu diberikan kepada Nabi besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan benar. Penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari keterlibatan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi,ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan sekaligus Dosen wali.
2. Bapak Dr. Eng. Anindito Purnowidodo,ST.,M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir.Tjuk Oerbandono.Msc.,CSE. selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Produksi
4. Bapak Dr.Ir. Ahmad As'ad Sonief, MT. Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan keluasaan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membimbing dan berdiskusi dengan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Ibu, Ayah, dan Adik tercinta saya yang telah memberikan dukungan moril, nasehat dan doa yang sangat berarti sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan benar.
6. Saudara-saudara seperjuangan EXTREME M'07 yang telah banyak memberikan motivasi dan saran untuk perbaikan skripsi penulis.
7. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama ini, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis mengharapkan skripsi ini dapat memberikan manfaat yang positif pada pembaca. Semoga memunculkan ide-ide baru, saran dan kritik yang membangun untuk kedepannya.

Malang, 20 Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

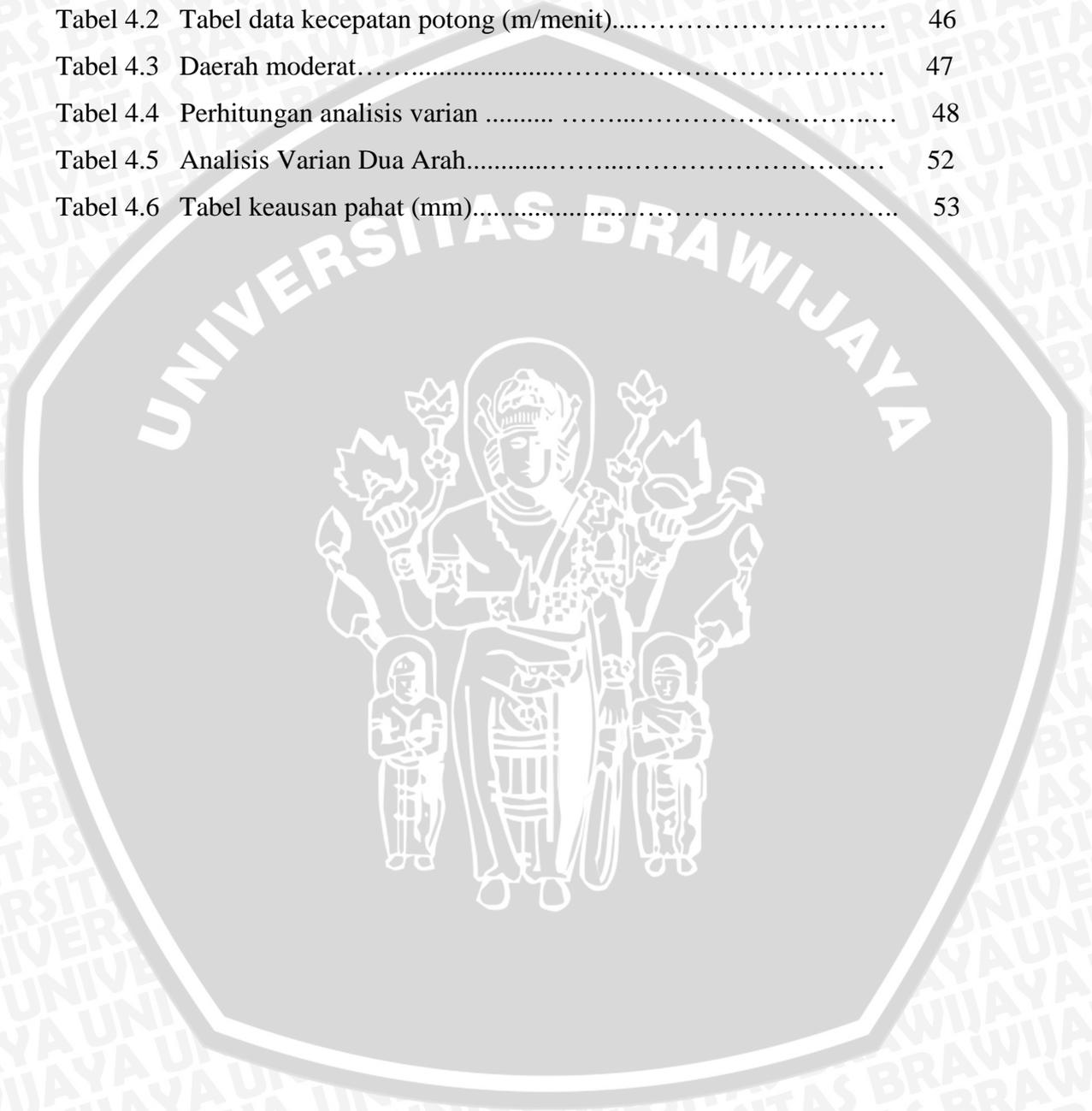
Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Proses pemotongan pada mesin bubut.....	5
2.2.1 Sistem pemotongan pada bubut	6
2.2.2 Elemen dasar pembubutan	7
2.5 Hubungan antara <i>feed motion</i> dan putaran <i>spindle</i> dengan keausan pahat	9
2.5 Komponen gaya.....	10
2.5 Komponen kecepatan permesinan.....	12
2.6 Keausan pahat.....	13
2.6.1 Mekanisme keausan dan kerusakan pahat	17
2.7 Geram.....	23
2.7.1 Pembentukan geram.....	24
2.7.2 Tipe geram.....	24
2.6 Pahat.....	27
2.8.1 Material pahat.....	27
2.7.2 Bahan pahat potong.....	28

2.8.3 Pelapisan pahat.....	29
2.9 Formulasi taylor	31
2.10 Hipotesa	32
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan waktu Penelitian	33
3.2 Variabel penelitian.....	33
3.3 Peralatan dan bahan yang digunakan.....	32
3.3.1 Peralatan yang digunakan.....	32
3.3.2 Bahan yang digunakan	36
3.4 Prosedur penelitian.....	38
3.5 Prosedur pengambilan dan pengolahan data.....	39
3.6 Prosedur pengukuran hasil gambar.....	39
3.7 Rancangan tabel hasil penelitian.....	40
3.8 Rancangan pengolahan data dan analisa data.....	40
3.9 Rancangan grafik.....	43
3.9.1 Grafik hubungan <i>feed motion</i> dan putaran <i>spindle</i> terhadap keausan tepi pahat.....	43
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Data hasil pengukuran.....	38
4.2 Pengolahan data.....	46
4.2.1 Contoh perhitungan.....	47
4.3 Analisa statistik.....	47
4.3.1 Analisa varian.....	47
4.3.2 Analisa grafis.....	53
4.4 Pembahasan	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

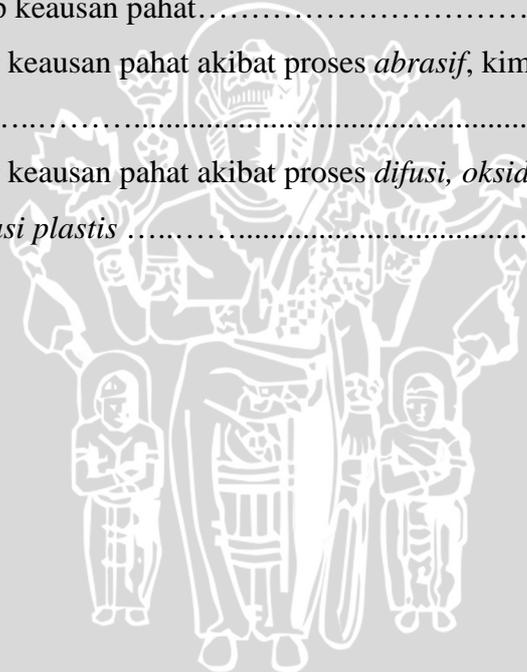
Judul	Halaman
Tabel 3.1. Data percobaan keausan pahat (mm).....	40
Tabel 4.1 Data nilai keausan pahat (mm).....	45
Tabel 4.2 Tabel data kecepatan potong (m/menit).....	46
Tabel 4.3 Daerah moderat.....	47
Tabel 4.4 Perhitungan analisis varian	48
Tabel 4.5 Analisis Varian Dua Arah.....	52
Tabel 4.6 Tabel keausan pahat (mm).....	53



DAFTAR GAMBAR

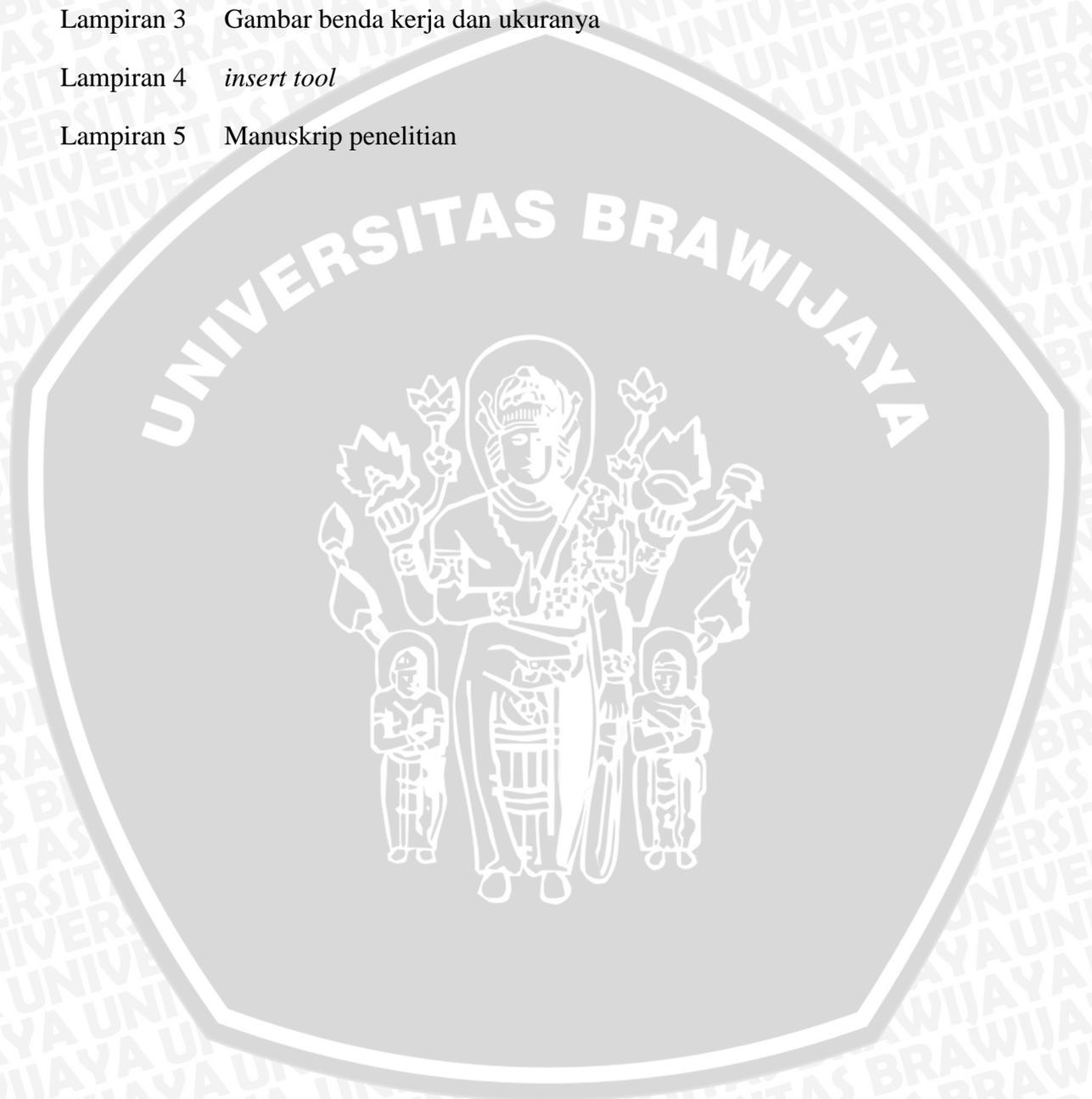
	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Gambar (1) Proses bubut rata, (2) bubut permukaan, (3) bubut tirus.....	5
Gambar 2.2	Gambar Sistem pemotongan tegak, sistem pemotongan miring....	7
Gambar 2.3	Gambar Proses bubut.....	7
Gambar 2.4	Gambar Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran.....	9
Gambar 2.5	Gambar Gerak makan dan kedalaman potong.....	10
Gambar 2.6	Gambar Diagram merchant.....	11
Gambar 2.7	Gambar kecepatan geser v_s yang ditentukan ditentukan oleh kecepatan geram (v_c) dan kecepatan potong (v).....	12
Gambar 2.8	Gambar keausan tepi (<i>Flank Wear</i>) dan keausan kawah (<i>Crater Wear</i>).....	13
Gambar 2.9	Gambar Aus Tepi (<i>Flank Wear</i>)	14
Gambar 2.10	Gambar Deformasi Plastis (<i>Plastic Deformation</i>).....	15
Gambar 2.11	Gambar Pengelupasan (<i>Flaking</i>).....	16
Gambar 2.12	Gambar Penyerpihan (<i>Chipping</i>).....	16
Gambar 2.13	Gambar <i>Built Up Edge</i>	17
Gambar 2.14	Gambar Daerah penempelan material benda kerja pada bidang geram pahat (BC) dan bidang mayor pahat (BG) dan daerah kontak antara geram dan bidang geram pahat (CD, terjadi gerakan <i>relative</i> yang berupa gesekan).....	19
Gambar 2.15	Gambar Penumpukan metal pada mata potong pahat (BUE) dalam proses permesinan baja. Foto metalografik spesimen yang diambil dari benda kerja pada lokasi bekas pemotongan..	20
Gambar 2.16	Gambar Dengan bertambahnya kecepatan potong maka BUE akan lenyap dan diganti dengan daerah aliran.....	20
Gambar 2.17	Gambar (a) Retak pada mata potong pahat freis karbida setelah digunakan untuk memotong baja (b) Retak yang diakibatkan oleh perbedaan koefisien pemuaian antara BUE (baja) dengan pahat karbida	23
Gambar 2.18	Gambar Pembentukan geram.....	24
Gambar 2.19	Gambar Geram kontinyu	25
Gambar 2.20	Gambar Geram kontinyu dengan BUE.....	26

Gambar 2.21	Gambar Geram bersegmen	26
Gambar 2.22	Gambar Geram diskontinyu	27
Gambar 3.1	Gambar EMCOTURN 242	34
Gambar 3.2	Gambar Jangka sorong	35
Gambar 3.3	Gambar tool holder general	35
Gambar 3.4	Gambar mikroskop	36
Gambar 3.5	Gambar (a) dimensi specimen sebelum proses bubut (b) gambar dimensi specimen setelah proses bubut	37
Gambar 3.6	Gambar <i>DCMT 11T304 UE6020</i>	37
Gambar 3.7	Gambar Diagram alir penelitian	44
Gambar 4.1	Gambar pengukuran dengan AUTOCAD 2012.....	45
Gambar 4.2	Gambar Grafik hubungan antara <i>feed motion</i> dan putaran <i>spindle</i> terhadap keausan pahat.....	53
Gambar 4.3	Gambar keausan pahat akibat proses <i>abrasif</i> , kimiawi, dan <i>adhesi</i>	54
Gambar 4.4	Gambar keausan pahat akibat proses <i>difusi</i> , <i>oksidasi</i> , dan <i>deformasi plastis</i>	56



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Tabel statistik 5 %
Lampiran 2	Katalog pahat mitsubishi
Lampiran 3	Gambar benda kerja dan ukuranya
Lampiran 4	<i>insert tool</i>
Lampiran 5	Manuskrip penelitian



RINGKASAN

Anand Harne Sanjaya., Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2013, pengaruh *feed motion* dan putaran *spindle* terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020* pada proses *turning*, Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ahcmad As'ad Sonief, MT.

Proses permesinan merupakan proses untuk mendapatkan bentuk, ukuran, serta kualitas permukaan potong yang dikehendaki dengan cara memotong logam (ditandai dengan dihasilkannya geram atau *chip*). Faktor – faktor yang mempengaruhi proses permesinan antara lain: jenis material benda kerja, jenis material pahat, parameter pemotongan (kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, *feed motion*), cairan pendingin, jenis proses permesinan (proses bubut, frais dan lain-lain). Keausan pahat dalam proses permesinan didefinisikan sebagai besarnya pelepasan material pahat pada permukaan kontak akibat interaksi antara pahat dan benda kerja. Secara spesifik, keausan pahat dideskripsikan sebagai rata – rata keausan (berkurangnya volume per unit area per waktu). (Schmidt, etc. 2003). Aus tersebut tumbuh seiring dengan jalannya proses permesinan, aus akan membesar dan memperlemah pahat.

Penelitian yang telah dilakukan bersifat *experimental (experimental reseach)*. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah putaran *spindle* 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm dan *feed motion* 0,1 mm/rev, 0,2 mm/rev, 0,3 mm/rev, 0,4 mm/rev. Variabel terikat pada penelitian ini adalah keausan tepi pahat (VB) pada pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020* dan material bahan yaitu JIS SCM 440.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa *feed motion* dan putaran *spindle* serta interaksi antara *feed motion* dan putaran *spindle* berpengaruh terhadap keausan pahat. Pada putaran *spindle* yang rendah yaitu 1000 rpm dan 1500 rpm dihasilkan keausan pahat yang rendah, kemudian cenderung naik seiring bertambahnya *feed motion*. Sedangkan pada putaran *spindle* yang tinggi, yaitu 2000 rpm, keausan pahat cenderung menurun seiring baertambahnya *feed motion*

Kata kunci : *feed motion*, putaran *spindle*, keausan pahat, *insert CVD*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses permesinan merupakan proses untuk mendapatkan bentuk, ukuran, serta kualitas permukaan potong yang dikehendaki dengan cara memotong logam (ditandai dengan dihasilkannya geram atau *chip*). Proses permesinan salah satunya yaitu dengan proses bubut yang alat potongnya berupa pahat. Seiring berkembangnya teknologi, pahat yang digunakan tidak hanya *HSS*. Pahat berupa insert pun berkembang, karena memiliki keakuratan yang lebih tinggi dan nilai ekonomis yang lebih bagus dibandingkan pahat *HSS*. Insert yang digunakan tidak hanya terbuat dari *carbide*, namun ada beberapa material yang sering digunakan dalam pembuatan insert. Setiap material memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dalam proses pembuatannya menggunakan metode yang berbeda.

Berbagai macam proses di bidang rekayasa pelapisan permukaan bahan (*Surface treatment*) bertujuan untuk menambah kekerasan, tahan terhadap korosi, tahan terhadap keausan, dan penampilan muka yang indah. Ada beberapa cara untuk mendapatkan sifat-sifat permukaan yang special diantaranya ialah dengan metode *evaporasi*, *CVD*, *PVD*, *karburasi*, *nitridasi*, *implantasi ion*, induksi listrik, dan *sputtering*. Salah satu metode pelapisan insert yang bersifat mudah dan ekonomis yaitu metode *CVD* (*Chemical Vapour Deposition*). Metode ini dilakukan dengan mengalirkan sumber karbon dalam fase gas melalui suatu sumber energi seperti sebuah plasma atau koil pemanas untuk mentransfer energi ke molekul karbon. Secara umum gas yang digunakan adalah metana, CO, dan asetilena. Selain itu fullerene dapat juga digunakan sebagai sumber karbon (Maruyama,dkk., 2003). Metode ini mudah dikontrol sesuai dengan tebal lapisan yang diinginkan dan juga terjadinya *thermal stress* pada permukaan substrat relatif kecil.

