



**ANALISIS UMUR PAHAT DENGAN VARIASI
MATERIAL PAHAT, KECEPATAN PUTAR *SPINDLE*
DAN GERAK MAKAN PADA PROSES BUBUT
*STAINLESS STEEL***

SKRIPSI

Oleh

**Akbar Eka Prasetya
NIM 131910101103**

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS UMUR PAHAT DENGAN VARIASI
MATERIAL PAHAT, KECEPATAN PUTAR *SPINDLE*
DAN GERAK MAKAN PADA PROSES BUBUT
*STAINLESS STEEL***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Akbar Eka Prasetya
NIM 131910101103**

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan kasih dan karunia-Mu telah memberikan kekuatan dan kemudahan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan. Sholawat dan salam selalu dipanjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Dengan penuh rasa syukur skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tuaku, Bapak Joewono S. Soegiarto, Ibu (alm.) Anny Soeherlina dan adiku Putri Ayu Lestari yang tiada henti memberikan dukungan moral dan moril demi kesuksesan penulis.
2. Keluarga besar Teknik Mesin 2013 yang memberikan pengalaman, pengetahuan dan makna pertemanan.
3. Partner penelitian Umur Pahat saya yang dengan sabar bersedia membantu dan menemani saya dalam proses penelitian skripsi.
4. Sahabat – sahabat saya yang saling menguatkan dan memotivasi.
5. Teman – teman kontrakan brantas 23 yang telah menjadi keluarga saya selama menempuh masa perkuliahan.
6. Teman – teman angkeringan FC yang selalu memberi hiburan dan semangat.
7. Almamater tercinta Universitas Jember, khususnya Fakultas Teknik yang memberikan banyak pengalaman dan ilmu tentang kehidupan bersama.

MOTTO

“Do your best, Allah will do the rest.”

“Is there any reward for good other than good?”

(Quran, 55:60)

“Jika anda tidak membangun impian anda, maka seseorang akan mempekerjakan anda untuk membantu membangun impian mereka.”

(Tony Gaskin)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Akbar Eka Prasetya**

NIM : **131910101103**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: **“ANALISIS UMUR PAHAT DENGAN VARIASI UMUR PAHAT, KECEPATAN PUTAR *SPINDLE* DAN GERAK MAKAN PADA PROSES BUBUT *STAINLESS STEEL*”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Juli 2018

Yang Menyatakan

Akbar Eka Prasetya

NIM 131910101103

SKRIPSI

**ANALISIS UMUR PAHAT DENGAN VARIASI UMUR PAHAT,
KECEPATAN PUTAR *SPINDLE* DAN GERAK MAKAN PADA
PROSES BUBUT *STAINLESS STEEL***

Oleh :
Akbar Eka Prasetya
NIM. 1319101103

Pembimbing

Pembimbing Utama : Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T.
Pembimbing Anggota : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI STARTA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**ANALISIS UMUR PAHAT DENGAN VARIASI UMUR PAHAT, KECEPATAN PUTAR *SPINDLE* DAN GERAK MAKAN PADA PROSES BUBUT *STAINLESS STEEL***” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 19 Juli 2018
Tempat : Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T.
NIP.19670924 199412 1 001
Anggota I,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP. 19681207 199512 1 002
Anggota II,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP.19600812 199802 1 001

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.
NIP.19751006 200212 1 002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP.19661215 199503 2 001

RINGKASAN

ANALISIS UMUR PAHAT DENGAN VARIASI MATERIAL PAHAT, KECEPATAN PUTAR *SPINDLE* DAN GERAK MAKAN PADA PROSES BUBUT *STAINLESS STEEL*: Akbar Eka Prasetya; 131910101103; 2018; 54 Halaman; Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Pembubutan merupakan proses pengurangan diameter benda kerja dengan menggunakan pahat untuk menghasilkan suatu benda kerja dengan bentuk baru. Ada beberapa jenis material pahat yang biasa digunakan, yaitu: HSS (*High Speed Steel*), baja karbon, karbida dan insert. Pada industri kecil seperti bengkel produksi berskala kecil dan menengah, pahat HSS masih banyak digunakan karena selain harganya yang relatif murah, pahat ini juga mudah diasah dan mudah didapat.

Dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Kecepatan putar *spindle*, gerak makan dan material pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan dengan material benda kerja dan kondisi pemotongan sehingga target permesinan tercapai. Tujuan ini antara lain tingginya umur pahat, kekasaran permukaan dan geometri ketelitian produk.

Penelitian ini memfokuskan pada kekerasan material pahat, kecepatan putar *spindle* dan gerak makan. Material pahat yang digunakan adalah pahat *molybdenum* dengan angka kekerasan 383 HB dan pahat *tungsten* dengan angka kekerasan 341 HB. Kecepatan putar *spindle* yang digunakan adalah sebesar 600 rpm, 800 rpm dan 1000 rpm. Gerak makan yang digunakan adalah sebesar 0.25 mm/rev, 0.35 mm/rev dan 0.45 mm/rev.

Dari hasil pengolahan data nilai umur pahat terendah terdapat pada material pahat dengan nilai 341 HB dengan kombinasi kecepatan putar *spindle* dengan nilai 1000 rpm dan gerak makan dengan nilai 0.45 mm/rev sebesar 4.772 menit. Dari hasil pengolahan data nilai umur pahat tertinggi terdapat pada material pahat dengan nilai 383 HB dengan kombinasi kecepatan putar *spindle* dengan nilai 600 rpm dan

gerak makan dengan nilai 0.25 mm/rev sebesar 6.411 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kekerasan material pahat yang tinggi akan menghasilkan umur pahat yang baik dan semakin tinggi kecepatan putar *spindle* dan gerak makan yang digunakan maka akan semakin pendek umur pahat yang dihasilkan.



SUMMARY

ANALYSIS OF TOOL LIFE USING MATERIAL VARIATION OF TOOL, SPINDLE SPEED AND FEED RATE IN TURNING PROCESS OF STAINLESS STEEL : Akbar Eka Prasetya; 131910101103; 2017; 54 Pages; Department of Mechanical Engineering University of Jember.

Turning is a process of reducing the diameter of the workpiece by using a tool to produce a workpiece with a new shape. There are several types of tool materials commonly used, named: HSS (High Speed Steel), carbon steel, carbide and inserts. In small industries such as small and medium production workshop, HSS tool is still widely used because in addition to its relatively cheap, this tool is also easy to be sharpened and easy to obtain.

Dimensional wear determines the tool life. Spindle speed, feed rate and tool materials must be correctly selected in accordance with workpiece materials and cutting conditions so that machine targets are achieved. These goals include high tool life, surface roughness and precision geometry of the product.

This study focuses on hardness of tool material, spindle speed and feeding. The tool material used was a molybdenum tool with a hardness of 383 HB and a tungsten tool with a hardness of 341 HB. Spindle speed used is 600 rpm, 800 rpm and 1000 rpm. The feed rate used is 0.25 mm / rev, 0.35 mm / rev and 0.45 mm / rev.

From result of data processing value of tool life, the lowest tool life is on material with value 341 HB with combination of spindle speed with 1000 rpm value and feed rate with value 0,45 mm / rev equal to 4,772 minute. From result of data processing value of highest tool life is on material tool with a value of 383 HB with a combination of spindle speed with a value of 600 rpm and feed rate with a value of 0.25 mm / rev for 6.411 minutes. So it can be concluded that the hardness of high tool material will produce a good tool life and the higher spindle speed and feed rate is used, the shorter the tool life produced.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT. atas segala berkat, bimbingan, serta rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan proposal skripsi tentang “Analisis Umur Pahat dengan Variasi Material Pahat, Kecepatan Putar *Spindle* dan Gerak Makan pada Proses Bubut *Stainless Steel*”. Proposal ini disusun dalam rangka penyelesaian seminar proposal yang telah penulis laksanakan. Di samping itu proposal skripsi ini juga merupakan salah satu bentuk perwujudan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama berada di bangku kuliah.