Faktor – faktor yang mempengaruhi proses permesinan antara lain: jenis material benda kerja, jenis material pahat, parameter pemotongan (kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, *feed motion*), cairan pendingin, jenis proses permesinan (proses bubut, frais dan lain-lain). Pada proses bubut, parameter

pemotongan terutama *feed motion* sangat berpengaruh terhadap keausan pahat. Keausan pahat dalam proses permesinan didefinisikan sebagai besarnya pelepasan material pahat pada permukaan kontak akibat interaksi antara pahat dan benda kerja. Secara spesifik, keausan pahat dideskripsikan sebagai rata – rata keausan (berkurangnya volume per unit area per waktu). (Schmidt, etc. 2003). Keausan terjadi karena adanya perubahan energy mekanik pemotongan menjadi energy panas. Perubahan energy tersebut terjadi akibat gesekan antara pahat dan benda kerja, benda kerja dan geram, serta proses perusakan molekuler (ikatan atom) pada bahan bidang geser (*Shear Plane*). Aus tersebut tumbuh seiring dengan jalannya proses permesinan, aus akan membesar dan memperlemah pahat. Pahat aus juga akan mempengaruhi gaya pemotongan maupun dapat berakhir dengan kerusakan yang fatal (*Catastrophic Failure*)(Rochim, 1993).

Ketika keausan pahat terjadi maka pahat potong harus diganti atau proses pemotongan harus dihentikan. Biaya dan waktu untuk penggantian pahat serta perbaikan mesin akan meningkatkan biaya produksi dan menurunkan kualitas produksi. Oleh karena itu keausan pahat yang sering terjadi perlu diperkecil untuk menyelesaikan masalah tersebut. Keausan pahat dapat diperkecil dengan mengendalikan parameter pemotongan. Diantaranya adalah pengaturan *feed motion* dan putaran *spindle*. Dari permasalahan tersebut perlu diadakan penelitian nyata tentang pengaruh *feed motion* dan putaran *spindle* terhadap keausan pahat *insert CVD*, agar bisa dijadikan acuan dalam pengendalian kondisi pada proses pemotongan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu : Bagaimana pengaruh *feed motion* dan putaran *spindle* terhadap keausan pahat *insert CVD* ?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas dan terfokus, maka perlu dilakukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pembahasan hanya di fokuskan pada hasil keausan pahat

2. Spesifikasi bahan yang digunakan adalah baja paduan *JIS SCM 440*
3. Proses yang dilakukan tanpa menggunakan pendinginan (*coolant*).
4. Variasi putaran *spindle* 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm,
5. Variasi *feed motion* 0,1 mm/rev, 0,2 mm/rev, 0,3 mm/rev, 0,4mm/rev
6. Proses pembubutan dianggap standar sesuai dengan prosedur pelaksanaan.
7. Depth of cut yang digunakan bersifat konstan sebesar 0,5 mm.
8. Jenis pahat yang digunakan *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*
9. Keausan yang diamati pada penelitian berfokus pada akibat variasi *feed motion* dan putaran *spindle*

1.4 Tujuan Penelitian

1. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *feed motion* terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*
2. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh putaran *spindle* terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mampu menerapkan teori-teori yang didapatkan selama perkuliahan terutama berkenaan dengan teknologi pemotongan logam.
2. Penelitian ini akan menambah pengetahuan tentang pengaruh kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan terhadap keausan pahat
3. Penelitian ini dapat memberikan masukan yang bermanfaat khususnya dalam bidang industri permesinan.
4. Dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut terutama mengenai teknologi pemotongan logam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Schmidt, etc (2003), melakukan penelitian dengan menggunakan simulasi *software DEFORM* dengan model 2 dimensi pada proses bubut. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan eksperimen dan dianalisa menggunakan rumus *Usu'I wear model* yaitu:

$$dW/dt = A \sigma V \exp(-B/T)$$

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan pemotongan maka akan memperbesar keausan pahat.

Budiman dan Richard, (2007) dalam tulisan yang berjudul analisis umur dan keausan pahat karbida untuk membubut baja paduan (ASSAB 760) dengan metode *variable speed machining test* memberi gambaran tentang umur pahat pada kecepatan rendah dan tinggi. Pada kecepatan rendah umur pahat lebih lama tetapi hasil pembubutan yang relative kasar, sedangkan pada kecepatan tinggi hasilnya halus tetapi umur pahat menjadi jauh lebih pendek. Ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan putaran maka gaya gesek juga akan meningkat dan tegangan geser meningkat pula hingga menyebabkan pahat terdeformasi sehingga pahat lebih cepat aus.

Chen. (2006), telah melakukan penelitian nyata untuk memprediksi keausan pahat terhadap kecepatan potong dan kedalaman pemotongan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan pemotongan yang tinggi dan kedalaman pemotongan yang semakin besar akan memperbesar keausan pahat.

Apriyahanda.(2007), juga melakukan penelitian dengan simulasi menggunakan *software ANSYS* untuk memprediksi kedalaman kedalaman pemotongan pada kekasaran permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman pemotongan menyebabkan semakin besar getaran dan kekasaran permukaan.

Hasan (2007), juga mengembangkan penelitian dengan menganalisis pengaruh kecepatan pemotongan terhadap keausan pahat pada proses bubut

dengan menggunakan *software* DEFORM 3D. Hasilnya menunjukkan bahwa kecepatan potong yang besar akan menyebabkan keausan yang besar pula.

Dari penelitian diatas dapat diambil kesimpulan bahwa keausan pahat banyak dipengaruhi oleh kecepatan pemotongan, kedalaman pemakanan dan gerak makan yang akan menyebabkan deformasi plastic. *Deformasi plastic* yang semakin besar akan meningkatkan beban geser pada bidang geram sehingga menyebabkan keausan pahat.

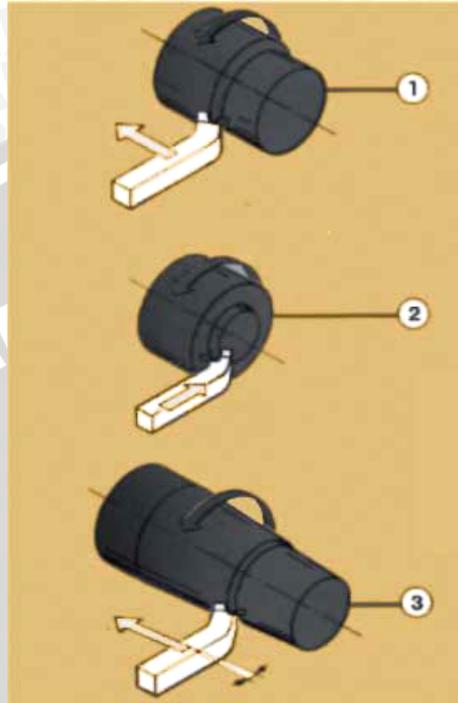
2.2 Proses Pemotongan Pada Mesin Bubut

Proses pemotongan dengan menggunakan mesin bubut merupakan salah satu yang umum dari operasi pemotongan dengan mesin bubut seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. Mekanisme mesin bubut secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut. Benda yang berbentuk silindris dipasang pada pencekam yang terletak diujung poros utama (*spindle*). Pada saat benda kerja berputar dengan kecepatan putar yang dapat disesuaikan, secara bersamaan pahat yang terletak pada kedudukan pahat bergerak translasi dengan kecepatan yang dapat diatur pula, sehingga pada saat inilah terjadi kontak antara mata pahat dengan benda kerja (produk). Kedudukan pahat terhadap benda kerja dapat diatur sedemikian rupa sehingga kedalaman pemakanan pahat terhadap benda kerja dapat disesuaikan.

Demikian juga proses bubut kontur, dilakukan dengan cara memvariasi kedalaman potong, sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat bermata potong tunggal, tetapi proses bubut bermata potong jamak tetap termasuk proses bubut juga, karena pada dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses pengaturan (*setting*) pahatnya tetap dilakukan satu persatu. Proses bubut dibedakan menjadi 3 yaitu :

- Proses bubut rata adalah proses bubut yang gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja (Gambar 2.1 no. 1).
- Proses bubut permukaan (*surface turning*, Gambar 2.1 no. 2) adalah proses bubut yang identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja.

- Proses bubut tirus (*taper turning*, Gambar 2.1 no. 3) sebenarnya identik dengan proses bubut rata di atas, hanya jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja.



Gambar 2.1 (1) Proses bubut rata, (2) bubut permukaan, dan (3) bubut tirus (sumber: <ftp://118.97.42.43/VIRLIBSTEMSI/TEKNOLOGI/TEKNIK>)

2.2.1 Sistem Pemotongan Pada Proses Bubut

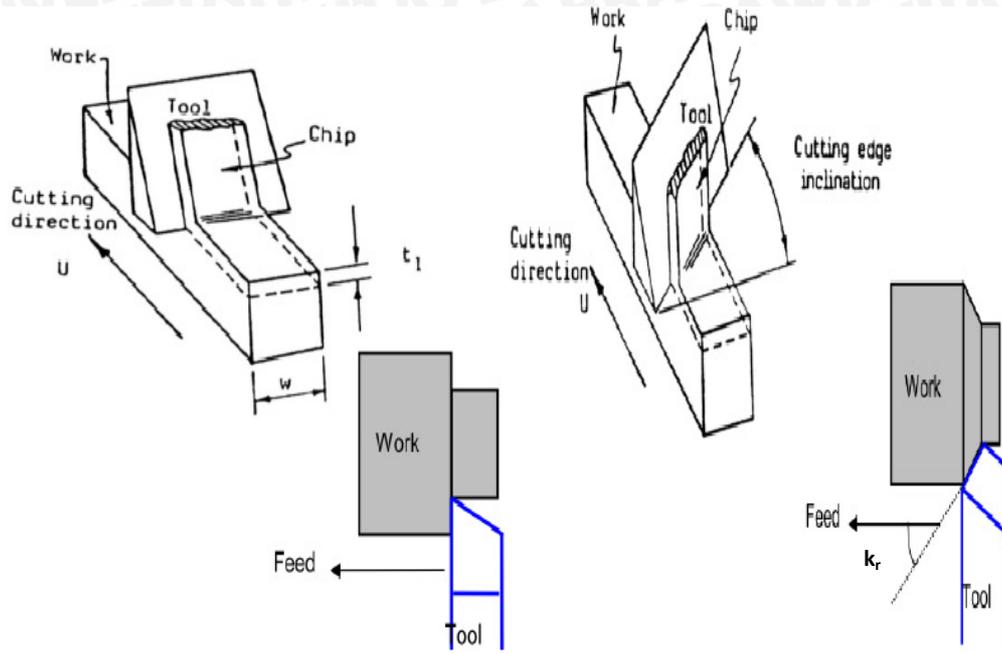
Secara garis besar system pemotongan dibagi menjadi dua macam (sumber; Boothroyd, 1985 : 63) yaitu:

1. Sistem Pemotongan Tegak (*Orthogonal Cutting*)

Sistem pemotongan tegak terjadi apabila sudut potong utama (ϕ_p) = 90° dan sudut miring (λ_s) $\neq 0^\circ$.

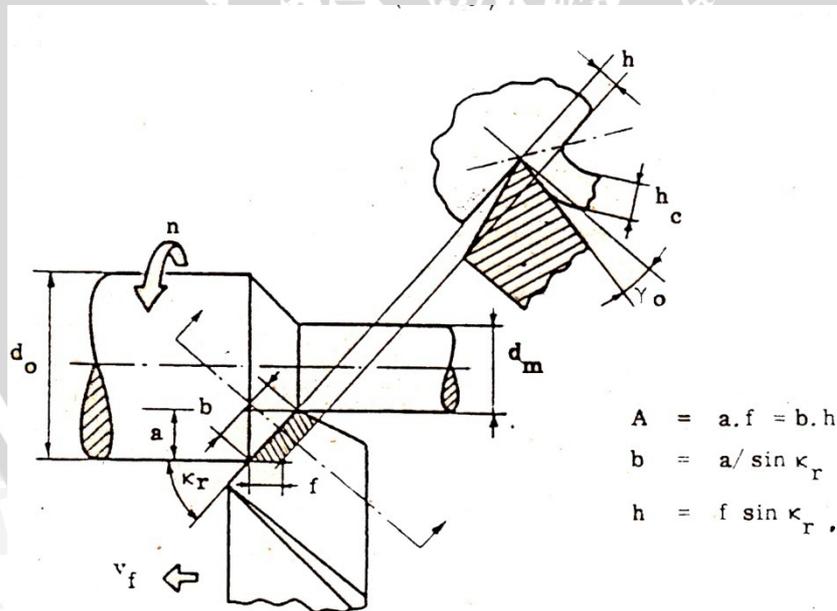
2. Sistem Pemotongan Miring (*Oblique Cutting*)

System pemotongan miring terjadi apabila sudut pemotongan utama (ϕ_p) < 90° dan sudut miring (λ_s) $\neq 0^\circ$.



Gambar 2.2(a) Sistem Pemotongan Tegak (b) sistem pemotongan miring
 (sumber: <http://dc276.4shared.com/doc/Isga7MzQ/preview.html>)

2.2.2 Elemen Dasar Proses Pembubutan



Gambar 2.3 Proses bubut
 (sumber: Rochim, 1993: 10)

Dari gambar 2.4, kondisi pemotongan dari proses pembubutan dapat ditentukan sebagai berikut (Rochim, 1981:14):

1. Benda kerja : d_0 = diameter mula (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

l_c = panjang permesinan (mm)

2. Pahat : k_r = sudut potong utama ($^\circ$)

γ_0 = sudut geram ($^\circ$)

3. Mesin bubut : a = kedalaman potong (mm)

$$a = \frac{(d_0 - d_m)}{2}$$

f = feed motion (mm/rev)

n = putaran *spindel* (rev/mm)

Sudut potong utama (k_r) yang antara sudut antara mata potong mayor dengan kecepatan pemakanan (v_f). Besar dari sudut tersebut ditentukan oleh geometri pahat yang digunakan serta cara pemasangannya. Untuk harga a dan f yang tetap, maka harga dari sudut ini menentukan besar dari lebar pemotongan serta tebal geram sebelum terpotong dengan rumus sebagai berikut (Rochim, 1993: 15):

➤ Lebar pemotongan : $b = \frac{a}{\sin k_r}$ (mm) (2.1)

➤ Tebal geram sebelum terpotong $h = f \sin k_r$ (mm) (2.2)

Dan untuk elemen dasar dari proses pembubutan dapat dihitung dari rumus – rumus berikut :

1. Kecepatan potong :

$$v = \pi . d . n \quad (\text{mm/min}) \quad (2.3)$$

dengan d = diameter rata – rata, yaitu:

$$d = \frac{(d_0 - d_m)}{2} \quad (\text{mm}) \quad (2.4)$$

2. Kecepatan pemakanan :

$$v_f = f . n \quad (\text{mm/min}) \quad (2.5)$$

3. Waktu pemotongan :

$$t_c = \frac{l_c}{v_f} \quad (\text{min}) \quad (2.6)$$

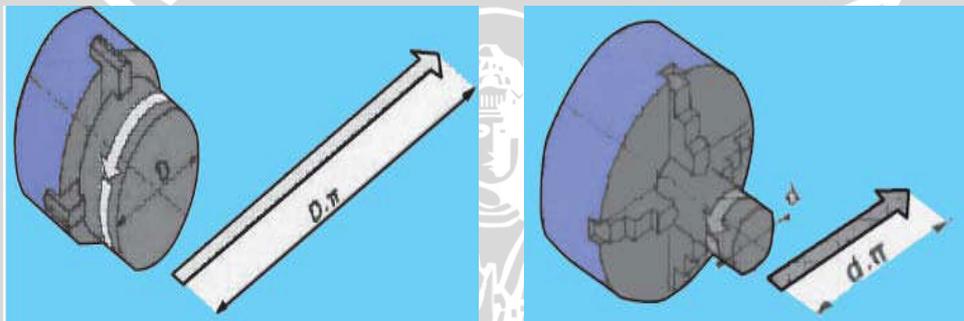
4. Kecepatan penghasilan geram :

$$Z = f . a . v \quad (\text{cm}^3/\text{min}) \quad (2.7)$$

2.3 Hubungan Antara *feed motion* dan putaran *spindle* dengan Keausan Pahat

Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

Putaran *spindle* (n), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (*spindle*) dan benda kerja. Putaran *spindle* dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotations per minute*, rpm). Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*cutting speed* atau v) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja

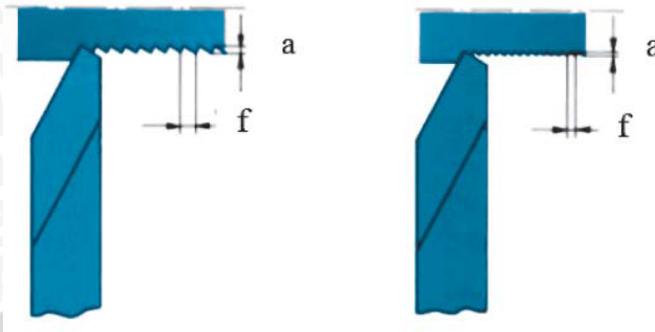


Gambar 2.4 Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran (sumber: <http://www.scribd.com/Fadliyah/d/17156178/6-BAB-6-MENGENAL-PROSES-BUBUT-TURNING>)

Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja, faktor bahan benda kerja, dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat.

Gerak makan (*feed motion*) yang disimbolkan f , adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (Gambar 2.5), sehingga satuan *feed motion* adalah mm/putaran. Sedangkan *feed* adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap satu menit, sehingga satuan dari *feed* adalah mm/menit. Gerak makan (*feed motion*) ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan

permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong.

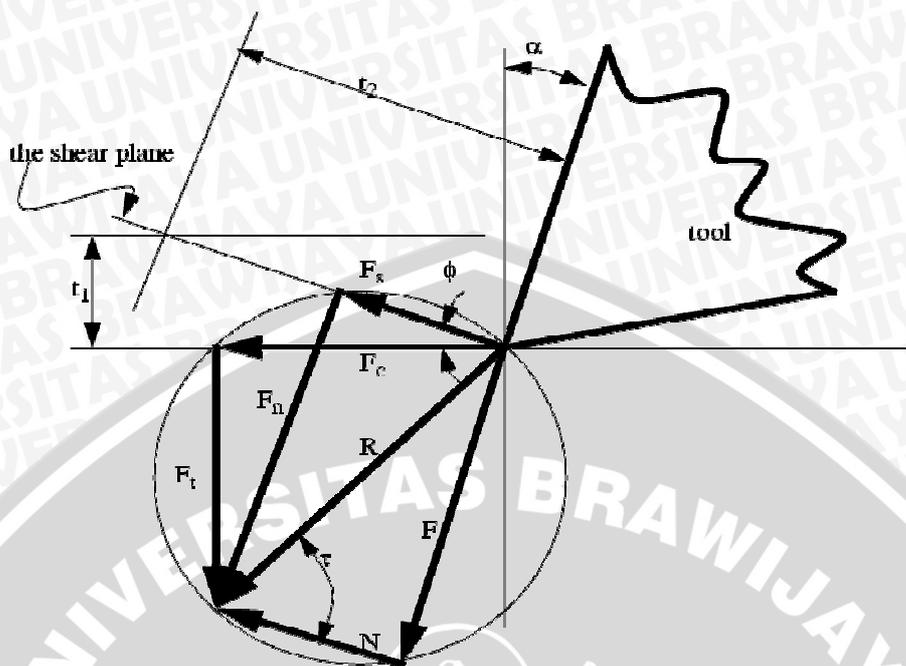


Gambar 2.5 Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a)
(sumber: <http://www.scribd.com/Fadlisyah/d/17156178/6-BAB-6-MENGENAL-PROSES-BUBUT-TURNING>)

Parameter utama dalam mesin bubut seperti kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan dan *feed motion* akan menyebabkan deformasi plastik. Deformasi plastik yang semakin besar akan menyebabkan beban geser yang semakin tinggi pada bidang geram sehingga menyebabkan terjadinya keausan pahat (Dieter, 1988). Sewaktu pemotongan mulai berlangsung, gaya potong akan membesar. Daerah dimuka potong akan menderita tegangan geser dengan orientasi dan harga yang bervariasi. Salah satu bidang akan menderita tegangan geser yang terbesar dan dengan naiknya gaya potong maka tegangan geser pada bidang tersebut akan melampaui batas elastis (*yield*) sehingga terjadi *deformasi plastic*. (Rochim,1993:27).

2.4 Komponen Gaya

Suatu analisa mekanisme pemotongan yang dikemukakan oleh Merchant mendasarkan teorinya sebagai suatu sistem yang dipandang sebagai sebuah bidang dan diuraikan menjadi dua buah gaya saling tegak lurus. Hal ini bisa ditunjukkan dengan diagram merchant pada gambar 2.6.



Gambar 2.6.diagram merchant
(sumber: Olah Diegal,2003 : 13)

Keterangan : α = sudut geram ($^{\circ}$)

Φ = sudut geser ($^{\circ}$)

τ = sudut gesek ($^{\circ}$)

R = resultan gaya total

F = gaya gesek pada bidang geram (N)

N = gaya normal pada bidang geram (N)

t_1 = *depth of cut* (mm)

t_2 = tebal geram (mm)

F_t = gaya makan (N)

F_e = gaya potong (N)

F_s = gaya geser (N)

F_n = gaya normal (N)

Dari gambar 2.6, digram Merchant pada mekanisme pemotongan dapat diuraikan komponen gaya sebagai berikut (Rochim, 1981):

I. Gaya pada proses deformasi material

1. Gaya geser (F_s) adalah gaya yang mendeformasi material pada bidang geser

2. Gaya normal pada bidang geser (F_n) adalah gaya yang menyebabkan pahat tetap melekat pada benda kerja.

II. Gaya dari pengukuran dinamometer

1. Gaya potong (F_c) adalah gaya yang bekerja searah dengan kecepatan potong.
2. Gaya makan (F_t) adalah gaya yang searah dengan kecepatan makan.

III. Gaya yang bereaksi pada bidang geram

1. Gaya gesek pada bidang geram (F) adalah gaya yang timbul karena aliran geram pada bidang geram.
2. Gaya normal pada bidang geram (N) adalah gaya yang menyebabkan geram tetap mengalir pada bidang geram.

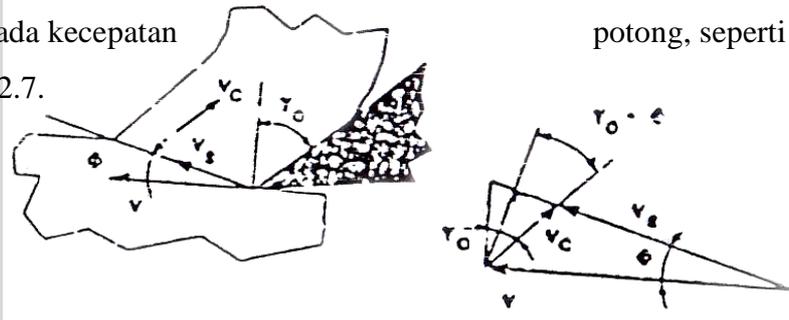
2.5 Komponen

permesinan

Oleh karena adanya geram, maka kecepatan aliran rendah dari pada kecepatan pada gambar 2.7.

kecepatan

pemampatan tebal geram selalu lebih potong, seperti terlihat



Gambar 2.7

yang ditentukan oleh dan kecepatan potong (sumber: Rochim, 1993)

Kecepatan geser v_s
kecepatan geram v_c
 v .

Berdasarkan polygon maka:

kecepatan di atas

1. Kecepatan geram (V_c)

$$V_c = \frac{V \sin \phi}{\cos(\gamma_0 - \phi)} = \frac{V \sin \phi}{\cos(\phi - \gamma_0)} \text{ (m/min)} \quad (2.8)$$

Dari persamaan

$$\lambda_h = \frac{\cos(\phi - \gamma_0)}{\sin \phi} \quad (2.9)$$



maka diperoleh

$$V_c = \frac{v}{\lambda h} \quad (\text{m/min})$$

(2.10)

Keterangan: v = kecepatan potong (m/min)

V_c = kecepatan geram (m/min)

V_s = kecepatan geser (m/min)

2. Kecepatan geser (V_s)

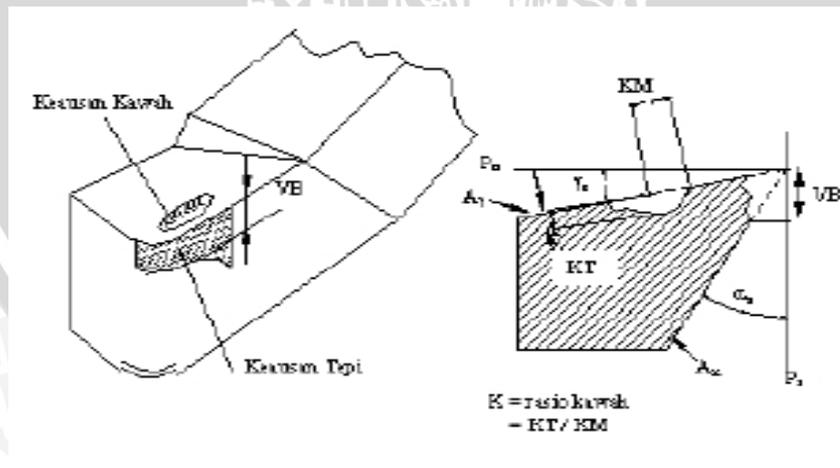
$$V_s = \frac{V_c \cos \gamma_o}{\sin \phi}$$

$$V_s = \frac{V \cos \gamma_o}{\cos(\phi - \gamma_o)} \quad (\text{m/min})$$

(2.11)

2.6 Keausan Pahat

Dalam prakteknya, keausan pahat tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja, melainkan juga oleh semua faktor yang berkaitan dengan proses pemesinan yaitu antara lain jenis material pahat dan benda kerja (*specimen*), kondisi pemotongan yaitu kecepatan potong, *depth of cut* dan *feed motion* serta cairan pendingin yang digunakan akan mempengaruhi juga dan proses pemesinanya.



Gambar 2.8. keausan tepi (*Flank Wear*) dan keausan kawah (*Crater Wear*)
(sumber: Schmidt, etc, 2003: 22)

Selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab, antara lain:

- Keausan yang secara bertahap membesar pada bidang aktif pahat.
- Retak yang menjalar menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
- Deformasi plastic yang akan mengubah bentuk/geometri pahat.

Keausan dapat terjadi pada bidang utama pahat dan bidang geram. Karena bentuk dan letaknya yang spesifik, keausan pada bidang geram disebut dengan keausan kawah (*creator wear*) dan keausan bidang utama/mayor dinamakan keausan tepi (*flank wear*). Dalam hal ini keausan kawah dapat diukur dengan mudah dengan menggunakan alat ukur kekerasan permukaan (*Roughness Test*). Sedangkan untuk keausan tepi dapat diukur dengan cara mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan ke garis rata-rata bekas keausan bidang utama. Aus pahat dapat dikarakteristikkan pada beberapa jenis, yaitu:

1. Aus Tepi (*Flank Wear*)

Aus tepi yaitu keausan pada bidang utama/mayor. Keausan tepi dapat diukur menggunakan mikroskop, dimana bidang mata potong 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 sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama. Untuk jelasnya ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Aus Tepi (*Flank Wear*)

(sumber: <http://www.carbidedepot.com/formulas-turning-troubleshoot.htm>)

2. Deformasi Plastik

Aus pahat berupa deformasi plastis disebabkan tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat, dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama dengan naiknya temperatur.



Gambar 2.10. Deformasi Plastis (*Plastic Deformation*)

(sumber: <http://www.carbidedepot.com/formulas-turning-troubleshoot.htm>)

3. Aus Kawah (*Crater Wear*)

Keausan pada bidang geram disebut dengan keausan kawah (*Crater Wear*). Keausan kawah hanya dapat diukur dengan mudah dengan memakai alat ukur kekasaran permukaan. Dalam hal ini jarum/sensor alat ukur digeserkan pada bidang geram dengan sumbu pergeseran diatur sehingga sejajar bidang geram. Dari grafik profil permukaan yang diperoleh dapat diukur jarak/kedalaman yang paling besar yang menyatakan harga KT (mm). Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.9. Selama proses pemotongan berlangsung, keausan tepi (VB) dan juga keausan kawah KT akan membesar (tumbuh) setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan t_c (min).

Kecepatan pertumbuhan keausan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor (jenis material benda kerja, material pahat, dan pemakaian cairan pendingin). Untuk suatu keadaan tertentu keausan kawah dapat bertumbuh dengan cepat, dan pada keadaan lain tidak terjadi keausan kawah. Mungkin pada situasi tertentu permukaan aktif pahat tidak menunjukkan tanda-tanda keausan yang berarti, tetapi dalam pemakaian selanjutnya mata potong tersebut tiba-tiba rusak sama sekali. Hal ini merupakan suatu faktor yang unik yang selalu sama tetapi sangat tergantung pada kondisi proses pemotongan.

4. Pengelupasan (*Flaking*)

Pengelupasan merupakan bentuk aus pahat yang letaknya sama dengan aus tepi (*flank wear*), tetapi bentuknya lebih kecil atau lebih halus. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Pengelupasan (*Flaking*)

(sumber: <http://www.carbidedepot.com/formulas-turning-troubleshoot.htm>)

5. *Penyerpihan (Chipping)*

Penyerpihan merupakan bentuk cacat kecil pada pahat yang terletak pada sisi mata pahat (*cutting edge*). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Penyerpihan (*Chipping*)

(sumber: <http://www.carbidedepot.com/formulas-turning-troubleshoot.htm>)

6. *Built Up Edge*

Built Up Edge terjadi karena material benda kerja yang terkelupas (geram) menyatu dengan mata pahat. Dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. *Built Up Edge*

(sumber: <http://www.carbidedepot.com/formulas-turning-troubleshoot.htm>)

2.6.1 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.

Faktor-faktor penyebab tersebut antara lain:

- Proses Abrasif
- Proses Kimiawi
- Proses Adhesi
- Proses Difusi
- Proses Oksidasi
- Proses Deformasi Plastik
- Proses Keretakan, dan Kelelahan

1. Proses Abrasif

Permukaan dapat rusak / aus karena adanya partikel yang keras pada benda kerja yang menggesek bersama-sama dengan aliran material benda kerja pada bidang geram dan bidang utama pahat. Proses abrasif merupakan faktor dominan sebagai penyebab keausan pada pahat HSS dengan kecepatan potong yang relatif rendah sekitar 10 s.d 20 m/min (Rochim. 1993). Bagi pahat karbida pengaruh proses abrasif ini tidak begitu mencolok karena sebagian besar struktur pahat karbida merupakan karbida - karbida yang sangat keras.

2. Proses Kimiawi

Dua permukaan yang saling bergesekan dengan tekanan yang cukup besar beserta lingkungan kimiawi yang aktif (udara maupun cairan pendingin tertentu) dapat menyebabkan interaksi antara material pahat dengan benda kerja.

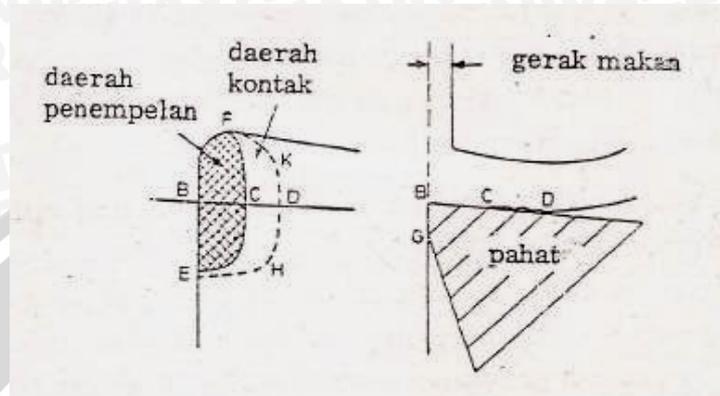
Permukaan material benda kerja yang baru terbentuk (permukaan geram dan permukaan benda kerja yang telah terpotong) sangat kimia aktif sehingga mudah bereaksi kembali dan menempel pada permukaan pahat. Pada kecepatan potong yang rendah, oksigen dalam udara pada celah-celah di antara pahat dengan geram atau benda kerja mempunyai kesempatan/peluang untuk bereaksi dengan material benda kerja sehingga akan mengurangi derajat penyatuan (afinitas) dengan permukaan pahat. Akibatnya daerah kontak dimana pergeseran antara metal dengan metal (pahat dengan geram/benda kerja) akan lebih luas sehingga proses keausankarena gesekan akan terjadi lebih cepat. Pada kecepatan potong yang rendah, temperatur pemotongan mesin cukup tinggi untuk mengubah air atau cairan pendingin menjadi uap yang dapat berfungsi sebagai oksigen. Dengan demikian pelumas sangat diperlukan untuk mengurangi kontak antar metal dengan metal (*Boundary lubrication*).

3. Proses Adhesi

Pada tekanan dan temperatur yang relatif tinggi, permukaan metal yang baru saja terbentuk akan menempel (bersatu seolah-olah dilas) dengan permukaan metal yang lain. Proses adhesi tersebut terjadi disekitar mata potong pada bidang geram dan bidang utama pahat. Dengan demikian permukaan bidang geram dan bidang utama di dekat mata potong tidak pernah mengalami gesekan langsung dengan aliran material benda kerja (geram). Kontak hanya mungkin terjadi pada daerah disebelah belakangdaerah penempelan tersebut. Karena pada semua keadaan/kondisi pemotongan, proses adhesi di daerah dekat mata potong hamper selalu terjadi, maka pada daerah tersebut dapat dinamakan sebagai daerah aliran (*Flow Zone*). Hal ini dapat diumpamakan sebagai aliran fluida yang mempunyai kecepatan aliran nol pada batas pemisah (dinding pipa). Bentuk dan distribusi kecepatan aliran metal tergantung pada jenis material benda kerja dan kondisi pemotongan. Sebagai contoh :

a. Benda kerja Nikel dan paduannya dengan pahat Karbida (*Cemented carbide*) mempunyai affinitas yang besar sehingga geram akan menempel dengan kuat, sebaliknya benda kerja magnesium mempunyai afinitas yang lemah terhadap pahat HSS.

b. Pada kecepatan potong rendah aliran metal (lapisan tipis diatas daerah penempelan) makan kurang teratur (*irreguler*), sedangkan pada kecepatan potong yang tinggi aliran metal tersebut lebih teratur. Mekanisme keausan akibat gesekan yang terjadi pada bidang utama pahat dapat dilihat pada gambar 2.14

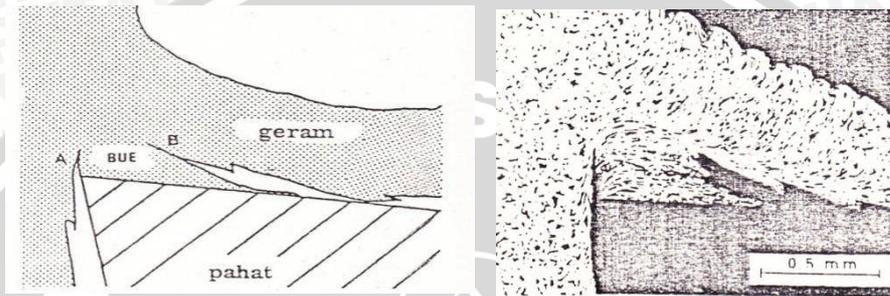


Gambar 2.14.Daerah penempelan material benda kerja pada bidang geram pahat (BC) dan bidang *mayor* pahat (BG) dan daerah kontak antara geram dan bidang geram pahat (CD, terjadi gerakan relative yang berupa gesekan).

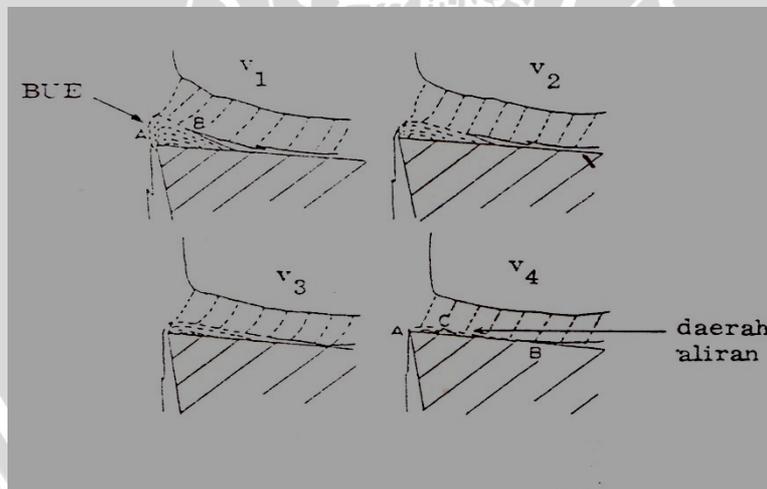
(Sumber: Rochim, 1993)

Karena aliran metal yang kurang teratur pada kecepatan potong yang rendah dan bila daya adhesi atau afinitas antar material benda kerja dan material pahat cukup kuat maka akan terjadi proses penumpukan lapisan material benda kerja pada bidang geram di daerah dekat mata potong. Penumpukan lapisan material tersebut dalam proses pemesinan terkenal dengan nama BUE (*Built Up Edge*) yang mengubah geometri pahat (sudut geram γ_0) karena berfungsi sebagai mata potong yang baru dari pahat yang bersagkutan. BUE merupakan struktur yang dinamik, sebab selama proses pemotongan pada kecepatan rendah berlangsung, BUE akan tumbuh dan pada suatu saat lapisan atas atau seluruh BUE akan tergeser/terkelupas dan berulang dengan proses penumpukan lapisan metal yang baru. Ditinjau dari kekasaran permukaan hasil pemotongan, jelas BUE akan merugikan. Dalam proses pemotongan terputus atau bila geteran cukup besar, pada saat beban kejut terjadi seluruh struktur BUE dapat terkelupas dan akan membawa sebagian lapisan terluar material pahat yaitu pada butir martensit padapahat HSS atau butir karbida (pahat karbida). Proses pertumbuhan dan pengelupasan BUE tersebut terjadi secara periodik sehingga mata potong pahat akan cepat aus dan pada suatu saat ujung pahat tidak kuat lagi untuk menahan

gaya pemotongan yang makin membesar sehingga terjadi kerusakan fatal. Untuk pemotongan dengan kecepatan rendah dengan kondisi tanpa beban kejut, BUE akan lebih stabil. Pengelupasan hanya terjadi pada lapisan atas BUE sehingga permukaan pahat justru akan terlindungi. Jika geram mempunyai bentuk serpihan dengan adanya BUE yang stabil umur pahat akan sangat panjang. Proses perubahan BUE dapat ditunjukkan pada gambar 2.15 dan 2.16.