Seiring dengan perkembangan teknologi, mahasiswa tidak hanya dituntut untuk menguasai suatu disiplin ilmu tertentu yang sesuai dengan bidangnya secara teori, tetapi juga dituntut untuk menguasai secara praktis dan memahami aplikasi dari ilmu tersebut secara nyata.

Pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua saya, Joewono S. Soegiarto dan (alm.) Anny Soeherlina serta adik saya Putri Ayu Lestari terimakasih untuk dukungan moril dan materil serta doa yang selalu dipanjatkan sehingga saya bisa menyelesaikan studi S1.
2. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama, dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto., M.T. selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Salahudin Junus S.T., M.T. selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritikan bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini.
4. Keluarga besar Teknik Mesin 2013 yang sudah berjuang bersama sejak ospek sampai akhir masa perkuliahan
5. Partner penelitian umur pahat Arif Setia P, Ahmad K. Anwar, dan Dicky Y. yang dengan sabar membantu proses penelitian skripsi.
6. Sahabat – sahabat saya Dzulfikri, Lucky dan Faqih yang saling menguatkan dan memotivasi saya.

7. Teman – teman kontrakan brantas 23 yang telah menjadi keluarga kedua saya selama masa perkuliahan.
8. Teman – teman angkriangan FC yang selalu memberi hiburan dan semangat
9. Seluruh staf pengajar dan administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, membimbing, dan membantu kelancaran saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tidak terlepas dari keterbatasan, yang biasanya mewarnai kadar ilmiah dari proposal skripsi ini. Oleh karena itu penulis selalu terbuka terhadap masukan dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun untuk mendekati kesempurnaan. Tidak lupa penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat kesalahan dan kekeliruan. Akhir kata penulis berharap proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi bahan acuan yang bermanfaat di kemudian hari.

Jember, 11 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	4
1.5 Hipotesis	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mesin Bubut	5
2.1.1 Bagian-bagian mesin bubut	6
2.2 Parameter Proses Pembubutan	7
2.3 Geometri Pahat Bubut	11
2.4 Material Pahat	13
2.4.1 HSS.....	14
2.5 Keausan Pahat	17
2.6 Bidang Akhir Pahat yang Mengalami Keausan	18
2.7 Pertumbuhan Keausan	19
2.8 Umur Pahat	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24

3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan	26
3.3 Variabel Pengukuran	27
3.3.1 Penetapan Variabel Pengukuran.....	27
3.3.2 Level yang Digunakan.....	27
3.4 Prosedur Pengambilan Data	28
3.5 Analisis Data	29
3.6 Diagram Alir Penelitian	31
BAB 4. HASIL dan PEMBAHASAN	32
4.1 Data Percobaan	32
4.1.1 Uji Kekerasan Pahat HSS	32
4.1.2 Data Keausan Pahat HSS	33
4.1.3 Umur Pahat	34
4.2 Analisis Umur Pahat	36
4.2.1 Pengujian Residual.....	37
4.2.2 Analisis Variansi untuk Umur Pahat.....	39
4.2.3 <i>Main Effect Plot</i> dan <i>Interaction Plot</i>	40
4.3 Pembahasan Umur Pahat.....	41
4.3.1 Pengaruh Material Pahat terhadap Umur Pahat	43
4.3.1 Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spindle</i> terhadap Umur Pahat	44
4.3.1 Pengaruh Gerak Makan terhadap Umur Pahat.....	45
BAB 5. PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	49
Lampiran A. Tabel Penelitian	49
Lampiran B. Analisis Desain Faktorial	51
Lampiran C. Alat dan Bahan	52
Lampiran D. Proses Pengujian.....	54
Lampiran E. Hasil Pengamatan	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 (1) Proses Bubut Rata, (2) Bubut Permukaan dan (3) Bubut Tirus	5
Gambar 2.2 Proses Permesinan Mesin Bubut.....	6
Gambar 2.3 Bagian-bagian Mesin Bubut.....	6
Gambar 2.4 Hubungan Kecepatan Potong terhadap Keausan Pahat.....	9
Gambar 2.5 Hubungan Gerak Makan terhadap Keausan Pahat.....	10
Gambar 2.6 Geometri Pahat HSS.....	12
Gambar 2.7 Geometri Pahat Bubut Sisipan.....	12
Gambar 2.8 Pahat Tangan Kanan dan Pahat Tangan Kiri	13
Gambar 2.9 Kekerasan dari Material Pahat	14
Gambar 2.10 Keausan Kawah dan Keausan Tepi.....	18
Gambar 2.11 Pertumbuhan Keausan Pahat.....	19
Gambar 3.1 Mesin Bubut.....	24
Gambar 3.2 Mikroskop	25
Gambar 3.3 <i>Hardness Tester</i>	25
Gambar 3.4 Mesin Gerinda.....	26
Gambar 3.5 Benda Kerja.....	26
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian	31

Gambar 4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Pahat HSS A.....	32
Gambar 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Pahat HSS B	33
Gambar 4.3 Grafik Keausan Pahat.....	34
Gambar 4.4 <i>Plot Residual Fits</i>	37
Gambar 4.5 <i>Probability Plot</i>	38
Gambar 4.6 <i>Main Effect Plot</i>	41
Gambar 4.7 <i>Interaction Plot</i>	42
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Kekerasan Material.....	43
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spindle</i>	44
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Kecepatan Gerak Makan.....	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kecepatan Potong untuk Beberapa Jenis Pahat	8
2.2 Kecepatan Pemakanan untuk Pahat HSS	10
2.3 Jenis Pahat HSS	16
2.4 Komposisi Kimia Baja Kecepatan Tinggi yang Umum Digunakan	16
2.5 Batas Kritis Keausan Pahat dan Benda Kerja	18
2.6 Korelasi antara m dengan n untuk Beberapa Jenis Material Pahat	20
2.7 Harga Pangkat untuk p	21
3.1 Level yang Digunakan	26
4.4 Data Hasil Perhitungan Umur Pahat	28
4.5 Analisis Variansi Pahat	36

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan kemajuan proses pemesinan dari industri manufaktur saat ini sudah berkembang sangat pesat. Perkembangan teknologi dari proses pemesinan berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Dalam industri pemesinan, dikenal berbagai proses pengerjaan seperti pembubutan, pengeboran, pengefraisan dan lain-lain. Industri pemesinan ini mengalami banyak masalah, khususnya industri kecil dan menengah. Masalah yang dihadapi yaitu bagaimana menghasilkan produk yang berkualitas.