Gambar 2.15. Penumpukan metal pada mata potong pahat (BUE) dalam proses pemesian baja. Foto metalografik spesimen yang diambil dari benda kerja pada lokasi bekas pemotongan.
(sumber: Rochim, 1993: 128)



Gambar 2.16. Dengan bertambahnya kecepatan potong maka BUE akan lenyap dan diganti dengan daerah aliran.(sumber: Rochim, 1993: 129)

4. Proses Difusi

Pada daerah dimana terjadi pelekatan (adhesi) antara material benda kerja dengan pahat dibawah tekanan dan temperatur yang tinggi serta adanya aliran

metal (geram dan permukaan terpotong relatif terhadap pahat) akan menyebabkan timbulnya proses difusi. Dalam hal ini terjadi perpindahan atom metal dan karbon dari daerah dengan konsentrasi tinggi menuju daerah dengan konsentrasi rendah. Kecepatan keausan karena proses difusi tergantung pada beberapa faktor, antara lain:

- a. Daya larut (*Solubility*) dari berbagai fasa dalam bentuk struktur pahat terhadap material benda kerja.
- b. Temperatur
- c. Kecepatan aliran metal yang melarutkan.

Pada pahat Karbida (*Cemented carbide*) cobalt sebagai pengikat karbida akan terdifusi, akan tetapi butiran karbida tidak mudah terkelupas. Hal ini disebabkan oleh dua faktor, pertama karena ikatan antara butiran karbida cukup kompak (80% volumenya terdiri atas butiran karbida) dan kedua karena atom besi dari benda kerja akan terdifusi kedalam struktur pahat sehingga menggantikan cobalt sebagai pengikat. Atom karbon dalam karbida sendiri tidak mudah terdifusi, karena ikatan karbon dalam karbida sangat kuat dan stabil. Apabila temperatur dan kecepatan aliran metal yang melarutkan makin tinggi, karbon dalam karbida akan terdifusi. Karbida titanium tidak mudah terdifusi bila dibandingkan dengan karbida tungsten, namun jika benda kerja merupakan paduan titanium hal sebaliknya akan terjadi. Kecepatan difusi dipengaruhi oleh temperatur, dengan demikian bidang pahat yang mempunyai temperatur yang tinggi akan mengalami keausan karena proses difusi. Pada pemotongan hampir semua jenis benda kerja akan mengalami distribusi temperatur. Oleh sebab itu pada kecepatan yang tinggi, aus kawah (*crater wear*) pada bidang geram akan timbul yang dimulai dengan terjadinya mekanisme difusi. Dalam hal yang khusus yaitu pada pemotongan nikel dan paduannya, mata potong menderita temperatur yang tertinggi sehingga tidak terjadi aus kawah melainkan keausan mata potong.

Kecepatan aliran metal menentukan kecepatan proses difusi. Hal ini ditunjukkan oleh kenyataan bahwa meskipun temperatur bidang utama (*major*) pahat jauh lebih rendah daripada temperatur bidang geram yang sangat dekat dengan mata potong akan tetapi justru keausan karena difusi terjadi pada bidang utama. Bidang geram di dekat mata potong tersebut berhadapan dengan aliran

metal dengan kecepatan (kecepatan geram) yang selalu lebih rendah daripada kecepatan aliran metal di atas bidang utama dekat mata potong.

5. Proses Oksidasi

Pada kecepatan potong yang tinggi (temperatur yang tinggi) ketahanan karbida atas proses oksidasi akan menurun. Karbida dapat teroksidasi bila temperaturnya cukup tinggi dan tidak ada perlindungan terhadap serangan oksigen dalam atmosfer. Akibatnya struktur material pahat akan lemah dan tidak tahan akan deformasi yang disebabkan oleh gaya pemotongan. Cairan pendingin pada batas-batas tertentu mampu mencegah terjadinya oksidasi.

6. Proses Deformasi Plastik

Kekuatan pahat untuk menahan tegangan tekan (*compressive stresses*) merupakan sifat material pahat yang dipengaruhi oleh temperatur. Hal inilah yang merupakan faktor utama yang membatasi kecepatan penghasilan geram bagi suatu jenis pahat.

Penampang geram harus direncanakan supaya tekanan yang diderita ujung/pojok pahat tidak melebihi batas kekuatan pahat untuk menghindari terjadinya deformasi plastik. Pahat HSS jauh lebih lemah dibandingkan dengan pahat karbida, sehingga kekerasan benda kerja yang dapat dipotong HSS umumnya tidak lebih dari 350 HV (mungkin juga sampai 450 HV asalkan kecepatan potong dan penampang geram diperkecil). Pojok pahat harus diberi radius yang disesuaikan dengan besarnya penampang geram, sebab deformasi akibat tegangan akan dimulai pada pojok pahat.

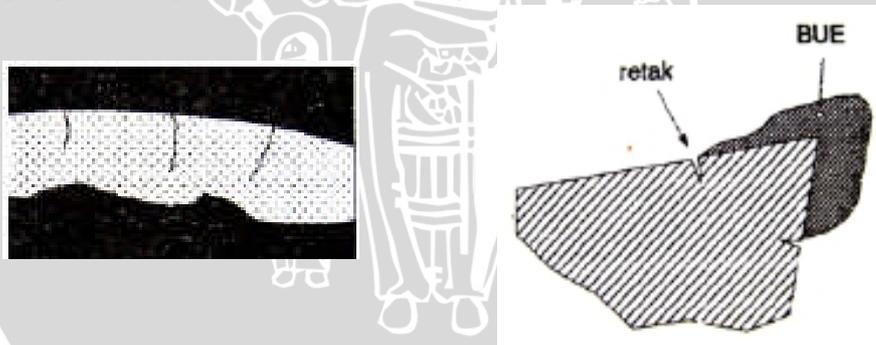
Selain deformasi akibat beban tekan yang dibahas di atas, deformasi plastik dapat terjadi pada lapisan terluar suatu pahat HSS. Hal ini diakibatkan oleh tegangan geser yang sangat tinggi dari material benda kerja yang mengalami regangan dengan kecepatan tinggi (*High Strain Rate*). Seperti diketahui bahwa *yield stress* suatu metal akan tinggi sekali bila mengalami strain dengan kecepatan yang tinggi.

7. Proses Keretakan dan Kelelahan

Umur pahat mungkin sangat singkat karena diakibatkan oleh karena patahnya pojok pahat sebelum timbul tanda terjadinya keausan. Hal ini umumnya terjadi bila pojok pahat menderita beban kejut (*impact load*) seperti halnya yang

sering terjadi pada proses permulaan pemotongan dengan gerak makan atau kedalaman potong yang besar. Untuk itu perlu dipilih pahat dari jenis yang lebih ulet (*ductile*, misalnya pahat karbida dengan persentase Co yang besar atau dipilih pahat HSS) atau digunakan geometri yang cocok (sudut penampang atau sudut miring yang besar dengan sudut potong utama yang kecil dan radius pojok yang besar). Retak yang sangat lembut (*micro crack*) dapat terjadi pada mata potong atau pojok pahat. Retak tersebut makin lama makin besar (menjalar) sampai akhirnya terjadi konsentrasi tegangan (*strees concentration*) yang sangat besar sehingga pahat akan patah. Gejala ini sering disebut kelelahan (*fatigue*). Kelelahan dapat dianggap kelelahan mekanik atau kelelahan termik ataupun gabungan dari kedua hal tersebut. Kelelahan mekanik akibat beban yang berfluktuasi. Kelelahan termik terjadi akibat tegangan yang berfluktuasi yang disebabkan oleh fluktuasi temperatur.

BUE pada pahat karbida dapat menyebabkan terjadinya keretakan. Karena koefisien muai material karbida lebih rendah daripada koefisien muai baja (BUE) maka suatu pendingin yang tiba-tiba (pada langkah akhir pemotongan dengan cairan pendingin) akan menyebabkan cairan BUE mengkerut lebih banyak daripada pengkerutan permukaan pahat, akibatnya dapat terjadi keretakan.



Gambar 2.17. a. Retak pada mata potong pahat freis karbida setelah digunakan untuk memotong baja. b. Retak yang diakibatkan oleh perbedaan koefisienpemuai antara BUE (baja) dengan pahatkarbida. (sumber: Rochim, 1993)

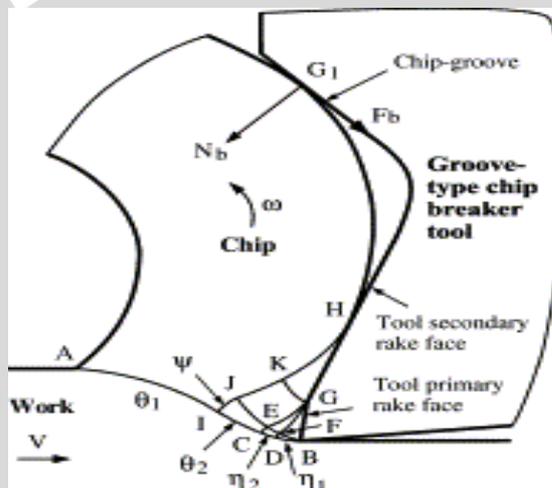
2.7 Geram

Geram merupakan material sisa pemotongan, jenis geram ada bermacam – macam. Pemotongan yang berkualitas dapat dilihat dari geram yang dihasilkan, berdasarkan bentuk geram biasanya sudah dapat diketahui hasil dari pemotongan

tersebut. Pembentukan geram, tipenya dan semua tentang geram dijelaskan dibawah ini.

2.7.1 Pembentukan Geram

Material yang ulet biasanya apabila mengalami tekanan akan mengalami tegangan didaerah sekitar konsentrasi tegangan terjadi. Tegangan yang terjadi pada material pahat sangat kompleks, hingga menjadi tegangan geser dan pada satu arah tegangan akan mengakibatkan tegangan geser maksimum. Apabila tegangan ini melebihi tegangan geser maksimum material maka material akan terdeformasi plastic yang menggeser hingga memutuskan ujung material pahat dan akan menghasilkan geram seperti gambar 2.18.



Gambar 2.18 Pembentukan geram
(Sumber : <http://mmu.ic.polyu.edu.hk/handout/.jpg>)

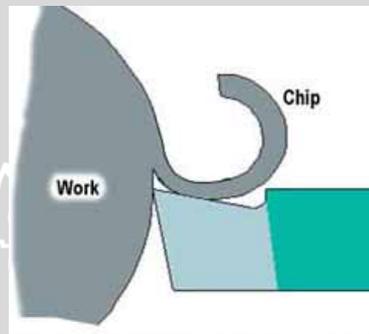
2.7.2 Tipe Geram

Tipe geram yang terbentuk saat proses pembubutan sangatlah berpengaruh terhadap kualitas hasil pembubutan atau kualitas pada permukaan hasil bubutan. Sehingga dalam praktiknya pembentukan geram ini harus diperhatikan agar dapat meningkatkan kualitasnya. Ada empat jenis geram menurut pembentukannya, antara lain:

1. Geram kontinyu (*continous chip*)

Geram kontinyu dihasilkan ketika material terdeformasi tanpa patah dan mengalir diatas mata potong seperti pita. Dapat dikatakan material yang telah

terdeformasi melekat dengan material lain hingga terbentuk geram yang kontinyu. Ini dikarenakan material yang terdeformasi terjadi gesekan antara material dengan pahat hingga menghasilkan panas dan karena panas yang dihasilkan tersebut maka geram hasil pemotongan menyatu tanpa terputus. Geram jenis ini dihasilkan dari pemotongan material yang ulet dan dengan kecepatan pemotongan yang tinggi. Meskipun umumnya geram jenis ini menghasilkan permukaan yang halus, tetapi tidak semua menginginkannya, karena bentuk geramnya yang panjang bisa melilit holder dan untuk membersihkannya harus menghentikan proses sehingga terjadi pemborosan waktu. Hal ini biasanya dapat diatasi dengan bantuan *chip breaker* pada pahat itu sendiri. Bentuk geram jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 geram kontinyu

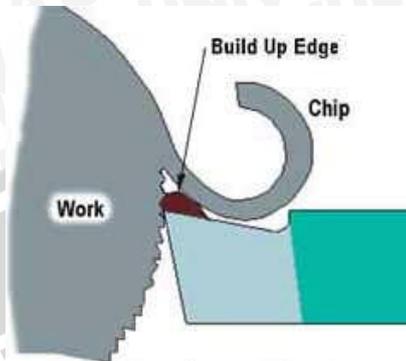
(sumber : http://mmu.ic.polyu.edu.hk/handout/0102/02_f7.jpg)

2. Geram kontinyu dengan *built-up edge* (BUE)

Jenis geram ini sebenarnya mirip dengan geram kontinyu, hanya saja ada BUE yang terbentuk pada ujung mata pahat. BUE terbentuk akibat gesekan antara material pahat dengan benda kerja, hingga menghasilkan panas, geram yang tertinggal pada mata pahat menjadi sangat lengket hingga seperti dilas karena panas yang dihasilkan oleh gesekan pahat dengan benda kerja tersebut. Seiring dengan bertambahnya BUE maka akan terjadi perpecahan aliran geram menjadi dua. Apabila terjadi peningkatan tegangan geser maka BUE akan hilang ikut aliran, tetapi segera akan digantikan dengan BUE lagi yang baru terpotong, begitu seterusnya. Pada saat BUE terlepas dari pahat maka akan membawa sebagian kecil material pahat, jika terus berlanjut maka pahat akan mengalami keausan. Geram jenis ini biasanya muncul ketika memotong material yang ulet dengan kecepatan potong yang *relative* rendah. Geram dengan BUE ini tidak diharapkan,

repository.ub.ac.id

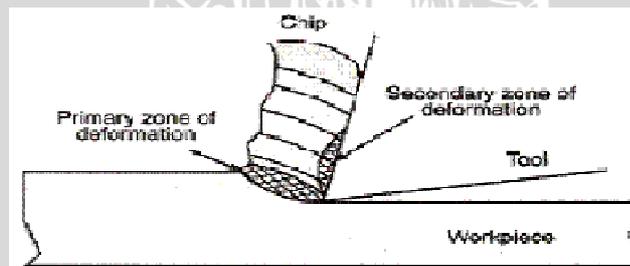
karena menghasilkan permukaan yang kasar, meningkatkan konsumsi daya dan menyebabkan pahat lebih mudah aus. Bentuk dari geram jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Geram kontinyu dengan BUE
(sumber : http://mmu.ic.polyu.edu.hk/handout/0102/02_f7.jpg)

3. Geram bersegmen (*Segmented Chip*)

Geram bersegmen merupakan geram semu kontinyu, karena menghasilkan geram yang tidak pasti, kadang panjang kadang juga pendek. Geram jenis ini dihasilkan ketika memotong material yang ulet dengan kecepatan potong yang rendah serta kedalaman pemotongan yang besar. Bentuk geram ini dapat dilihat pada gambar 2.21.



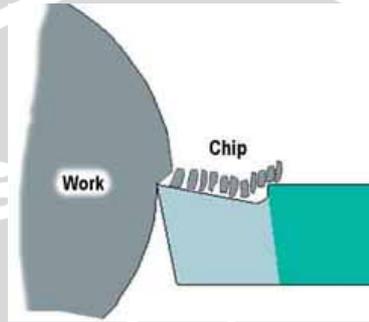
Gambar 2.21 Geram bersegmen
(sumber : http://mmu.ic.polyu.edu.hk/handout/0102/02_f7.jpg)

4. Geram diskontinyu (*Discontinuous chip*)

Geram diskontinyu terdiri dari bersegmen – segmen yang terpisah antara satu dengan yang lainnya. Geram ini dihasilkan ketika melakukan proses pemotongan dengan kecepatan terlalu rendah atau terlalu tinggi dan dengan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

kedalaman pemotongan yang besar serta sudut geram yang terlalu kecil. Material yang digunakan hingga menyebabkan geram diskontinyu adalah material yang getas, kekakuan alat potong yang rendah juga akan mengakibatkan terjadinya diskontinyu geram serta efektivitas penggunaan cairan pendingin yang masih kurang, sehingga menghasilkan permukaan yang kasar. Geram bentuk ini terlihat pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 Geram diskontinyu
(sumber : http://mmu.ic.polyu.edu.hk/handout/0102/02_f7.jpg)

2.8 Pahat

2.8.1 Material Pahat

Proses pembentukan geram dengan cara permesinan melibatkan pertemuan antara dua material yaitu material pahat dan material spesimen. Untuk mendukung berjalannya proses dibutuhkan material dengan kriteria sebagai berikut:

- Kerasan
Kekerasan yang tinggi melebihi kekerasan benda kerja baik pada temperatur ruang maupun temperature tinggi.
- Keuletan
Keuletan yang tinggi untuk menahan beban kejut yang terjadi selama proses permesinan sangat diperlukan.
- Ketahanan beban kejut termal
Ini diperlukan apabila terjadi perubahan *temperature* yang cukup besar secara periodic.
- Sifat adhesi yang rendah
Hal ini berfungsi untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan dan mengurangi gaya pemotongan.

- Daya larut elemen / komponen material yang rendah

Dibutuhkan untuk memperkecil keausan akibat mekanisme difusi.

Pada proses penghasilan geram berlangsung, pahat dan benda kerja akan mengalami gesekan yang akan menimbulkan panas. Selain itu tekanan pada benda kerja terhadap pahat juga akan menyebabkan keausan pada bidang – bidang utama pahat (bidang muka pahat dan bidang potong utama).

Proses keausan ini akan berlangsung terus – menerus sehingga akan mengubah bentuk dari mata potong. Karena perubahan bentuk ini permukaan benda kerja menjadi kasar. Untuk memperpanjang daya tahan pahat, maka material pahat harus mempunyai sifat keras dan kuat untuk menahan tekanan dan temperature tinggi, akan tetapi tidak boleh terlalu rapuh serta harus memiliki ketahanan aus yang baik.

2.8.2 Bahan Pahat Potong

Beberapa jenis material pahat yang dikenal dalam industry permesinan adalah:

1. Baja karbon (*Carbon tool steel*)

Suatu baja dengan kandungan karbon yang relatif tinggi (0,7% - 1,4%) tanpa adanya elemen – elemen lain dalam komposisinya (Rochim, 1993, 162)

2. Baja karbon campuran (*Alloyed tool steel*)

Sifat – sifat dari karbon dapat diperbaiki dengan menambahkan sedikit elemen Cr, Mn, W dan V. baja campuran rendah yang digunakan yang relatif tidak berat yaitu pahat bentuk, pahat potong yang tidak menghasilkan geram untuk pemotongan plat (Rochim, 1993, 163)

3. HSS (*High speed steel*)

HSS terdiri gabungan antara tungsten, chromium, vanadium, molybdenum, dan cobalt. Pahat HSS mampu menahan beban berat, tahan terhadap beban kejutan dan mempunyai sisi potong yang tajam (Agus, 2001)

4. *Cast cobalt base alloys*

Pahat ini umumnya terdiri dari 25% - 35% chromium, 4% - 25% tungsten, 15% - 3% carbon dan sisanya cobalt. Pahat potong ini mempunyai kekerasan yang tinggi, ketahanan pemakaian yang lebih lama, sisi potong yang baik, lemah terhadap beban kejutan.

5. Karbida berlapis (*Coated cemented carbide*)

Pahat potong jenis ini mempunyai kecepatan pemotongan 3 sampai 4 kali dari pahat potong HSS, mempunyai keuletan yang rendah tetapi kekerasannya tinggi, dan sisi potong yang baik. *Coated cemented carbide* terdiri dari tungsten carbide yang disatukan dalam matrik cobalt dan penambahan titanium sebelum proses sintering.

6. Keramik (*Ceramic*)

Terbuat dari bahan aluminium oksida, sangat padat, keras dengan komposisi mikrostruktur yang terkontrol, akan tetapi pahat jenis ini sangat rapuh. Pahat jenis ini dioperasikan dengan kecepatan tinggi.

7. Intan (*Diamond tool*)

Penggunaan *diamond tool* sangat terbatas pada material non ferro, seperti AL, white metal, brass, copper, gold, silver, platina dan material material nonmetalik seperti ebonite.

2.8.3 Pelapisan pahat

Berbagai macam proses di bidang rekayasa pelapisan permukaan bahan (*Surface treatment*) bertujuan untuk menambah kekerasan, tahan terhadap korosi, tahan terhadap keausan, dan penampilan muka yang indah antara lain:

1. *Chemical Vapour Deposition* (CVD)

Metode ini merupakan metode yang paling mudah dilakukan, namun impuritas yang dihasilkan cukup rendah. Impuritas dapat diminimalkan dengan proses purifikasi karbon *nanotube*. Metode dilakukan dengan mengalirkan sumber karbon dalam fase gas melalui suatu sumber energi seperti sebuah plasma atau koil pemanas untuk mentransfer energi ke molekul karbon. Secara umum gas yang digunakan adalah metana, CO, dan asetilena. Selain itu fullerene dapat juga digunakan sebagai sumber karbon (Maruyama, dkk., 2003). Sumber energi digunakan untuk meng-crack molekul karbon menjadi atom karbon reaktif. Karbon mendifusi ke substrat yang telah panas dan menempel dengan sebuah katalis. Katalis biasanya adalah logam transisi baris pertama seperti Ni, Fe, atau Co. Beberapa penelitian menggunakan campuran katalis Co/Mo (Kitiyanan, dkk., 2000 dan Resasco, dkk., 2004), Co/MgO (Flahaut, dkk., 2000),

Fe/Mo (Zheng, dkk., 2002). Karbon *nanotube* akan terbentuk jika parameter- parameter proses tetap terjaga.

2. *Evaporasi*

Pada metode evaporasi, material yang akan diamati permukaannya ditempatkan dalam satu ruang vakum (*chamber*) bersama dengan logam pelapis. Logam pelapis kemudian dipanaskan hingga mendekati titik leburnya. Atom-atom yang menguap pada permukaan logam, ketika sampai ke permukaan material yang memiliki suhu lebih rendah, akan terkondensasi dan membentuk lapisan film tipis di permukaan material. Ketebalan lapisan dapat dikontrol dengan mengatur lama waktu evaporasi. Agar proses ini berlangsung efisien, logam pelapis yang digunakan harus memiliki titik lebur rendah, umumnya digunakan emas (Abdullah & Khairurrijal, 2009).

3. *Physical Vapor Deposition (PVD)*

Physical Vapor Deposition (PVD) adalah bagian dari *Vacuum coating technology* istilah umum yang digunakan untuk menjelaskan dari berbagai metoda untuk deposit thin film oleh kondensasi yang di evaporasi dari material ke berbagai permukaan. Semua metoda PVD yang digunakan memerlukan ruang hampa tinggi, secara relatif mengijinkan melekul bebas, metal dari atom dan gas yang dicampur untuk membentuk reaksi dari permukaan tool. Ada beberapa sistim PVD untuk menghasilkan metal ion dan reaksi thermochemical untuk membentuk lapisan diantaranya :

1. *Electron Gun*, mengarahkan suatu arus dari energy elektron yang tinggi ke arah Material deposisi dalam suatu tempat dan penguapan di ruang hampa tinggi dari sistem depositionsion.
2. *Sputtering*, di mana argon yang di ionisasi membom target deposisi metal dan atom yang diperlukan untuk reaksi pembentukan pelapisan.
3. *Arc, Evaporasi* material deposisi dan melempar dengan cepat ke arah *tool surface* (Substrate) , bersama-sama dengan gas reaktif (Nitrogen atau Carbon gas dari metan).

2.9 Formulasi Taylor

Diperlukan suatu kriteria kapan dilakukan penggantian sebuah pahat. Kemampuan untuk memprediksi usia pahat sangatlah penting untuk manajemen pahat. Usia pahat sangat bergantung dari material pahat, geometri, permukaan, jenis pekerjaan, kedalaman potong, dan jenis pemotongan. Salah satu persamaan usia pahat yang dapat digunakan adalah Taylor. Batas dari kecepatan potong, usia pahat dilakukan observasi dan adanya pengaruh yang bervariasi. Berikut ini adalah persamaan Taylor. (Rochim,1993,)

$$VT^n = C \quad (2.12)$$

Konstanta C didapat dari kecepatan potong yang digunakan dalam menghitung usia pahat. Variabel n merupakan eksponen dari usia pahat yang biasanya berkisar dari 0,2 sampai dengan 1. Usia pahat berbanding terbalik dengan kecepatan potong. Parameter *feed motion* dan *depth of cut* yang mempengaruhi usia pahat persamaan Taylor dalam bukunya Taufik Rochim persamaan Taylor diturunkan menjadi sebagai berikut.

$$V.T^n = C.f^{-p}.a^{-q} \quad (2.13)$$

Keterangan : V= kecepatan potong (mm/menit)

T = umur pahat (menit)

C = konstanta

f = *feed motion* (mm/ rev)

a = *depth of cut* (mm)

p = konstanta

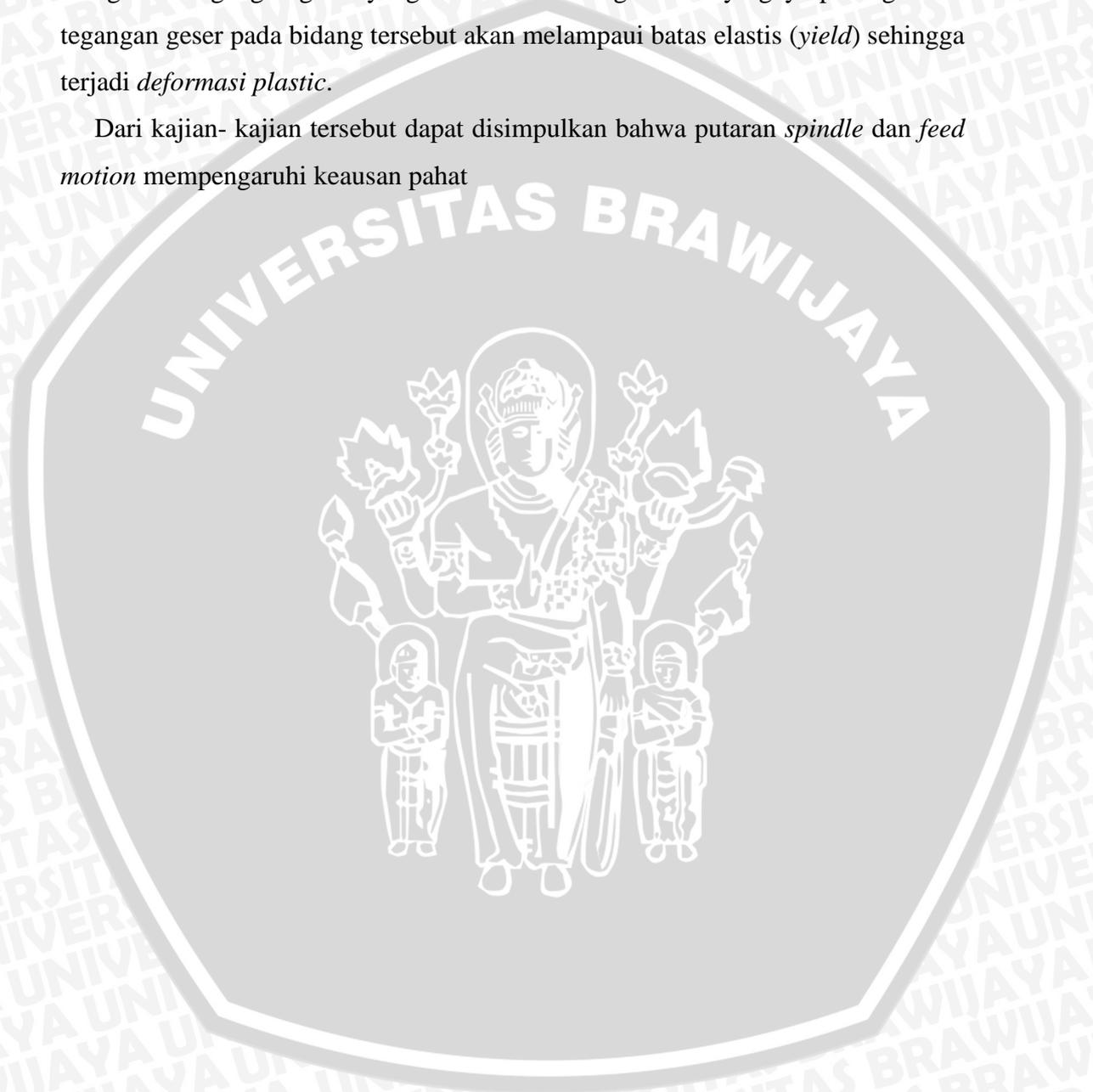
q = konstanta

2.10 Hipotesa

Keausan terjadi karena adanya perubahan energi mekanik pemotongan menjadi energi panas. Perubahan energi tersebut terjadi akibat gesekan antara pahat dan benda kerja, benda kerja dan geram, serta proses perusakan molekuler (ikatan atom) pada bahan bidang geser (*Shear Plane*). Pemilihan parameter pemotongan yang tidak tepat merupakan salah satu faktor penyebabnya. Salah satunya penentuan putaran *spindle* dan *feed motion* yang sesuai. Putaran *spindle* semakin cepat maka akan semakin sering logam bergesekan dengan pahat dan

gaya gesek tersebut berubah menjadi panas yang bisa mengakibatkan pahat mengalami deformasi plastic. Sedangkan *feed motion* yang semakin besar maka gaya potong akan membesar. Daerah permukaan pemotongan akan mengalami tegangan geser dengan orientasi dan harga yang bervariasi. Salah satu bidang akan mengalami tegangan geser yang terbesar dan dengan naiknya gaya potong maka tegangan geser pada bidang tersebut akan melampaui batas elastis (*yield*) sehingga terjadi *deformasi plastic*.

Dari kajian- kajian tersebut dapat disimpulkan bahwa putaran *spindle* dan *feed motion* mempengaruhi keausan pahat



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *feed motion* dan putaran *spindle* terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*. Dengan asumsi variabel yang lain konstan. Kajian literatur dari berbagai sumber baik dari buku, jurnal yang ada di perpustakaan maupun dari internet juga dilakukan untuk menambah informasi yang diperlukan.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium CNC Teknik Mesin Politeknik Malang Adapun waktu penelitian dimulai pada bulan Mei 2012.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah putaran *spindle* 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, dan *feed motion* 0,1 mm/rev, 0,2 mm/rev, 0,3 mm/rev, 0,4 mm/rev.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya bergantung dari variabel bebas. Variabel terikatnya yaitu : Keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*.

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dikonstantakan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah :

- Depth of cut* yang digunakan bersifat konstan sebesar 0,5 mm.
- Pahat insert *CVD DCMT 11T304 UE6020*.
- Material bahan yaitu JIS SCM 440.

3.3 Peralatan dan Bahan yang Digunakan

3.3.1 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin CNC

Digunakan untuk melakukan proses turning yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tipe : EMCOTURN 242

Merk : EMCO

Jenis : Turning

Model : ET 242

Kecepatan spindle :

- Putaran: 5000 rpm
- Daya : 11,4 KW

Kapasitas :

- Jarak sumbu X : 0 - 78 mm
- Jarak sumbu Z : 0 - 255 mm

Feed overite : 0 - 120 %

Ketelitian : 0,001 mm



Gambar 3.1 *EMCOTURN 242*
(Sumber : foto lab, Politeknik Negeri Malang)

2. Peralatan *safety* (standart laboratorium).

Digunakan sebagai alat *safety* pada saat melakukan penelitian serta mengurangi resiko kemungkinan buruk yang terjadi pada saat proses penelitian berlangsung

3. Kamera digital

Digunakan untuk mengambil data keausan berupa gambar.

4. *Stopwatch*

Digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan untuk melakukan pembubutan.

5. Timbangan digital.

Digunakan untuk menimbang geram hasil proses pembubutan.

6. Kaca pembesar

Digunakan untuk alat bantu melihat keausan pahat yang terjadi.

7. Jangka sorong

Jangka sorong adalah suatu alat ukur panjang yang dapat dipergunakan untuk mengukur panjang suatu benda berbedadengan ketelitian hingga 0,1 mm. Digunakan sebagai alat ukur dimensi benda kerja.



Gambar 3.2 Jangka sorong
(Sumber : foto lab, Politeknik Negeri Malang)

8. *Tool holder*

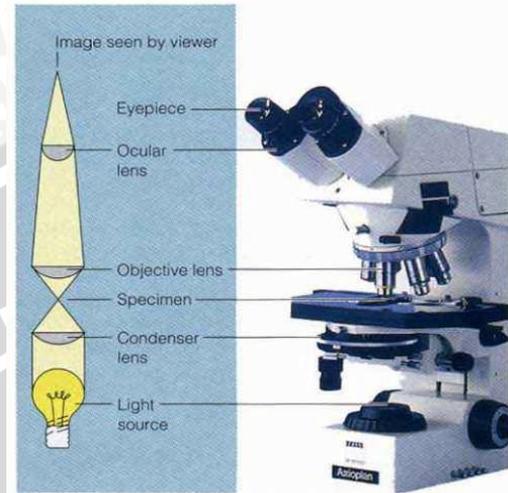
Tool holder yang digunakan dalam proses permesinan ini adalah tipe general yang memungkinkan pemakanan dilakukan dalam dua arah, sehingga membuat permesinan menjadi efektif.



Gambar 3.3 *tool holder* general
(Sumber : Sumber : foto lab, Politeknik Negeri Malang)

9. Mikroskop

Mikroskop merupakan alat bantu yang memungkinkan kita dapat mengamati obyek yang berukuran sangat kecil. Dalam penelitian ini digunakan untuk melihat besarnya keausan pahat yang terjadi.



Gambar 3.4 mikroskop

(Sumber: <http://nanpunya.wordpress.com/2009/05/09/mikroskop-dan-penggunaannya/>)

3.3.2 Bahan yang digunakan

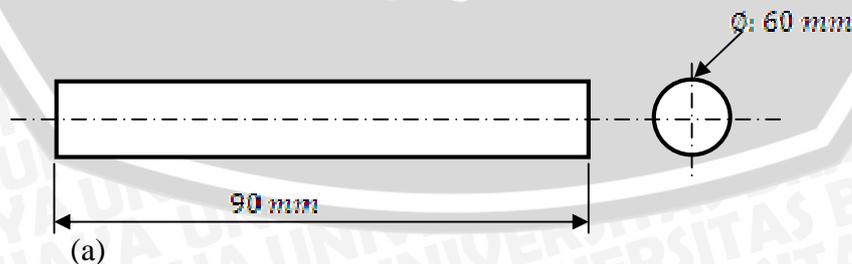
Bahan spesimen yang digunakan adalah:

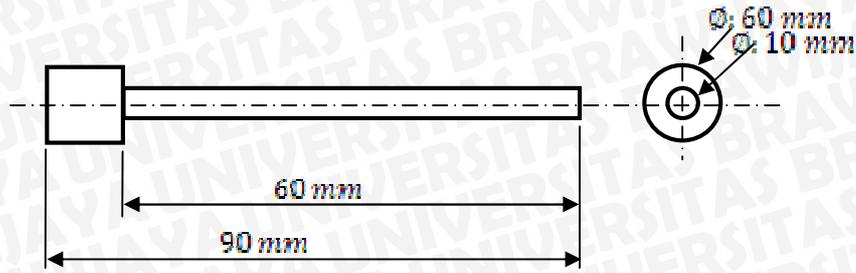
1. Baja paduan

Jenis : JIS SCM 440

Komposisi : C=0.35 -0.45%, Si = 0,15 - 0,40%, Mn = 0,45-0,90%, P< 0,035%, S<0.035%, Cr = 0,90-1,20, Mo=0,15-0,30%

Kekerasannya : 280 BHN





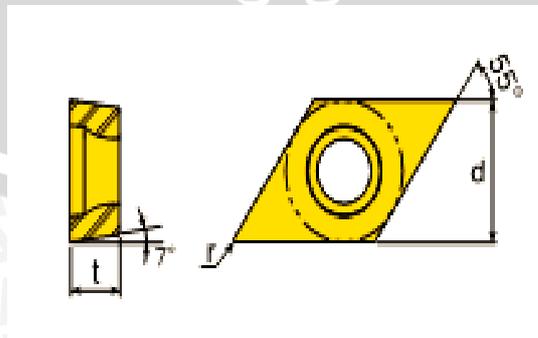
(b)

Gambar 3.5 (a) gambar dimensi specimen sebelum proses bubut (b) gambar dimensi specimen setelah proses bubut

2. Insert tool *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*

Mata pahat yang digunakan pahat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pahat buatan mitsubhisi yang unsur utamanya terbuat dari bajakarbon (C= 0,45%) yang kemudian dilapisi unsur lain secara *CVD (Chemical Vapor Deposition)* dengan unsur pelapis diantaranya accumulated TiCN, Al₂O₃, dan Ti compound. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di lampiran 4.