Dalam mesin bubut, pahat merupakan bagian yang sangat penting dalam proses pemotongan benda kerja. Pahat merupakan bagian yang bersentuhan langsung dengan benda kerja yang akan dipotong. Karena itu, pahat harus memiliki kriteria kriteria sebagai berikut; tahan aus, harus lebih keras dari benda kerja yang akan dipotong dan tahan beban mekanik. Ada beberapa jenis material pahat yang biasa digunakan, yaitu: HSS (*High Speed Steel*), baja karbon, karbida dan insert. Indra dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengujian pahat HSS, pahat karbida dan pahat PCS pada kekasaran permukaan *stainless steel*. Hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa pahat karbida memiliki nilai kekasaran permukaan yang lebih baik pada kecepatan putar *spindle* rendah ($1.5 \mu\text{m}$) dan tinggi ($1.3 \mu\text{m}$), dimana pahat HSS memiliki kekasaran permukaan yang lebih baik pada kecepatan putar *spindle* rendah $1.8 \mu\text{m}$ dibandingkan kecepatan putar *spindle* tinggi dengan nilai $5.7 \mu\text{m}$. Pahat PCS memiliki kekasaran permukaan permukaan yang lebih baik pada kecepatan putar *spindle* tinggi dengan nilai $2.8 \mu\text{m}$ dibandingkan kecepatan putar *spindle* rendah dengan nilai $4.9 \mu\text{m}$. Pada industri kecil seperti bengkel produksi berskala kecil dan menengah, pahat HSS masih banyak digunakan karena selain harganya yang relatif murah, pahat ini juga mudah diasah dan mudah didapat.

Pada saat berlangsungnya proses permesinan akan terjadi kontak langsung antara pahat dan benda kerja, dimana kontak langsung tersebut akan menghasilkan gesekan. Gesekan antara pahat dan benda kerja tersebut yang membuat pahat mengalami keausan. Keausan ini berakibat pada rusaknya ujung mata pahat sehingga mata pahat ini berkurang ketajamannya dan mempengaruhi ketelitian dimensi, geometri dan hasil akhir produk yang dikerjakan. Keausan ini akan terus berlangsung sampai tahap tertentu sehingga pahat tidak dapat digunakan lagi. Rentang waktu untuk mencapai batas keausan pahat ini biasa disebut sebagai umur pahat (*Tool Life*). Karena keausan merupakan faktor yang menentukan umur pahat maka pertumbuhannya perlu diperhatikan dengan memperhatikan faktor utama dari mekanisme keausan (Rochim, 2007).

Secara garis besar, tingkat keausan pahat bergantung pada parameter permesinan. Diantaranya yaitu kecepatan putar *spindle*, kecepatan pemakanan, kecepatan potong, kedalaman pemakanan, material pahat, gerak pemakanan, dan lain-lain. Selvaraj dkk. (2013) menganalisis pengaruh kecepatan potong dan gerak makan terhadap keausan pahat pada proses bubut. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa dengan menambahkan kecepatan potong (100 m/min, s/d 120 m/min), maka nilai keausan yang diperoleh akan semakin meningkat (0.2 VB, s/d 0.35 VB). Menambahkan besar gerak pemakanan pada proses bubut (0.04 rev/min, s/d 0.12 rev/min) juga akan menambah nilai keausan yang diperoleh (0.13 VB, s/d 0.3 VB).

Qamaruddin dan Rahmanto (2015) menganalisis bahwa kekerasan material berpengaruh terhadap keausan pahat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan material yang lebih tinggi (850 HB) memiliki keausan rata-rata 0.1 VB, disbanding dengan kekerasan material rendah (750 HB) memiliki keausan rata-rata 0.3 VB.

1.2 Rumusan masalah.

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh material pahat (*molybdenum* dan *tungsten*) terhadap umur pahat pada proses bubut *Stainless Steel*?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan putar *spindle* (600 rpm, 800 rpm dan 1000 rpm) terhadap umur pahat pada proses bubut *Stainless Steel*?
3. Bagaimana pengaruh gerak makan (0,25 mm/rev, 0,35 mm/rev dan 0,45 mm/rev) terhadap umur pahat pada proses bubut *Stainless Steel*?

1.3 Batasan masalah

Untuk menyederhanakan dan menghindari meluasnya permasalahan maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Tidak membahas tentang besar gaya dan daya yang terjadi pada proses bubut.
2. Tidak membahas tentang getaran yang terjadi pada proses bubut.
3. Tidak membahas tentang temperatur yang terjadi pada proses bubut.

1.4 Tujuan dan Manfaat.

1.4.1 Tujuan Penelitian.

1. Mengetahui pengaruh material pahat (*molybdenum* dan *tungsten*) terhadap umur pahat pada proses bubut *Stainless Steel*.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan putar *spindle* (600 rpm, 800 rpm dan 1000 rpm) terhadap umur pahat pada proses bubut *Stainless Steel*.
3. Mengetahui pengaruh gerak makan (0,25 mm/rev, 0,35 mm/rev dan 0,45 mm/rev) terhadap umur pahat pada proses bubut *Stainless Steel*.

1.4.2 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui umur pahat yang dapat digunakan dalam proses bubut.
2. Dapat mengetahui parameter yang tepat dalam proses bubut sehingga pengerjaan pembubutan akan menjadi lebih efisien.

1.5 Hipotesis

Jenis material pahat, kecepatan putar *spindle*, dan gerak makan merupakan parameter yang berpengaruh terhadap umur pahat. Pemilihan jenis material pahat yang sesuai akan memiliki sifat ketahanan panas dan ketahanan aus yang baik pula sehingga umur pahat yang dihasilkan akan semakin baik. Peningkatan kecepatan putar *spindle* akan meningkatkan temperatur pemotongan pada ujung pahat, sehingga pahat akan menjadi lebih cepat aus dan umur pahat yang diperoleh akan semakin pendek. Dengan meningkatnya gerak makan, gaya potong yang terjadi akan semakin besar, sehingga pahat menjadi lebih cepat aus dan umur pahat yang dihasilkan juga semakin pendek.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Bubut

Mesin bubut adalah mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda kerja yang pengerjaannya diputar. Sedangkan proses bubut merupakan proses permesinan yang bertujuan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin yang berbentuk silindris yang dikerjakan oleh mesin bubut.

Secara umum terdapat tiga gerakan utama pada mesin bubut. Pertama adalah proses bubut rata. Proses ini gerakan pemakanan dengan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga permukaan luar benda kerja akan dibuang. Yang kedua adalah proses bubut permukaan. Proses ini identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerak permakanannya tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Yang ketiga adalah proses bubut tirus. Proses bubut ini sebenarnya identik dengan proses bubut rata yang telah disebutkan, hanya jalannya pahat membentuk suatu sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. (Widarto dkk., 2008).



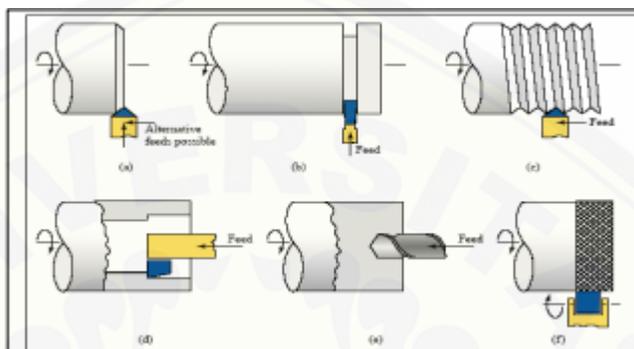
Gambar 2.1 Proses Bubut Rata, Bubut Permukaan dan Bubut Tirus
(Widarto dkk., 2008)

Prinsip kerja atau gerakan utama untuk melakukan pemakanan dalam proses bubut ada tiga, yaitu :

- Main motion*, yaitu: gerakan benda kerja berputar
- Adjusting motion*, yaitu: gerakan pahat memasukkan kedalaman pemakanan
- Feed motion*, yaitu: gerakan pahat menyayat benda kerja

Secara umum mesin bubut dapat melakukan berbagai proses permesinan, diantaranya yaitu bubut dalam (*internal turning*), pembuatan lubang dengan mata bor