- Feed motion* : 0,10 mm/rev – 0,30 mm/rev
- Depth of cut* : 0,5 mm – 2 mm
- Jenis pahat : *positive 55° insert*
- Tipe pahat : *DCMT 11T304*
- Thicxkness : 3,97 mm
- Normal clearance : 7°
- Corner radius : 0,4 mm
- Grade : UE6020



Gambar 3.6 *DCMT 11T304 UE6020*
(Sumber : Katalog Mitsubhisi)

3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini

1. Persiapan percobaan yaitu menyiapkan manuskrip, menyiapkan alat mesin *CNC*, kemudian memasang insert dan bahan produk pada mesin *CNC*.
2. Mengatur titik nol pada mesin *CNC*.
3. Proses turning yang dilakukan menggunakan variasi kecepatan spindle dan variasi *feed motion* hingga benda kerja sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Dengan variasi antara lain:
 - a) Proses turning pertama dilakukan dengan putaran spindle 1000 rpm dan *feed motion* 0,1 mm/rev
 - b) Proses turning kedua dilakukan dengan putaran spindle 1000 rpm dan *feed motion* 0,2 mm/rev
 - c) Proses turning ketiga dilakukan dengan putaran spindle 1000 rpm dan *feed motion* 0,3 mm/rev
 - d) Proses turning keempat dilakukan dengan putaran spindle 1000 rpm dan *feed motion* 0,4 mm/rev
 - e) Proses turning kelima dilakukan dengan putaran spindle 1500 rpm dan *feed motion* 0,1 mm/rev
 - f) Proses turning keenam dilakukan dengan putaran spindle 1500 rpm dan *feed motion* 0,2 mm/rev
 - g) Proses turning ketujuh dilakukan dengan putaran spindle 1500 rpm dan *feed motion* 0,3 mm/rev
 - h) Proses turning kedelapan dilakukan dengan putaran spindle 1500 rpm dan *feed motion* 0,4 mm/rev
 - i) Proses turning kesembilan dilakukan dengan putaran spindle 2000 rpm dan *feed motion* 0,1 mm/rev
 - j) Proses turning kesepuluh dilakukan dengan putaran spindle 2000 rpm dan *feed motion* 0,2 mm/rev
 - k) Proses turning kesebelas dilakukan dengan putaran spindle 2000 rpm dan *feed motion* 0,3 mm/rev
 - l) Proses turning keduabelas dilakukan dengan kecepatan spindle 2000 rpm dan *feed motion* 0,4 mm/rev

4. Lepaskan benda kerja pada chuck dan jangan lupa catat waktu selesai proses pembubutan.

3.5 Prosedur Pengambilan dan Pengolahan Data

Dari hasil pembubutan kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui keausan yang terjadi.

1. Mengambil pahat dari setiap variasi turning misalnya pada variasi proses turning dengan *feed motion* 0,1 mm/rev dan putaran spindle 1000 rpm
2. Memberi tanda pada pahat.
3. Melakukan penimbangan benda kerja hasil pembubutan.
4. Melakukan pengulangan langkah 1 dan 3 pada spesimen lainnya yang di dapat dari proses bubut dengan *feed motion* 0,1 mm/rev dan putaran *spindle* 1000 rpm
5. Melakukan pengulangan 1 sampai 4 untuk pahat hasil dari proses bubut selanjutnya dengan variasi putaran *spindle* 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, dan *feed motion* 0,1 mm/rev, 0,2 mm/rev, 0,3 mm/rev, 0,4 mm/rev
6. Melakukan pengambilan gambar (foto Makro) dengan kamera digital untuk setiap pahat.
7. Melakukan pengukuran dengan Program AutoCAD 2012 dengan standar pengukuran sesuai SFS – EN ISO 9013
8. Melakukan analisa dan pembahasan dari data-data tersebut.
9. Kesimpulan

3.6 Prosedur Pengukuran Hasil Gambar

Dari hasil pengambilan gambar (foto makro) kemudian dilakukan pengukuran panjang keausan tepi, pengukuran dengan Program AutoCAD 2012 dengan standar pengukuran sesuai SFS – EN ISO 9013.

1. Buka gambar menggunakan autocad 2012 .
2. Memberi ukuran tinggi pahat dan tinggi aus pahat pada gambar.
3. Membagi ukuran tinggi pahat pada gambar dengan ukuran tinggi pahat sebenarnya, sehingga didapatkan besarnya nilai perbandingan.
4. Membagi besarnya nilai ukuran aus pada gambar dengan nilai perbandingan.

3.7 Rancangan Tabel Hasil Penelitian

Rancangan penulisan data ini merupakan cara untuk menentukan keberhasilan suatu penelitian atau eksperimen dan juga menentukan analisis yang tepat sehingga didapat suatu analisis dan kesimpulan yang tepat.

Tabel 3.1 Data percobaan keausan pahat (mm)

		Putaran <i>Spindle</i> (rpm)		
		1000	1500	2000
<i>Feed motion</i> (mm/rev)	0,1			
	0,2			
	0,3			
	0,4			

3.8. Rancangan Pengolahan Data dan Analisa Data

Untuk pengolahan data digunakan bantuan Microsoft excel untuk menghitung nilai yang sesungguhnya dengan mengkalikan nilai yang didapat dari gambar dengan skala yang telah kita dapatkan.

Untuk analisa data digunakan bantuan Microsoft excel untuk analisa secara statistik dan grafis. Untuk analisa statistic akan dianalisa menurut analisa varian seperti yang dijelaskan di bawah

Yang akan kita uji adalah pengaruh pada :

1. α = pengaruh pada faktor A
2. β = pengaruh pada faktor B
3. $(\alpha\beta)$ = pengaruh interaksi faktor A dan faktor B

Ketiga hipotesanya ditulis sebagai berikut :

1. $H_{01} : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_i$
 $H_{11} : \text{paling sedikit satu } \alpha_i = 0$
2. $H_{02} : \beta_1 = \beta_2 = \beta_i$

H_{12} : paling sedikit satu $\beta_i = 0$

3. H_{03} : $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = (\alpha\beta)_{ij}$

H_{13} : paling sedikit satu $(\alpha\beta)_{ij} = 0$

Tiap pengujian hipotesa diatas didasarkan pada perbandingan varian yang bebas dan varian penduganya

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right]^2}{r.c.n}$$

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n (Y_{ijk} - Y_{...})^2$$

$$JKA = ct \sum_{i=1}^r (Y_i - Y_{...})^2$$

$$JKB = rt \sum_{k=1}^n (Y_{.k} - Y_{...})^2$$

$$JKAB = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (Y_{ij} - Y_{i...} - Y_{.j} + Y_{...})^2$$

$$JKB = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n (Y_{ijk} - Y_{ij.})^2$$

Maka dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$JKT = JKA + JKB + JKAB + JKB$$

Apabila masing – masing dibagi dengan derajat bebasnya akan diperoleh nilai varian dari masing – masing suku tersebut. Nilai ini sering kita sebut sebagai kwadrat tengah yang disingkat KT.

Nilai varian tersebut adalah :

$$1) S_1^2 = \frac{JKA}{r-1}$$

$$2) S_2^2 = \frac{JKB}{c-1}$$

$$3) S_3^2 = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$$

$$4) s^2 = \frac{JKG}{rc(t-1)}$$

Untuk menguji ketiga hipotesa di atas kita hitung harga F_{hitung} dari masing masing sumber keragaman (faktor A, B dan interaksi) kemudian dibandingkan dengan tabel F_{tabel} dengan derajat bebas yang sesuai dengan nilai α tertentu.

Nilai f_{hitung} dari masing – masing sumber keragaman adalah sebagai berikut :

Untuk faktor A : $F_{hitung} = \frac{s_1^2}{s^2}$

Untuk faktor B : $F_{hitung} = \frac{s_2^2}{s^2}$

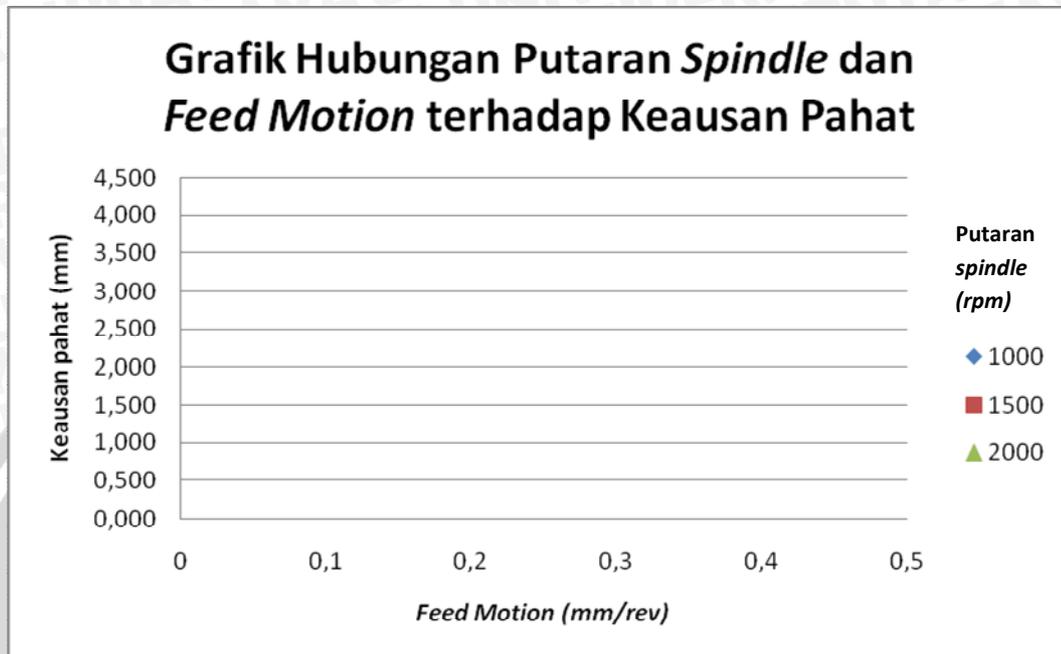
Untuk faktor interaksi antara A dan B : $F_{hitung} = \frac{s_3^2}{s^2}$

Apabila nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti bahwa H_0 ditolak dan jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ berarti H_0 diterima.

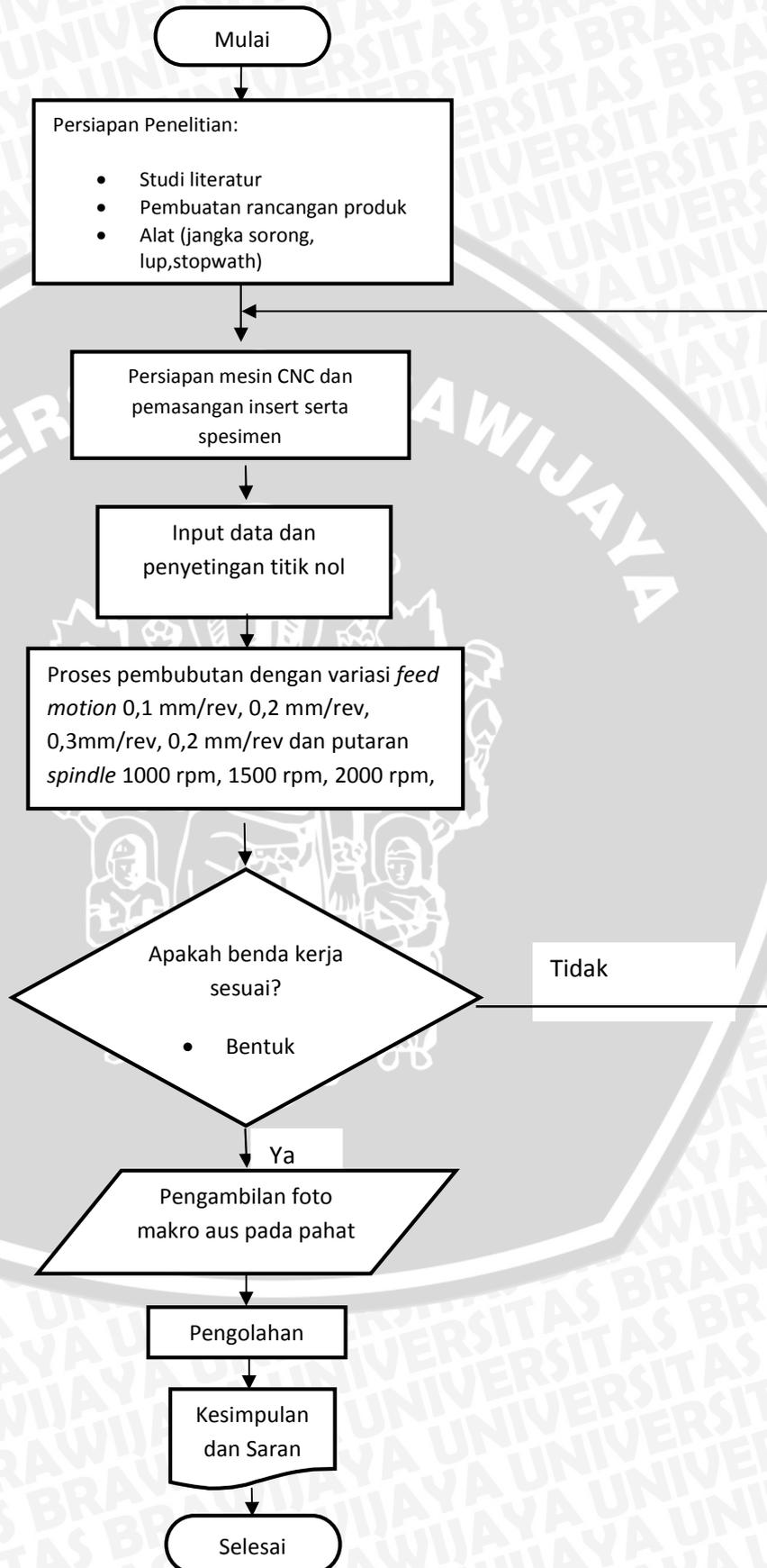
Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F_{hitung}
Pengaruh A	$r - 1$	JKA	$S_1^2 = \frac{JKA}{r - 1}$	$F_{hitung} = \frac{s_1^2}{s^2}$
Pengaruh B	$c - 1$	JKB	$S_2^2 = \frac{JKB}{c - 1}$	$F_{hitung} = \frac{s_2^2}{s^2}$
Pengaruh interaksi A dan B	$(r - 1) \times (c - 1)$	JKAB	$S_3^2 = \frac{JKAB}{(r - 1)(c - 1)}$	$F_{hitung} = \frac{s_3^2}{s^2}$
Galat	$rc (t - 1)$	JKG	$s^2 = \frac{JKG}{rc(t - 1)}$	
Total	$rc t - 1$	JKT		

3.9 Rancangan Grafik

3.9.1 Grafik hubungan *feed motion* dan putaran *spindle* terhadap keausan tepi pahat



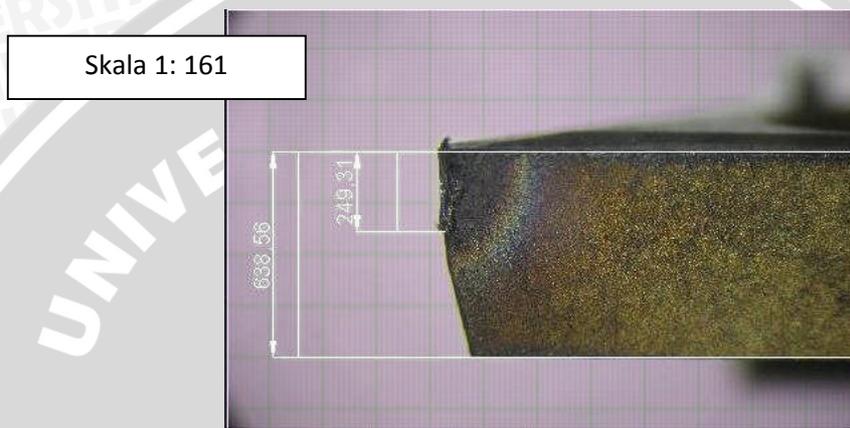
3.7 Diagram Alir Penelitian



BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data hasil pengukuran

Untuk mendapatkan data keausan *insert tool* hasil pemotongan menggunakan *mesin CNC*, maka digunakan *fotomakro* dan *software Autocad 2012*. Pada gambar 4.1. berikut ini merupakan contoh salah satu penampang profil *keausan insert tool* hasil pemotongan menggunakan mesin *CNC*.



Gambar 4.1 Pengukuran Spesimen dengan AUTOCAD 2012

Setelah dilakukan pengambilan gambar dan pengukuran menggunakan *Software Autocad 2012*, maka diperoleh data seperti terlihat pada tabel 4.1. berikut ini

Tabel 4.1 Data nilai keausan pahat (mm)

		Putaran Spindle (rpm)		
		1000	1500	2000
Feed motion (mm/rev)	0,1	0,0948	0,1234	3,7011
		0,0978	0,1292	3,7905
		0,0935	0,1234	3,7314
	0,2	0,1041	0,3938	3,5976
		0,1044	0,3942	3,5963
		0,1064	0,4056	3,7081
	0,3	0,1166	0,3370	1,5500
		0,1170	0,3370	1,5644
		0,1202	0,3397	1,5891
	0,4	0,1815	0,3802	0,4905
		0,1821	0,3720	0,5023
		0,1811	0,3740	0,4932

4.2. Pengolahan Data

4.2.2. Contoh Perhitungan

Dari data yang diperoleh untuk mendapatkan kecepatan potong dan daerah moderat masih diperlukan perhitungan secara rumus. Daerah moderat tersebut dibatasi oleh R_{\min} dimana merupakan batas yang menyatakan hilangnya BUE dan R_{\max} merupakan batas atas dimana terjadi deformasi plastis. Berikut ini contoh perhitungannya:

- Kecepatan potong (v)

$$v = \pi \cdot d \cdot n$$

$$v = 3,14 \times 60 \text{ mm} \times 1000 \text{ rpm}$$

$$v = 188400 \text{ mm/menit}$$

$$v = 188,4 \text{ m/menit}$$

tabel 4.2 tabel data kecepatan potong (m/menit)

		Putaran Spindle (rpm)			
		1000	1500	2000	
Feed Motion (mm/rev) ^a	D	0,1	188,4	282,6	376,8
	a	0,2	188,4	282,6	376,8
	h	0,3	188,4	282,6	376,8
	h	0,4	188,4	282,6	376,8

moderat kecepatan potong.(Rochim,1993).

- Kecepatan minimal

$$v_{\min} = R_{\min} \times f^{-\alpha}$$

$$v_{\min} = 12 \times 0,2^{-0,77}$$

$$v_{\min} = 41,43698512 \text{ m/menit}$$

- Kecepatan maximal

$$v_{\max} = R_{\max} \times f^{-\alpha}$$

$$v_{\max} = 80 \times 0,2^{-0,77}$$

$$v_{\max} = 276,2465675 \text{ m/menit}$$

dimana harga eksponen α adlah 0,77, sedangkan R_{\max} dan

R_{\min} diperoleh dari tabel 4.2 yang merupakan kombinasi pahat benda kerja

tabel 4.3 daerah moderat

Pahat karbida	Benda Kerja	R min (m/menit)	Rmax (m/menit)
-WC + 6% Co (cast iron cutting grade)	- Baja 0,4% C, 220 HV	15	30
	- Besi tuang (pearlitic flaake graphite)	➤	60
-WC-TiC- TaC-Co(steel cutting grade)	- Baja 0,4% C, (paduan rendah)		
	- Kekerasan =180 HV	12	130
	- 200 HV	-	110
	- 250 HV	-	80
	- 400HV	-	30
	- 470 HV	-	15
	- Baja paduan (Ni-Cr-Mo) 285HV	14 ➤	100 150
- Free machining Steel	7	60	
- Austenitic Stainless Steel			

- Pada kecepatan makan rendah BUE yang terbentuk dapat melindungi permukaan pahat asalkan tidak ada beban kejut.
- Pada kecepatan potong yang rendah Bue yang terbentuk relatif kecil atau bahkan tidak terbentuk.

4.3. Analisa Statistik

4.3.1. Analisa varian

Dari data hasil pengukuran keausan pahat yang diperoleh, dilakukan analisa varian dua arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi *Feed Motion* dan Putaran Spindle, serta interaksi dari keduanya terhadap terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT*

11T304 UE6020 pada proses turning. Hipotesis dari Putaran Spindle (pengaruh A) terhadap keausan pahat adalah :

$$H_{01} : H_{1000 \text{ rpm}} = H_{1500 \text{ rpm}} = H_{2000 \text{ rpm}}$$

$$H_{11} : H_{1000 \text{ rpm}} \neq H_{1500 \text{ rpm}} \neq H_{2000 \text{ rpm}}$$

Hipotesis dari Feed Motion (pengaruh B) terhadap keausan pahat adalah:

$$H_{02} : d_{0.1 \text{ mm/rev}} = d_{0.2 \text{ mm/rev}} = d_{0.3 \text{ mm/rev}} = d_{0.4 \text{ mm/rev}}$$

$$H_{22} : d_{0.1 \text{ mm/rev}} \neq d_{0.2 \text{ mm/rev}} \neq d_{0.3 \text{ mm/rev}} \neq d_{0.4 \text{ mm/rev}}$$

Hipotesis dari interaksi antara putaran spindle dan feed motion terhadap keausan pahat adalah :

$$H_{03} : (H d)_{1000 \text{ rpm}, 0.1 \text{ mm/rev}} = (H d)_{1500 \text{ rpm}, 0.2 \text{ mm/rev}} = (H d)_{2000 \text{ rpm}, 0.3 \text{ mm/rev}}$$

$$H_{33} : (H d)_{1000 \text{ rpm}, 0.1 \text{ mm/rev}} \neq (H d)_{1500 \text{ rpm}, 0.2 \text{ mm/rev}} \neq (H d)_{2000 \text{ rpm}, 0.3 \text{ mm/rev}}$$

Tabel 4.4 Perhitungan analisis varian

Putaran spindle \ Feed motion	A1	A2	A3	TOTAL
B1	0,2861	0,3759	11,2230	11,8851
B2	0,3149	1,1936	10,9020	12,4105
B3	0,3539	1,0137	4,7034	6,0710
B4	0,5447	1,1262	1,4860	3,1570
TOTAL	1,4996	3,7095	28,3145	33,5236

Keterangan : A = Putaran spindle
B = Feed motion

Dari tabel 4.4 maka dapat dilakukan perhitungan untuk analisis varian sebagai berikut:

➤ Faktor koreksi (FK) :

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right]^2}{r.c.n}$$

$$= \frac{33,5236^2}{4.3.3}$$

$$= 31,21749$$

➤ Jumlah Kuadrat total :

$$JKT = \{(0,0948)^2 + (0,1234)^2 + (3,7011)^2 + \dots + (0,4932)^2\} - FK$$

$$= \{(0,0090) + (0,0152) + (13,6980) + \dots + (0,2433)\} - FK$$

$$= 6.6965 - 31,21749$$

$$= 59,9979$$

➤ Jumlah Kuadrat variable A :

$$JKC = \frac{((11,8851)^2 + (12,4105)^2 + (6,0710)^2 + (3,1570)^2)}{c.n} - FK$$

$$= \frac{141,2553 + 154,0209 + 36,8572 + 9,9664}{9} - FK$$

$$= \frac{342,0998}{9} - 31,21749$$

$$= 6,793593$$

➤ Jumlah Kuadrat Variable B :

$$JKD = \frac{((1,4996)^2 + (3,7095)^2 + (28,3145)^2)}{r.m} - FK$$

$$= \frac{(2,2487) + (13,7603) + (801,7108)}{12} - 31,21749$$

$$= \frac{817,7198}{12} - 31,21749$$

$$= 36,92583$$

➤ Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$\begin{aligned}
 \text{JKP} &= \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \text{FK} \\
 &= \frac{\{(0,2861)^2 + (0,3759)^2 + (11,2230)^2 + \dots + (1,4860)^2\}}{3} - \\
 &= 31,21749 \\
 &= 6.3614 - 31,21749 \\
 &= 59,98447
 \end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKCD)

$$\begin{aligned}
 \text{JKCD} &= \text{JKPerlakuan} - \text{JKC} - \text{JKD} \\
 &= 59,98447 - 6,793593 - 36,92583 \\
 &= 16,26504811
 \end{aligned}$$

➤ Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned}
 \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKC} - \text{JKD} - \text{JKCD} \\
 &= 59,9979 - 6,793593 - 36,92583 - 16,26504811 \\
 &= 0,0118
 \end{aligned}$$

Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

➤ Kuadrat Tengah pengaruh A (S_c^2)

$$\begin{aligned}
 S_c^2 &= \frac{\text{JKC}}{r-1} \\
 &= \frac{6,793593}{4-1} \\
 &= 18,46291
 \end{aligned}$$

➤ Kuadrat Tengah pengaruh B (S_d^2)

$$\begin{aligned}
 S_d^2 &= \frac{\text{JKD}}{r-1} \\
 &= \frac{36,92583}{3-1} \\
 &= 2,264531
 \end{aligned}$$

➤ Kuadrat Tengah pengaruh interaksi C dan D (S_{cd}^2)

$$\begin{aligned} S_{cd}^2 &= \frac{JKCD}{(r-1)(c-1)} \\ &= \frac{0.2813}{(4-1)(3-1)} \\ &= 2,710841 \end{aligned}$$

➤ Kuadrat Tengah Galat (S^2)

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{JKG}{r.c(n-1)} \\ &= \frac{0.3351}{4.3(3-1)} \\ &= 0,000492 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

➤ F_{hitung} pengaruh A

$$\begin{aligned} F_{A \text{ hitung}} &= \frac{S_c^2}{S^2} \\ &= \frac{18,46291}{0,000492} \\ &= 37542,16 \end{aligned}$$

➤ F_{hitung} pengaruh B

$$\begin{aligned} F_{B \text{ hitung}} &= \frac{S_d^2}{S^2} \\ &= \frac{2,264531}{0,000492} \\ &= 4604,657 \end{aligned}$$

➤ F_{hitung} pengaruh A dan B

$$\begin{aligned} F_{AB \text{ hitung}} &= \frac{S_{cd}^2}{S^2} \\ &= \frac{2,710841}{0,000492} \\ &= 5512,177 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Analisis Varian Dua Arah

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Putaran Spindle (A)	36,3866	2	18,19332	7953,09	3,40
<i>Feed Motion</i> (B)	6,7426	3	2,24752	982,49	3,01
Interaksi A dan B	16,4859	6	2,747648	1201,12	2,51
Galat	0,0549	24	0,002288		
Total	36,3866	35			

Dari tabel 4.5 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

- I. $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$ maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, ini berarti bahwa variasi Putaran *Spindle* berpengaruh terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*.
- II. $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$ maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, ini berarti bahwa variasi *Feed Motion* berpengaruh terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*.
- III. $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$ Maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima, ini berarti bahwa interaksi antara *Feed Motion* dan Putaran *spindle* berpengaruh secara nyata terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020*.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa variasi *Feed Motion*, dan Putaran *Spindle* (Faktor AB) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap keausan pahat *insert CVD DCMT 11T304 UE6020* pada proses *turning* dengan tingkat keyakinan 95%.

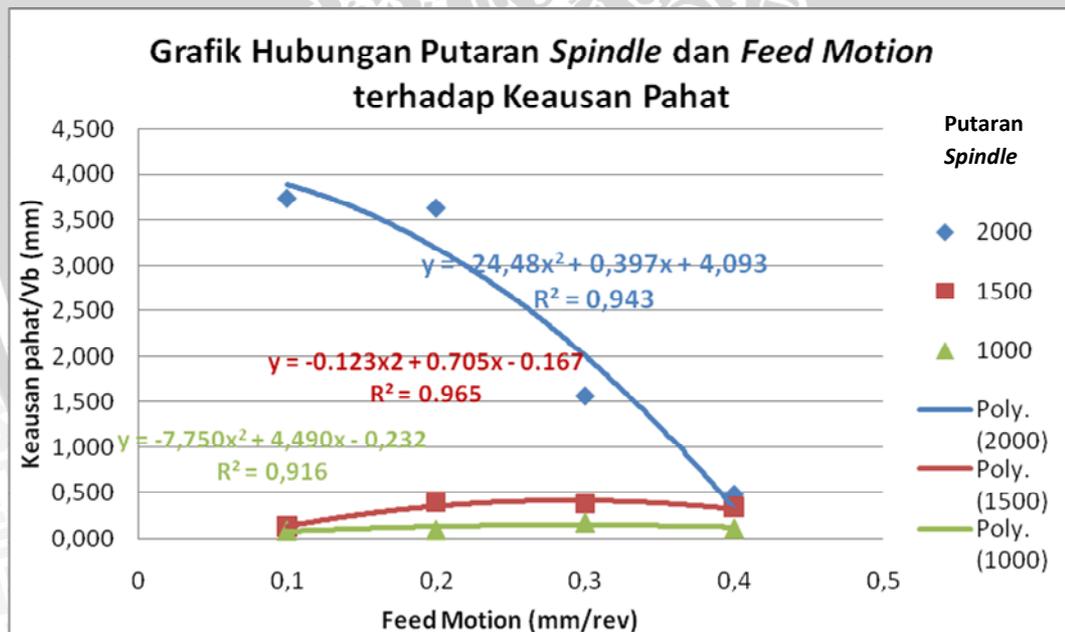
4.3.2. Analisa Grafis

Dari data pada tabel 4.1 lalu dihitung rata-rata keausan pahat pada tiap spesimen yang dijelaskan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.6 Tabel Keausan Pahat

		Putaran Spindle (rpm)		
		1000	1500	2000
Feed Motion (mm/rev)	0,1	0,0954	0,1253	3,7410
	0,2	0,1050	0,3979	3,6340
	0,3	0,1816	0,3754	1,5678
	0,4	0,1180	0,3379	0,4814

Dari data pada tabel 4.4 maka dapat dibuat grafik hubungan keausan pahat dengan putaran *spindle* dan *feed motion* yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



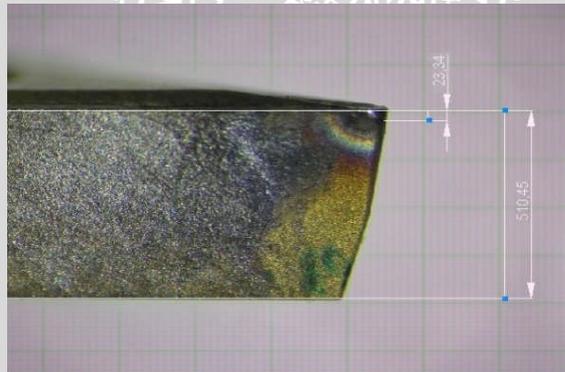
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara *feed motion* dan putaran *spindle* terhadap keausan pahat

4.4. Pembahasan

Dari hasil pengolahan menggunakan analisa varian kita mendapatkan bahwa variabel putaran *spindle* berpengaruh terhadap keausan pahat pada proses *turning*, hal ini di buktikan dengan nilai $F_C \text{ hitung} > F_C \text{ tabel}$. Demikian juga dengan variabel *feed motion* yang memiliki pengaruh terhadap keausan pahat pada proses *turning*, dapat dibuktikan dengan nilai $F_C \text{ hitung} > F_C \text{ tabel}$. Hal ini juga terlihat pada interaksi antara putaran *spindle* dan *feed motion* yang mana F_{hitung} memiliki nilai yang lebih besar dari F_{tabel} .

Mekanisme keausan disebabkan oleh berbagai faktor yang secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu mekanisme yang dominan pada kecepatan rendah dan yang dominan pada kecepatan tinggi. Pada kecepatan potong yang rendah proses *abrasif*, kimiawi, dan *adhesi* merupakan penyebab utama dari keausan pahat. Sedangkan pada kecepatan potong yang tinggi mekanisme penyebab keausan pahat disebabkan oleh proses *difusi*, *oksidasi*, dan *deformasi plastis*. (Rochim,1993)

Pada grafik gambar 4.1 putaran *spindle* 1000 rpm dan *feed motion* 0,1-0,3 rpm termasuk pemotongan dengan kecepatan yang rendah dapat dibuktikan dengan nilai kecepatan potong (v) nilainya lebih besar daripada v_{min} dan lebih kecil dari v_{max} . Keausan yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.3.



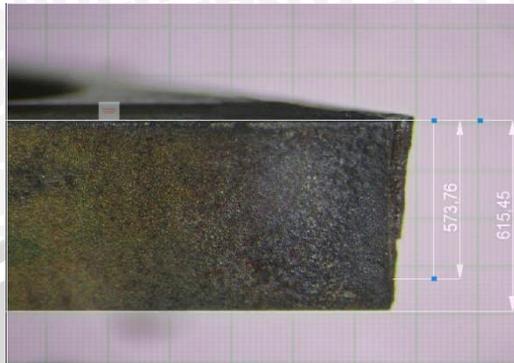
Gambar 4.3 keausan pahat akibat proses *abrasif*, kimiawi, dan *adhesi*

Pada kecepatan potong yang rendah, proses keausan pahat lebih dominan dipengaruhi akibat dari proses abrasif, kimiawi, dan adhesi. Karena kecepatan potong yang rendah maka akan terjadi penumpukan lapisan material tersebut dalam proses permesinan dikenal dengan nama BUE (*Built Up Edge*) yang mengubah geometri pahat (sudut geram γ_0) yang berfungsi sebagai mata pahat

baru dari pahat yang bersangkutan. Proses ini akan mempercepat keausan sampai batas maksimal yaitu pada v_{max} sehingga aus semakin bertambah dengan seiring bertambahnya feed motion. Pada putaran spindle 1000 rpm dan feed motion 0,4, nilai keausannya menurun hal ini dikarenakan BUE tidak terbentuk. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai kecepatan potong melebihi v_{max} . Jika kecepatan potong melebihi dari v_{max} , maka nilai keausannya dominan dipengaruhi oleh proses difusi, oksidasi, dan *deformasi plastis*. Pada feed motion 0,4 keausan menurun dikarenakan pahat mengalami *deformasi plastis* sehingga pahat mengalami kelelahan dan waktu pemotongan yang relatif kecil.

Pada putaran *spindle* 1500 rpm sama halnya dengan putaran *spindle* 1000 rpm, keausan pahat akan naik seiring dengan bertambahnya *feed motion* kemudian mengalami penurunan. Namun keausan yang ditimbulkan pada putaran 1500 rpm lebih besar daripada pada putaran 1000 rpm. Hal ini dikarenakan kecepatan potong pada rpm 1500 lebih tinggi dibandingkan 1000 rpm. Pada putaran spindle 1500 dan feed motion 0,1-0,2 mm/rev besarnya aus semakin naik, dikarenakan faktor dominan penyebab aus yang terjadi yaitu dari proses *abrasif*, kimiawi, dan *adhesi*. Sedangkan pada putaran spindle 1500 rpm dan feed motion 0,3-0,4 mm/rev proses dominan keausan dikarenakan proses *difusi*, *oksidasi*, dan *deformasi plastis*. Hal ini dapat dibuktikan kecepatan potongnya melebihi v_{max} .

Pada grafik gambar 4.1 putaran *spindle* 2000 rpm keausan cenderung turun meskipun besarnya keausan lebih besar dibandingkan pada putaran spindle 1000 rpm dan 1500 rpm. Pada putaran *spindle* 2000 rpm terjadi fenomena pemotongan, dimana keausan semakin menurun seiring bertambahnya *feed motion*. Terjadi dikarenakan proses *deformasi palstik*, ditandai dengan adanya suara bising yang tidak biasanya dan timbulnya bunga api pada waktu proses pemotongan. Secara teoritik dapat dibuktikan dengan nilai kecepatan potong melebihi nilai v_{max} , sehingga pada putaran spindle 2000 rpm proses keausan dominan dipengaruhi oleh proses *difusi*, *oksidasi*, dan *deformasi plastis*. Keausan yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.3 keausan pahat akibat proses *difusi*, *oksidasi*, dan *deformasi plastis*

Deformasi plastis menyebabkan menurunnya kekuatan pahat sehingga pahat mengalami kelelahan. Pada proses pemotongan mata potong tersebut sangat panas sewaktu memotong dan mendingin dengan cepat sewaktu meninggalkan permukaan benda kerja untuk kemudian memanaskan kembali sesuai siklus pemotongan. Akibat variasi panas yang terjadi waktu pemotongan yang cukup cepat tersebut menyebabkan BUE akan mengkerut lebih banyak daripada pengkerutan permukaan pahat akibatnya terjadi keretakan atau kelelahan. Dengan kata lain kelelahan ini terjadi karena tegangan berfluktuasi yang disebabkan oleh variasi temperatur.(Rochim,1993). Pahat yang mengalami kelelahan akan mengalami keausan yang besar seiring bertambahnya waktu pemotongan. Karena waktu potongan yang semakin cepat maka keausan yang terjadi pada putaran spindle 2000 rpm menurun seiring bertambahnya *feed motion*. Pada kecepatan tinggi keausan sangat dipengaruhi oleh waktu pemotongan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Putaran spindle berpengaruh terhadap keausan pahat pada proses *turning* baja JIS SCM 440. *Feed motion* berpengaruh terhadap keausan pahat pada proses *turning* baja JIS SCM 440
2. Mekanisme keausan disebabkan oleh berbagai faktor yang secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu mekanisme yang dominan pada kecepatan rendah dan yang dominan pada kecepatan tinggi.
3. Pada kecepatan potong yang rendah proses *abrasif*, kimiawi, dan *adhesi* merupakan penyebab utama dari keausan pahat. Sedangkan pada kecepatan potong yang tinggi mekanisme penyebab keausan pahat disebabkan oleh proses *difusi*, *oksidasi*, dan *deformasi plastis*.
4. Pada putaran *spindle* 1500 rpm sama halnya dengan putaran *spindle* 1000 rpm, keausan pahat akan naik seiring dengan bertambahnya *feed motion* kemudian mengalami penurunan.
5. Putaran *spindle* 2000 rpm keausan cenderung turun meskipun besarnya keausan lebih besar dibandingkan pada putaran *spindle* 1000 rpm dan 1500 rpm. Pada putaran spindle 2000 rpm terjadi fenomena pemotongan, dimana keausan semakin menurun seiring bertambahnya *feed motion*.

5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk parameter lainnya antara lain:

1. Kecepatan yang lebih tinggi .
2. Jarak *toolholder*.
3. Kekerasan benda kerja saat proses pemotongan.

DAFTAR PUSTAKA

Altan, Taylan. 2002. *Application of FEM Simulation to Predict Tool Wear in Metal Cutting*. The Engineering Research Center for Net Shape Manufacturing. Ohio.

Apriyahanda, Onny. 2007. Pengaruh kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Menggunakan Mesin CNC ET – 242 dengan Metode Simulasi, Skripsi tidak dipublikasikan; Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.

Boothroyd, Geoffrey. 1981. *Fundamental of Metal Machining and Mchine Tools*. McGraw-Hill International Book Company. Wasington.D.C

Catalog insert tool Mitsubhisi.

Chen, Jacob. 2006. *A Statistics – Assited Fuzzy - Base in Prosess Tool Wear Prediction System*.

Foto lab, Politeknik Negeri Malang

Hasan, Muhammad. 2007. Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Pemotongan Terhadap Keausan Pada Proses Bubut Dengan Metode Simulasi, Skripsi tidak dipublikasikan; Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.

Metalworking cutting tool 2011, Catalog insert tool taegu-tec.

Rochim, Taufiq. 1993. *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, ITB. Bandung.