(*drilling*), pembesaran lubang (*boring*), pembuatan ulir (*thread cutting*), dan pembuatan alur (*grooving/partingoff*). Proses tersebut memerlukan bantuan/tambahan peralatan lain dalam pengerjaannya (Widarto dkk., 2008)



Gambar 2.2 Proses pemesinan pada Mesin Bubut

(a) Pembubutan pinggul, (b) pembubutan alur, (c) pembubutan ulir, (d) pembubutan lubang, (e) pembuatan lubang, (f) pembuatan kartel (Widarto dkk., 2008)

2.1.1 Bagian-bagian Mesin Bubut

Berikut merupakan bagian-bagian utama yang terdapat pada mesin bubut :



Gambar 2.3 Bagian-bagian mesin bubut (Bintaka, 2013)

a. Kepala Tetap (*Head stock*)

Merupakan bagian mesin yang berfungsi memutar benda kerja.

b. Kepala Lepas (*Tail stock*)

Merupakan bagian mesin yang berfungsi sebagai tempat pemicu ujung benda yang dibubut, tempat kedudukan bor dan tempat kedudukan penjepit bor.

c. Alas (*Weys*)

Merupakan bagian mesin yang berfungsi sebagai tempat kedudukan *tail stock*, tempat kedudukan *carriage*, dan tempat kedudukan penyangga.

d. Eretan (*carriage*)

Merupakan bagian mesin yang berfungsi untuk mengatur perkakas dalam mengerjakan benda kerja pada operasi tertentu.

e. *Chuck*

Merupakan bagian mesin yang berfungsi untuk mencekam benda kerja yang akan dibubut.

2.2 Parameter proses pembubutan

Pada proses bubut terdapat lima elemen dasar proses permesinan, yaitu :

a. Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong merupakan kecepatan tersayatnya benda kerja hingga menghasilkan sayatan logam yang dapat berupa serbuk atau chip.

$$v = \pi \cdot d \cdot n / 1000$$

dimana :

v = Kecepatan potong (m/min)

d = Diameter benda kerja

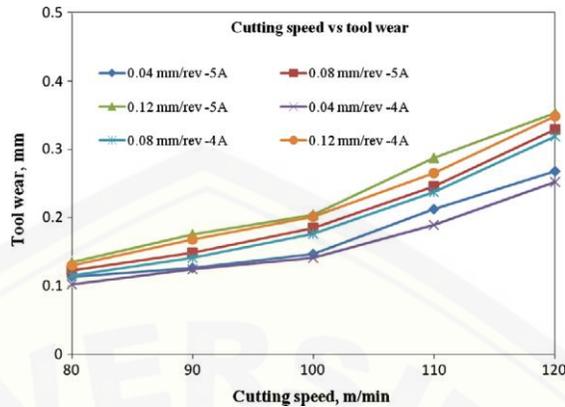
n = Putaran poros utama

Benda kerja yang berbeda strukturnya, kekerasan dan kemampuan pemesinannya diperlukan penentuan kecepatan potong yang berbeda pula. Kecepatan potong yang sesuai untuk beberapa benda kerja akan ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Kecepatan Potong untuk Beberapa Jenis Pahat (Khoir,2011)

Bahan	Cutter HSS		Cutter Karbida	
	Halus (m/min)	Kasar (m/min)	Halus (m/min)	Kasar (m/min)
Baja Perkakas	75 – 100	22 – 45	185 – 230	110 – 140
Baja Karbon Rendah	70 – 90	25 – 40	170 – 215	90 – 120
Baja Karbon Menengah	60 – 85	20 – 40	140 – 185	75 – 110
Besi Cor Kelabu	40 – 45	25 – 30	110 – 140	60 – 75
Kuningan	85 – 110	45 – 70	185 – 215	120 – 150
Aluminium	70 – 110	30 – 45	140 – 215	60 – 90

Keausan pahat bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan potong. Menambahkan kecepatan potong juga akan menambah suhu pemotongan pada pahat, sehingga pahat kehilangan kekuatannya dan menyebabkan terjadinya deformasi plastis (Selvaraj dkk., 2013)



Gambar 2.4 Hubungan Kecepatan Potong Terhadap Keausan Pahat (Selvaraj dkk., 2013)

b. Kecepatan makan (*feeding*)

Kecepatan makan merupakan jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali.

$$f = v_f / n$$

dimana :

f = *feeding* (mm/putaran)

v_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)

n = putaran poros utama (rpm)

Besarnya kecepatan pemakanan dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

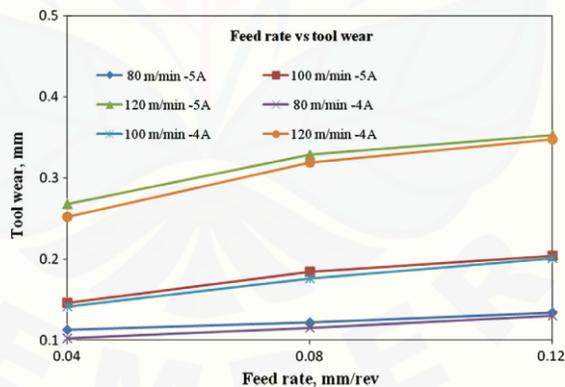
1. Jenis pahat yang digunakan.
2. Jenis pekerjaan yang dilakukan.
3. Penggunaan media pendingin.
4. Jenis bahan yang akan dibubut.

Gerak makan yang sesuai untuk beberapa benda kerja akan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Kecepatan Pemakanan untuk Pahat HSS (Khoir, 2011)

Material	Pekerjaan Kasar		Pekerjaan Penyelesaian	
	mm/min	inch/min	mm/min	inch/min
Baja Mesin	0.25 – 0.50	0.010 – 0.020	0.07 – 0.25	0.003 – 0.010
Baja Perkakas	0.25 – 0.50	0.010 – 0.020	0.07 – 0.25	0.003 – 0.010
Besi Tuang	0.40 – 0.65	0.15 – 0.025	0.13 – 0.30	0.005 – 0.012
Perunggu	0.40 – 0.65	0.015 – 0.025	0.13 – 0.30	0.005 – 0.012
Aluminium	0.40 – 0.75	0.015 – 0.030	0.13 – 0.25	0.05 – 0.010

Keausan pahat meningkat seiring dengan bertambahnya Gerak Pemakanan. Semakin besar gerak makan yang digunakan akan semakin besar pula gaya pemotongan yang terjadi sehingga menyebabkan pahat menjadi lebih cepat aus (Selvaraj dkk., 2013).



Gambar 2.5 Hubungan Gerak Makan Terhadap Keausan Pahat (Selvaraj dkk., 2013)

c. Kedalaman potong (*depth of cut*)

Kedalaman potong merupakan jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum dipotong.

$$a = \frac{D - d}{2}$$

dimana :

D = diameter awal pembubutan (mm)

d = diameter akhir pembubutan (mm)

d. Waktu pemotongan (*cutting time*)

$$tc = l_t / v_f$$

dimana :

tc = waktu pemotongan

l_t = panjang permesinan (mm)

v_f = kecepatan makan (mm/min)

e. Kecepatan penghasilan geram (*rate of metal removal*)

Kecepatan penghasilan geram merupakan laju penghasil beram (cm^3/min)

$$Z = f \cdot a \cdot v_f$$

dimana :

z = kecepatan penghasil geram

f = gerak makan

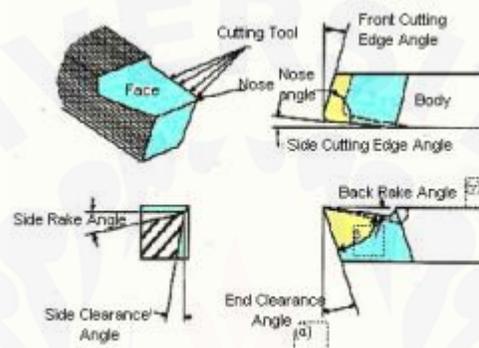
a = kedalaman potong (mm)

v_f = kecepatan makan (mm/min)

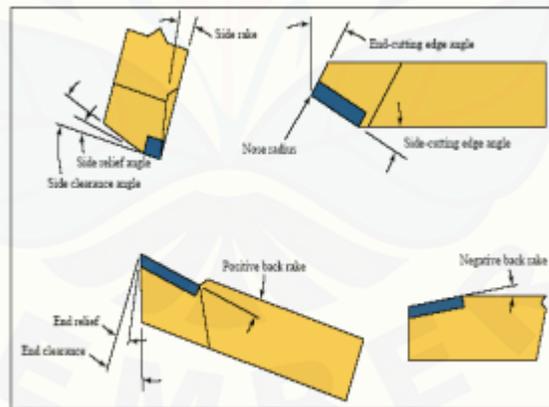
2.3 Geometri Pahat Bubut

Geometri pahat bubut yang akan digunakan sangat bergantung pada material benda kerja dan material pahat, hal ini ditunjukkan pada standar terminologi. Untuk pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok yaitu sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*).

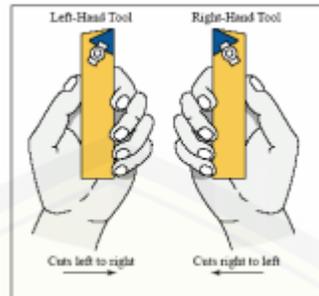
Sudut-sudut pahat HSS dapat diasah menggunakan mesin gerinda pahat (Widarto dkk., 2008). Pada pahat sisipan, geometri pahatnya dapat dilihat pada gambar 2.4. Pahat bubut juga dapat diidentifikasi berdasarkan letak sisi potongnya (*cutting edge*), yaitu pahat tangan kanan (*Right-hand tools*) dan pahat tangan kiri (*Left-hand tools*) (Widarto dkk., 2008).



Gambar 2.6 Geometri pahat bubut HSS (Widarto dkk., 2008).



Gambar 2.7 Geometri pahat bubut sisipan (Widarto dkk., 2008).



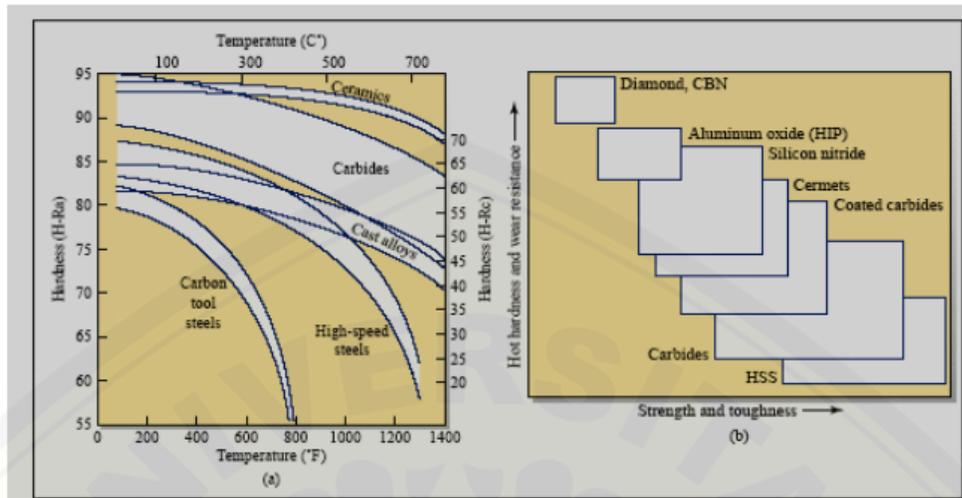
Gambar 2.8 Pahat tangan kanan dan pahat tangan kiri (Widarto dkk., 2008).

2.4 Material Pahat

Suatu pahat dapat dikatakan sebagai pahat yang baik jika pahat tersebut memiliki sifat-sifat tertentu. Pahat yang baik akan menghasilkan produk yang berkualitas dan memiliki efisiensi yang baik. Sifat-sifat pahat itu antara lain adalah ketahanan kekerasan kekuatan pahat pada temperatur tinggi (*hot hardness*), ketangguhan (*toughness*), dan ketahanan aus. Ketangguhan sangat diperlukan agar pahat tidak retak saat melakukan pemotongan dengan beban kejut. Ketahanan aus pahat juga sangat diperlukan agar pahat tidak mengalami proses keausan yang cepat pada proses pemotongan (Rochim, 2008)

Material pahat ditentukan berdasarkan jenis material benda kerja dan kondisi pemotongannya. Berikut ini merupakan berbagai macam material pahat yang digunakan dalam industri permesinan :

- a. Baja karbon (*High Carbon Steels*)
- b. HSS (*High Speed Steels*)
- c. Paduan Cor Nonferro (*Cast Nonferrous Alloys*)
- d. Karbida (*Cemented Carbides*)
- e. Keramik (*Ceramics*)
- f. CBN (*Cubic Boron Nitrides*)
- g. Intan (*Sintered Diamonds and Natural Diamonds*)



Gambar 2.9 (a) Kekerasan dari beberapa macam material pahat sebagai fungsi dari temperatur, (b) jangkauan sifat material pahat (Widarto dkk., 2008)

Indra dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengujian pahat HSS, pahat karbida dan pahat PCS pada kekasaran permukaan *stainless steel*. Hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa pahat karbida memiliki nilai kekasaran permukaan yang lebih baik pada kecepatan putar *spindle* rendah ($1.5 \mu\text{m}$) dan tinggi ($1.3 \mu\text{m}$), dimana pahat HSS memiliki kekasaran permukaan yang lebih baik pada kecepatan putar *spindle* rendah $1.8 \mu\text{m}$ dibandingkan kecepatan putar *spindle* tinggi dengan nilai $5.7 \mu\text{m}$. Pahat PCS memiliki kekasaran permukaan permukaan yang lebih baik pada kecepatan putar *spindle* tinggi dengan nilai $2.8 \mu\text{m}$ dibandingkan kecepatan putar *spindle* rendah dengan nilai $4.9 \mu\text{m}$.

2.4.1 HSS

Pada tahun 1898, ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan tungsten/wolfram (W) dan krom (C). Baja ini dibentuk melalui proses penuangan, diikuti dengan pengerolan atau penempaan. Pada kondisi lunak (*annealed*), bahan tersebut dapat diproses menjadi berbagai bentuk pahat potong. Setelah proses laku panas dilakukan, baja ini akan memiliki kekerasan yang cukup tinggi sehingga dapat

digunakan pada kecepatan potong tinggi. Jika pahat HSS aus, pahat ini dapat diasah kembali hingga menjadi tajam. Karena sifat keuletannya yang baik, produk HSS masih banyak digunakan sampai saat ini (Rochim, 2007)

Sifat *hot hardness* dan *recovery hardness* yang cukup tinggi dari pahat HSS dapat dicapai karena adanya unsur paduan dari tungsten/wolfram, krom, vanadium, molybdenum, dan kobalt (Rochim, 2008). Pengaruh unsur-unsur tersebut pada unsur dasar besi dan karbon adalah sebagai berikut :

- a. *Tungsten/wolfram* (W), tungsten dapat membentuk paduan yang sangat keras ($Fe_4 W_2 C$) yang menyebabkan kenaikan temperatur untuk proses *hardening* dan *tempering*, sehingga akan menaikkan *hot hardness*.
- b. *Chromium* (Cr), menaikkan *harden ability*, *hot hardness*, dan sensitivitas terhadap *overheating*.
- c. *Vanadium* (V), menurunkan sensitivitas terhadap *overheating* serta menghaluskan besar butir.
- d. *Molybdenum* (Mo), hampir sama dengan tungsten, hanya saja memiliki efek yang lebih terasa. HSS yang ditambah molybdenum menjadi lebih liat, tapi kekurangannya yaitu lebih sensitif terhadap *overheating*.
- e. *Cobalt* (Co), menaikkan *hot hardness* dan tahanan keausan.