Schmidt, Carsten and Yen, Eugene.Y C. 2003. *Tool Wear Prediction and Verification In Orthogonal Cutting*. The Engineering Research Center for Net Shape Manufacturing. Ohio. Institute of Machine Tool and Production Science University of Karlsruhe (TH). Germany.

<http://www.carbidedepot.com/formulas-turning-troubleshoot.html>. Diakses pada tanggal 1 Mei 2012

<http://www.scribd.com/Fadlisyah/d/17156178/6-BAB-6-MENGENAL-PROSES-BUBUT-TURNING>. Diakses pada tanggal 5 Mei 2012

<http://nanpunya.wordpress.com/2009/05/09/mikroskop-dan-penggunaannya/>.html. Diakses pada tanggal 2 Mei 2012

Lampiran 1

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.88	9.80	9.72	9.67	9.64	9.62	9.61	9.60	9.59	9.58	9.58	9.57	9.57	9.56
4	7.71	6.94	6.89	6.83	6.78	6.76	6.75	6.74	6.74	6.73	6.73	6.72	6.72	6.71	6.70
5	6.61	5.79	5.74	5.69	5.65	5.63	5.62	5.61	5.61	5.60	5.60	5.59	5.59	5.58	5.57
6	5.99	5.14	5.09	5.04	5.00	4.98	4.97	4.96	4.96	4.95	4.95	4.94	4.94	4.93	4.92
7	5.69	4.74	4.69	4.64	4.60	4.58	4.57	4.56	4.56	4.55	4.55	4.54	4.54	4.53	4.52
8	5.32	4.46	4.41	4.36	4.32	4.30	4.29	4.28	4.28	4.27	4.27	4.26	4.26	4.25	4.24
9	5.12	4.26	4.21	4.16	4.12	4.10	4.09	4.08	4.08	4.07	4.07	4.06	4.06	4.05	4.04
10	4.98	4.10	4.05	4.00	3.96	3.94	3.93	3.92	3.92	3.91	3.91	3.90	3.90	3.89	3.88
11	4.84	3.98	3.93	3.88	3.84	3.82	3.81	3.80	3.80	3.79	3.79	3.78	3.78	3.77	3.76
12	4.75	3.89	3.84	3.79	3.75	3.73	3.72	3.71	3.71	3.70	3.70	3.69	3.69	3.68	3.67
13	4.67	3.81	3.76	3.71	3.67	3.65	3.64	3.63	3.63	3.62	3.62	3.61	3.61	3.60	3.59
14	4.60	3.74	3.69	3.64	3.60	3.58	3.57	3.56	3.56	3.55	3.55	3.54	3.54	3.53	3.52
15	4.54	3.68	3.63	3.58	3.54	3.52	3.51	3.50	3.50	3.49	3.49	3.48	3.48	3.47	3.46
16	4.49	3.63	3.58	3.53	3.49	3.47	3.46	3.45	3.45	3.44	3.44	3.43	3.43	3.42	3.41
17	4.45	3.59	3.54	3.49	3.45	3.43	3.42	3.41	3.41	3.40	3.40	3.39	3.39	3.38	3.37
18	4.41	3.55	3.50	3.45	3.41	3.39	3.38	3.37	3.37	3.36	3.36	3.35	3.35	3.34	3.33
19	4.38	3.52	3.47	3.42	3.38	3.36	3.35	3.34	3.34	3.33	3.33	3.32	3.32	3.31	3.30
20	4.35	3.49	3.44	3.39	3.35	3.33	3.32	3.31	3.31	3.30	3.30	3.29	3.29	3.28	3.27
21	4.32	3.47	3.42	3.37	3.33	3.31	3.30	3.29	3.29	3.28	3.28	3.27	3.27	3.26	3.25
22	4.30	3.44	3.39	3.34	3.30	3.28	3.27	3.26	3.26	3.25	3.25	3.24	3.24	3.23	3.22
23	4.28	3.42	3.37	3.32	3.28	3.26	3.25	3.24	3.24	3.23	3.23	3.22	3.22	3.21	3.20
24	4.26	3.40	3.35	3.30	3.26	3.24	3.23	3.22	3.22	3.21	3.21	3.20	3.20	3.19	3.18
25	4.24	3.39	3.34	3.29	3.25	3.23	3.22	3.21	3.21	3.20	3.20	3.19	3.19	3.18	3.17
26	4.23	3.37	3.32	3.27	3.23	3.21	3.20	3.19	3.19	3.18	3.18	3.17	3.17	3.16	3.15
27	4.21	3.35	3.30	3.25	3.21	3.19	3.18	3.17	3.17	3.16	3.16	3.15	3.15	3.14	3.13
28	4.20	3.34	3.29	3.24	3.20	3.18	3.17	3.16	3.16	3.15	3.15	3.14	3.14	3.13	3.12
29	4.18	3.33	3.28	3.23	3.19	3.17	3.16	3.15	3.15	3.14	3.14	3.13	3.13	3.12	3.11
30	4.17	3.32	3.27	3.22	3.18	3.16	3.15	3.14	3.14	3.13	3.13	3.12	3.12	3.11	3.10
31	4.16	3.30	3.25	3.20	3.16	3.14	3.13	3.12	3.12	3.11	3.11	3.10	3.10	3.09	3.08
32	4.15	3.29	3.24	3.19	3.15	3.13	3.12	3.11	3.11	3.10	3.10	3.09	3.09	3.08	3.07
33	4.14	3.28	3.23	3.18	3.14	3.12	3.11	3.10	3.10	3.09	3.09	3.08	3.08	3.07	3.06
34	4.13	3.26	3.21	3.16	3.12	3.10	3.09	3.08	3.08	3.07	3.07	3.06	3.06	3.05	3.04
35	4.12	3.27	3.22	3.17	3.13	3.11	3.10	3.09	3.09	3.08	3.08	3.07	3.07	3.06	3.05
36	4.11	3.26	3.21	3.16	3.12	3.10	3.09	3.08	3.08	3.07	3.07	3.06	3.06	3.05	3.04
37	4.11	3.25	3.20	3.15	3.11	3.09	3.08	3.07	3.07	3.06	3.06	3.05	3.05	3.04	3.03
38	4.10	3.24	3.19	3.14	3.10	3.08	3.07	3.06	3.06	3.05	3.05	3.04	3.04	3.03	3.02
39	4.09	3.24	3.19	3.14	3.10	3.08	3.07	3.06	3.06	3.05	3.05	3.04	3.04	3.03	3.02
40	4.08	3.23	3.18	3.13	3.09	3.07	3.06	3.05	3.05	3.04	3.04	3.03	3.03	3.02	3.01
41	4.08	3.23	3.18	3.13	3.09	3.07	3.06	3.05	3.05	3.04	3.04	3.03	3.03	3.02	3.01
42	4.07	3.22	3.17	3.12	3.08	3.06	3.05	3.04	3.04	3.03	3.03	3.02	3.02	3.01	3.00
43	4.07	3.21	3.16	3.11	3.07	3.05	3.04	3.03	3.03	3.02	3.02	3.01	3.01	3.00	2.99
44	4.06	3.21	3.16	3.11	3.07	3.05	3.04	3.03	3.03	3.02	3.02	3.01	3.01	3.00	2.99
45	4.06	3.20	3.15	3.10	3.06	3.04	3.03	3.02	3.02	3.01	3.01	3.00	3.00	2.99	2.98



TURNING INSERTS [POSITIVE]



55° DC TYPE INSERTS WITH HOLE

DCMT 07 02 02

250 Thread Core Rada
Please refer to page A400

CHIP CONTROL RANGE FOR WORK MATERIALS

Free Cutting — Light Cutting — Medium Cutting





Work Material		Cutting Conditions (Order) : ● Stable Cutting ● General Cutting ■ Unstable Cutting															
		S	Y	X	W	V	U	T	R	Q	P	O	N	M	L		
Shape	Chip Control Range ap : Depth of Cut f : Feed	Order Number	Corner R mm	Coated		Cemented		Cermets		Ceramics		Cast Iron		Titanium			
				U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF		
Standard  Carbon Steel - Alloy Steel 	DCMT070202	0.3	0.3	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF		
				070204	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070208	0.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T302	0.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T304	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T308	0.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T312	1.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				160404	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				160408	0.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				160412	1.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
MV  Carbon Steel - Alloy Steel 	DCMT070202-MV	0.2	0.2	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF		
				070204-MV	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070208-MV	0.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T302-MV	0.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T304-MV	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T308-MV	0.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
R/L-SR  Carbon Steel - Alloy Steel 	DCMT0702V3R-SR	0.03	0.03	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF		
				0702V3L-SR	0.03	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070201R-SR	0.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070201L-SR	0.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070202R-SR	0.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070202L-SR	0.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070204R-SR	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				070204L-SR	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T3V3R-SR	0.03	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T3V3L-SR	0.03	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T301R-SR	0.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T301L-SR	0.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T302R-SR	0.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
				11T302L-SR	0.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
11T304R-SR	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
11T304L-SR	0.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				

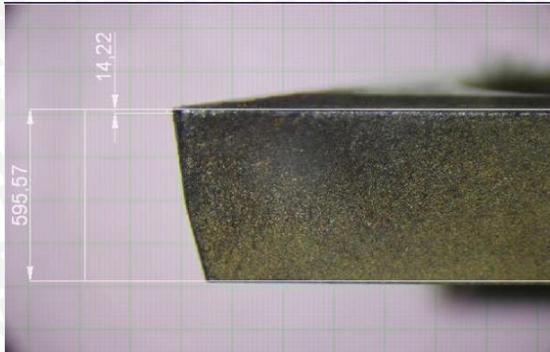


Lampiran 3

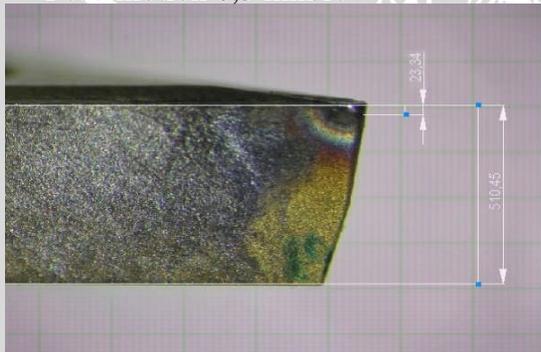
- Pahat pada putaran spindle 1000 rpm

Feed motion 0,1

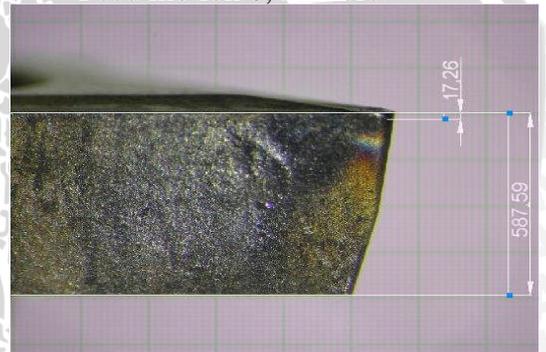
Feed motion 0,2 mm/rev



Feed motion 0,3 mm/rev



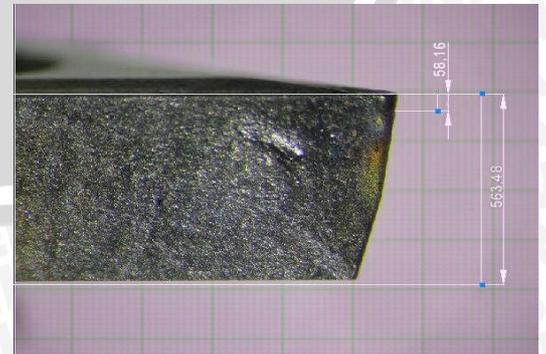
Feed motion 0,4 mm/rev



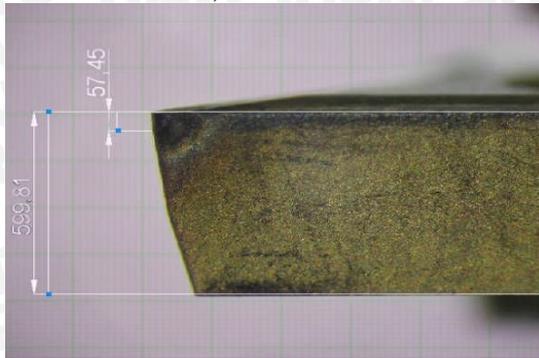
- Pahat pada putaran spindle 1500 rpm

Feed motion 0,1 mm/rev

Feed motion 0,2 mm/rev



Feed motion 0,3 mm/rev

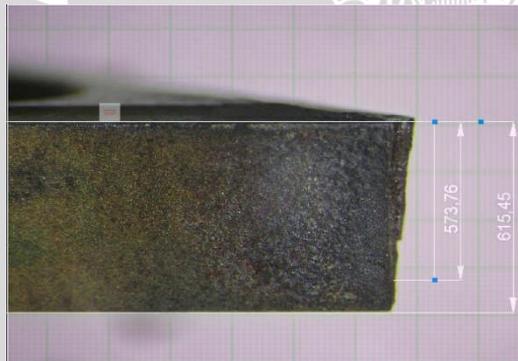


Feed motion 0,4 mm/rev



- Pahat pada putaran spindle 2000 rpm

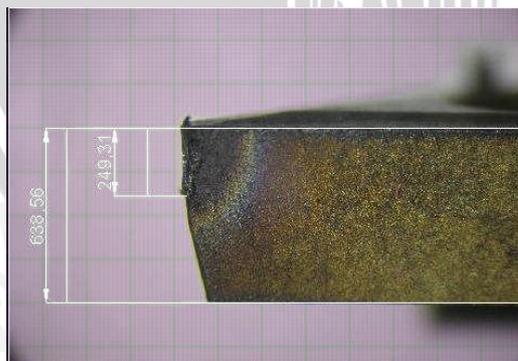
feed motion 0,1mm /rev



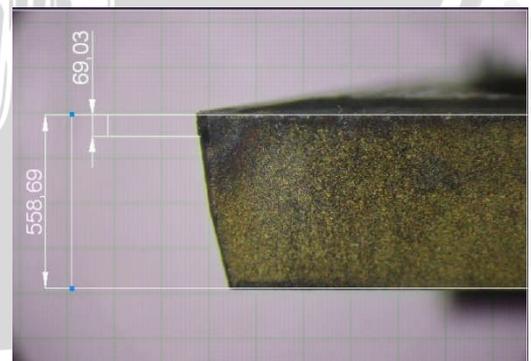
Feed motion 0,2 mm/rev



Feed motion 0,3 mm/rev



Feed motion 0,4 mm/rev



Lampiran 4
Insert tool

W.T. takes as from the bottom of the insert to the top of the cutting edge.

Symbol	Thickness (mm)
S1	1.39
01	1.59
T0	1.79
02	2.38
T2	2.78
03	3.18
T3	3.97
04	4.76
06	6.35
07	7.94
08	9.52

Symbol for Insert Thickness

Symbol	Symbol	Symbol	Symbol	Symbol	Diameter of Round Circle (mm)
02	04	03	06	06	3.97
L3	08	05	04	08	4.76
03	09	06	05	09	5.56
06					6.00
04	11	07	06	11	6.35
05	13	09	07	13	7.94
09	16	11	09	16	8.00
10					9.52
12					10.00
12	08	15	12	22	12.70
15	10	19	16	15	15.875
16					16.00
19	13	23	19	33	19.05
20					20.00
25					23.225
25	31	25	25	44	25.40
31	38	32	31	54	31.75
32					32.00

Symbol for Insert Size

Standard	Symbol for Chip Breaker	Symbol for Chip Breaker	Symbol for Chip Breaker
	C	FH	
	FJ	PV	
	GH	HV	
	HX	MA	
	HN	MP	
	MS	MV	
	SA	SH	
		SW	

12 04 08 (E) (N) - MP

Figure	Symbol	Right	Left	Round
		R	L	N

Symbol for Cutting Direction

Figure	Symbol	Sharp cutting edge	Round cutting edge	Chamfered cutting edge	Chamfered and rounded cutting edge
	F				
	E				
	T				
	S				

Symbol for Cutting Edge Control

Militerial Material, don't use this symbol.

Symbol	Symbol	Symbol	Symbol
V3	0.03		
V5	0.05		
01	0.1		
02	0.2		
04	0.4		
08	0.8		
12	1.2		
16	1.6		
20	2.0		
24	2.4		
28	2.8		
32	3.2		

Symbol for Corner Chamfer

00 : Inch
M0 : Metric

Round Insert

Lampiran 5

Manuskrip

N	G (M)	X (I) (D)	Z (K) (S)	F (L, T, H)
1	G 24			
2	G 92	2600	500	
3	M 03			
4	G 00	3000	100	
5	G 84	2550	-6000	10
6	G 00	2550	100	
7	G 84	2500	-6000	10
8	G 00	2500	100	
9	G 84	2450	-6000	10
10	G 00	2450	100	
11	G 84	2400	-6000	10
12	G 00	2400	100	
13	G 84	2350	-6000	10
14	G 00	2350	100	
15	G 84	2300	-6000	10
16	G 00	2300	100	
17	G 84	2250	-6000	10
18	G 00	2250	100	
19	G 84	2200	-6000	10
20	G 00	2200	100	
21	G 84	2150	-6000	10
22	G 00	2150	100	
23	G 84	2100	-6000	10
24	G 00	2100	100	
25	G 84	2050	-6000	10
26	G 00	2050	100	
27	G 84	2000	-6000	10
28	G 00	2000	100	
29	G 84	1950	-6000	10
30	G 00	1950	100	
31	G 84	1900	-6000	10
32	G 00	1900	100	
33	G 84	1850	-6000	10
34	G 00	1850	100	
35	G 84	1800	-6000	10
36	G 00	1800	100	
37	G 84	1750	-6000	10
38	G 00	1750	100	
39	G 84	1700	-6000	10
40	G 00	1700	100	
41	G 84	1650	-6000	10
42	G 00	1650	100	

43	G 84	1600	-6000	10	
44	G 00	1600	100		
45	G 84	1550	-6000	10	
46	G 00	1550	100		
47	G 84	1500	-6000	10	
48	G 00	1500	100		
49	G 84	1450	-6000	10	
50	G 00	1450	100		
51	G 84	1400	-6000	10	
52	G 00	1400	100		
53	G 84	1350	-6000	10	
54	G 00	1350	100		
55	G 84	1300	-6000	10	
56	G 00	1300	100		
57	G 84	1250	-6000	10	
58	G 00	1250	100		
59	G 84	1200	-6000	10	
60	G 00	1200	100		
61	G 84	1150	-6000	10	
62	G 00	1150	100		
63	G 84	1100	-6000	10	
64	G 00	1100	100		
65	G 84	1050	-6000	10	
66	G 00	1050	100		
67	G 84	1000	-6000	10	
68	G 00	1000	100		
69	G 84	950	-6000	10	
70	G 00	950	100		
71	G 84	900	-6000	10	
72	G 00	900	100		
73	G 84	850	-6000	10	
74	G 00	850	100		
75	G 84	800	-6000	10	
76	G 00	800	100		
77	G 84	750	-6000	10	
78	G 00	750	100		
79	G 84	700	-6000	10	
80	G 00	700	100		
81	G 84	650	-6000	10	
82	G 00	650	100		
83	G 84	600	-6000	10	
84	G 00	600	100		
85	G 84	550	-6000	10	
86	G 00	550	100		
87	G 84	500	-6000	10	
89	G 00	500	100		

90	G 00	3000	100		
91	M 05				
92	M30				