Tabel 2.3 Jenis Pahat HSS (Rochim dkk., 2008)

Jenis HSS	Standar AISI
HSS Konvensional	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Molybdenum HSS</i> • <i>Tungsten HSS</i> 	M1 M2 M7 M10 T1 T2
HSS Spesial	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cobalt added HSS</i> • <i>High Vanadium HSS</i> • <i>High Hardness Co HSS</i> • <i>Cast HSS</i> • <i>Powered HSS</i> • <i>Coated HSS</i> 	M33M 36 T4 T5 T6 M3-1 M3-2 M4 T15 M41 M42 M42 M44 M45 M46

Terdapat 2 klasifikasi baja perkakas kecepatan tinggi, yaitu berbasis molibdenum (M) dan berbasis tungsten (T). Penggunaan basis unsur paduan disesuaikan dengan keberadaan unsur tersebut di sebuah negara. Di Amerika, grup M lebih dominan dalam pembuatan baja perkakas kecepatan tinggi. Berikut Tabel 2.4 menunjukkan komposisi kimia baja perkakas kecepatan tinggi tipe AISI M dan T yang umum digunakan.

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Baja Kecepatan Tinggi yang Umum Digunakan (Avner, 1976)

AISI	Komposisi (% berat)					
	C	Cr	Mo	W	V	Co
M2	0.85	4.00	5.00	6.00	2.00	..
M7	1.00	4.00	8.75	1.75	2.00	..
M10	0.85	4.00	8.00	..	2.00	..
T1	0.70	4.00	..	18.00	1.00	..
T2	0.80	4.00	..	18.00	2.00	..
T4	0.75	4.00	..	18.00	1.00	5.00

Keterangan :

M = *Molybdenum*

T = *Tungsten*

C = *Carbon*

Cr = *Chromium*

Mo = *Molybdenum*

W = *Wolfram*

V = *Vanadium*

Co = *Cobalt*

2.5 Keausan Pahat

Keausan pada pahat bubut tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja, keausan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berkaitan dengan proses bubut, antara lain jenis material pahat dan benda kerja, parameter pemotongan (kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman makan), serta jenis cairan pendingin yang digunakan (Rochim, 2007). Keausan pahat juga bisa terjadi akibat faktor gabungan dari beberapa faktor dominan berupa proses abrasive, proses adhesi, proses kimiawi, proses deformasi plastik, oksidasi, proses keretakan dan kelelahan.

Semakin besar keausan pahat yang terjadi, kondisi pahat tersebut juga akan menjadi semakin kritis. Jika pahat tersebut masih dipaksakan untuk digunakan, pertumbuhan keausannya akan semakin cepat hingga suatu saat ujung pahat tersebut akan rusak total. Untuk menghindari terjadinya hal tersebut, maka ditetapkan suatu batas harga keausan yang dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tidak boleh digunakan.

Tabel 2.5 Batas kritis keausan pahat dan benda kerja

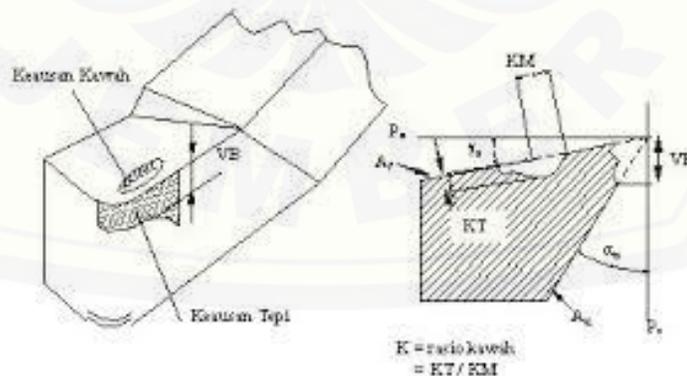
Pahat	Benda kerja	VB (mm)	K
HSS	Baja dan Besi tuang	0.3 s.d. 0.8	-
Karbida	Baja	0.2 s.d 0.6	0.3
Karbida	Besi tuang dan Non ferrous	0.4 s.d 0.6	0.3
Keramik	Baja dan Besi tuang	0.3	-

2.6 Bidang Aktif Pahat yang Mengalami Keausan

Selama proses berlangsungnya pembentukan geram, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena adanya sebab-sebab berikut:

- Keausan yang secara bertahap membesar pada bidang aktif pahat.
- Retak menjalar yang menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
- Deformasi plastik yang merubah geometri pahat.

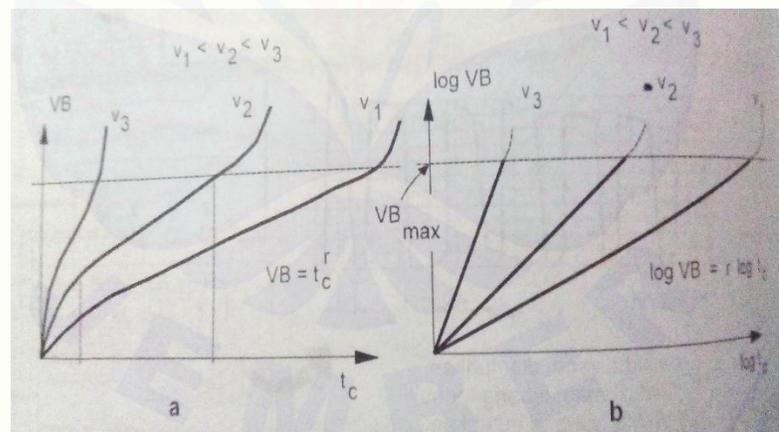
Jenis jenis kerusakan yang telah disebutkan disebabkan oleh temperatur dan tekanan yang tinggi pada bidang aktif pahat. Kekerasan dan kekuatan dari material pahat akan turun berdasarkan dengan naiknya temperatur. Keausan dapat terjadi pada bidang geram dan/atau pada bidang utama pahat. Keausan pada bidang geram disebut dengan keausan kawah (*crater wear*), sedangkan keausan pada bidang utama disebut dengan keausan tepi (*flank wear*) (Rochim, 2007).



Gambar 2.10 Keausan Kawah (*Crater Wear*) dan Keausan Tepi (*Flank Wear*) (Rochim, 2007)

2.7 Pertumbuhan Keausan

Batasan umur pahat ditentukan oleh dimensi keausan. Jadi, kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi pahat pada umumnya mengikuti bentuk sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.11, mulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan, diikuti dengan pertumbuhan linier setaraf bertambahnya jumlah waktu yang digunakan pada proses pemotongan, dan terjadinya kembali pertumbuhan keausan yang cepat. Pada saat pertumbuhan keausan cepat mulai berulang kembali dianggap sebagai batas umur pahat, umumnya terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai pada batas yang ditentukan ini, keausan tepi (VB) dapat dianggap sebagai fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan (t_c), bila digambarkan pada skala dobel logaritma maka akan mempunyai hubungan linier (Rochim, 2007)



Gambar 2.11 Pertumbuhan keausan tepi pahat yang digunakan pada kondisi pemotongan tertentu dengan kecepatan potong yang berbeda (Rochim, 2007)

2.8 Umur Pahat

Keausan pahat akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan, sampai pada suatu saat pahat yang digunakan tidak dapat berfungsi kembali sebagaimana mestinya karena adanya tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis. Karena umur pahat sangat ditentukan oleh faktor keausan, pertumbuhan keausan perlu ditinjau dengan cara memperhatikan faktor-faktor utama/dominan mengenai mekanisme keausan (Rochim, 2007)

Pada tahun 1907, F. W. Taylor mengemukakan suatu persamaan hubungan kecepatan potong dengan umur pahat yang nantinya disebut dengan persamaan umur pahat Taylor. Untuk harga tetap bagi batas dimensi keausan serta kombinasi pahat dan benda kerja tertentu, maka persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$v.T^n = C_T \quad (2.1)$$

dimana :

v = kecepatan potong(m/min)

T = umur pahat (min)

n = harga eksponen

C_T = konstanta taylor

Tabel 2.6 korelasi antara m dan n untuk jenis material pahat (Rohim, 2007)

M	0.	0.125	0.125	0.188	0.2	0.214	0.222	0.228	0.246	0.25
N	0.5	0.4	0.333	0.2	0.167	0.125	0.1	0.08	0.01	0.
Jenis pahat	----Keramik----		-----HSS-----							
	-----Karbida-----					---Carbon Tool Steel---				

Untuk mengetahui dimensi keausan diperlukan penghentian proses pemotongan sehingga pahat dapat diukur keausannya dengan menggunakan mikroskop.

Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan sehingga dapat dicapai batas keausan yang telah ditetapkan.

Sebagaimana yang telah dibahas dalam analisi teoretik umur pahat, harga eksponen n merupakan harga spesifik bagi suatu kombinasi pahat dengan benda kerja. Demikian pula

dengan harga konstanta C_T , dimana selain geometri pahat dan kondisi benda kerja, kondisi pemotongan dan batasan keausan maksimum yang diperbolehkan, sangat mempengaruhi harga C_T . Dengan menggunakan kombinasi pahat dan benda kerja serta dilakukan dengan berbagai kondisi pemotongan, secara lebih umum konstanta Taylor dapat dituliskan seperti rumus empirik berikut :

$$C_T = \frac{C_{TVB} VB^m}{h^p b^q} \quad (2.2)$$

Dimana :

VB = keausan tepi, harga batas keausan dapat dipilih dari 0.3 s.d. 1mm

m = pangkat batas keausan

h = tebal geram sebelum terpotong.

Ditentukan berdasarkan kondisi pemotongan optimum, yaitu sebesar mungkin bila merupakan proses pengasaran, atau sesuai dengan batas minimum bila merupakan proses penghalusan.

p = pangkat untuk tebal geram sebelum terpotong (h)

Tergantung pada jenis dan kualitas pahat.

b = lebar pemotongan (mm)

q = pangkat bagi lebar pemotongan

harga relatif kecil, berkisar antara 0.05 s.d. 0.13

C_{TVB} = kecepatan potong ekstrapolatif (m/min),

Secara teoritik menghasilkan umur pahat sebesar 1 menit, untuk VB = 1 mm, h = 1 mm dan b = 1 mm.

Tabel 2.7 harga rata-rata pangkat p (Rohim, 2007)

Keramik	Karbida				HSS
	P01 s.d. P20	P30 s.d. P40	M10 s.d. K01	M 30	
0.12	0.26	0.35	0.15	0.20	0.40

Bila persamaan diatas digabungkan maka didapatkan rumus sebagai berikut :

$$vT^n = C_{TVB} VB^m h^{-p} b^{-q} \quad (2.3)$$

dimana :

v = kecepatan potong (m/min)

T = umur pahat (menit)

n = pangkat umur pahat

VB = keausan tepi yang dianggap batas berakhirnya umur pahat(mm)

h = tebal geram sebelum terpotong (mm)

p = pangkat tebal geram sebelum terpotong

m = pangkat batas keausan

b = lebar pemotongan (mm)

q = pangkat lebar pemotongan

C_{TVB} = kecepatan eksponen ekstrapolatif (m/min)

Rumus empirik Taylor jika transformasikan ke dalam logaritma akan mempunyai bentuk linear sebagai berikut :

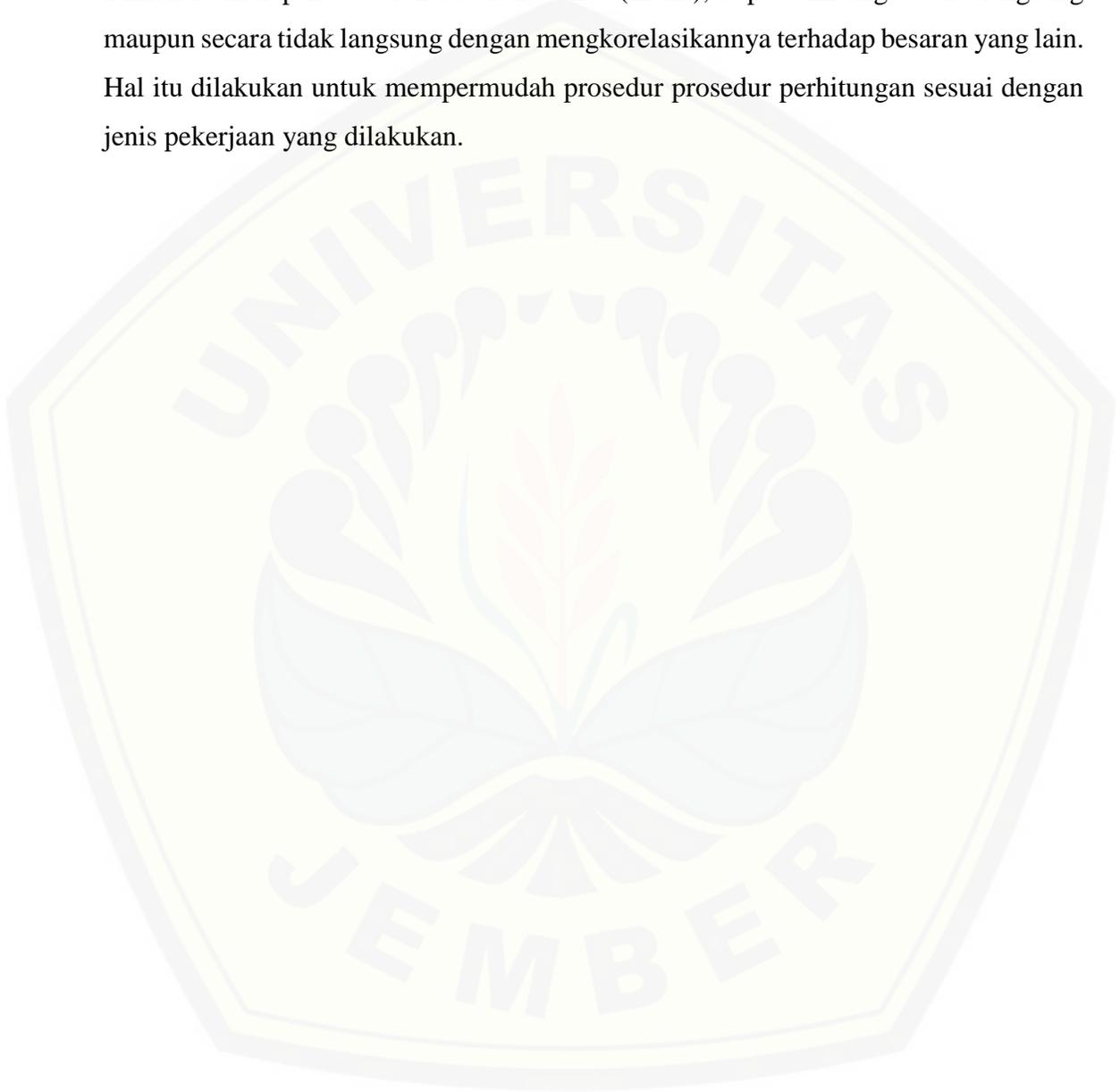
$$\log T = \frac{1}{n} \log C_{TVB} - \frac{1}{n} \log v + \frac{m}{n} \log VB - \frac{p}{n} \log h - \frac{q}{n} \log b \quad (2.4)$$

$$\log T = \beta_0 + \beta_1 \log v + \beta_2 \log h + \beta_3 \log b + \beta_4 \log VB \quad (2.5)$$

Pengukuran dimensi keausan secara langsung memerlukan penghentian proses permesinan, pengambilan pahat, pengukuran keausan dengan mikroskop dan memasangnya kembali. Keausan pahat akan menimbulkan efek samping sebagai berikut :

- a. Kenaikan gaya potong
- b. Getaran (*chatter*)
- c. Penurunan kehalusan permukaan hasil pembubutan
- d. Perubahan geometri produk

Dengan adanya kriteria habisnya umur pahat tersebut, umur pahat dapat ditentukan mulai dengan pahat baru sampai dengan pahat yang tidak dapat digunakan kembali. Dimensi umur pahat adalah besaran waktu (menit), dapat dihitung secara langsung maupun secara tidak langsung dengan mengkorelasikannya terhadap besaran yang lain. Hal itu dilakukan untuk mempermudah prosedur prosedur perhitungan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2018. Proses tersebut meliputi persiapan alat, pengambilan data dan analisis data. Penelitian dilaksanakan di SMKN 1 Glagah, Banyuwangi.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Alat yang digunakan:

a. Mesin bubut konvensional

- Merk Mesin : EMCO Machine Tool
- Tipe : Maximat v13
- Sumber Daya : 380 V, 3 phasa, 50 Hz, 6.2 Ampere
- Motor : 3 HP 2.2 KW



Gambar 3.1 Mesin Bubut

b. Mikroskop

- Merk : *Olympus DP21*
- Fokus : Minimum graduation 0.01 μm
- Max tinggi benda kerja : 70 mm



Gambar 3.2 Mikroskop

c. *Hardness Tester TH120*Gambar 3.3 *Hardness Tester*

- d. Mesin gergaji
- e. Mesin gerinda

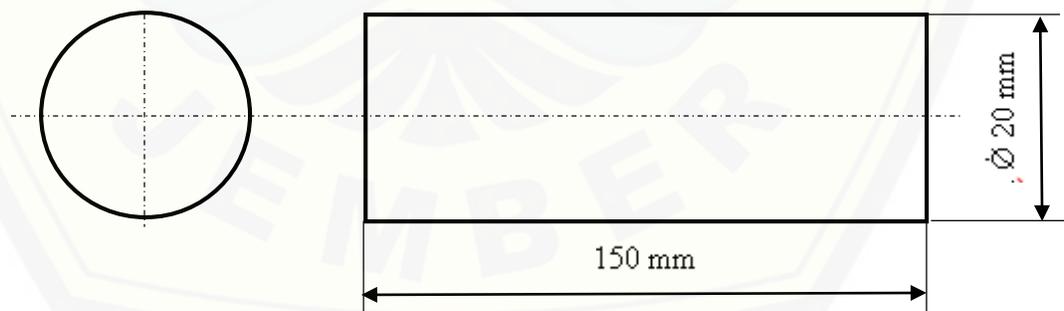


Gambar 3.4 Mesin Gerinda

- f. Kunci *chuck* dan *toolpost*

3.2.2 Bahan yang digunakan

1. Material *Stainless Steel* dengan panjang 150 mm dan $\text{Ø} 20 \text{ mm}$



Gambar 3.5 Benda Kerja

2. Pahat HSS A (*molybdenum*) dan Pahat HSS B (*tungsten*)

Side Rake Angle : 25 °

Side Clearance Angle : 12°

3.3 Variabel Pengukuran

3.3.1 Penetapan Variabel Pengukuran

Terdapat banyak variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses terjadinya keausan pahat. Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu :

1. Variabel Bebas

Merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan berdasarkan pertimbangan tertentu dari tujuan penelitian itu sendiri. Faktor yang dipilih dalam penelitian ini yaitu, material pahat HSS, kecepatan putar *spindle*, dan gerak makan

2. Merupakan variabel yang dipengaruhi oleh suatu perlakuan dalam setiap penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu umur pahat.

3.3.2 Level yang Digunakan

Penentuan level bertujuan untuk memperoleh batasan dari variabel yang akan diamati. Level-level tersebut terdiri dari level rendah dengan kode (0), level menengah dengan kode (1) dan level tinggi dengan kode (2). Penentuan level dari masing-masing parameter yaitu:

- Penentuan Level Material Pahat

Nilai level yang digunakan yaitu level (0) untuk material pahat A, level (1) untuk material pahat B.

- Penentuan Level Kecepatan Putar *Spindle*

Nilai level yang digunakan yaitu level (0): 600 rpm, level (1): 800 rpm, level (2): 1000 rpm.

- Penentuan Level Gerak Makan

Nilai level yang digunakan yaitu level (0): 0.25 mm/rev, level (1): 0.35 mm/rev, level (2): 0.45 mm/rev

Untuk lebih jelas penjabaran level dari variabel proses di atas dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Level yang Digunakan

Faktor	Level		
	0	1	2
Material Pahat (HB)	HB1	HB2	-
Kecepatan Putar <i>Spindle</i> (rpm)	600	800	1000
Gerak Makan (mm/rev)	0.25	0.35	0.45

3.5 Prosedur Pengambilan Data

a. Data uji kekerasan

Pengujian kekerasan *Brinell* dari pahat HSS dilakukan dengan cara membenamkan identor pada 3 titik penekanan yang merata sepanjang permukaan pahat. Nilai kekerasan ditunjukkan pada indikator digital yang terdapat pada alat uji kekerasan dengan skala HB.

b. Data keausan tepi VB pahat HSS

Pengukuran keausan tepi VB pada pahat HSS secara langsung memerlukan penghentian proses pemesinan, kemudian dilakukan pengukuran keausan tepi pada mikroskop. Langkah yang sama juga dilakukan pada pahat HSS yang berbeda.

3.6 Analisis Data

Metode yang digunakan pada tahap ini adalah metode desain eksperimen factorial. Tahapan yang harus dilakukan pada analisis data adalah sebagai berikut:

1. Melakukan Perhitungan Umur Pahat

Umur pahat dihitung manual menggunakan rumus umur pahat *Taylor*. Setelah umur pahat diketahui dimasukkan dalam tabel rancangan percobaan desain eksperimen factorial dengan tiga kali replikasi.

2. Pengujian model

Pengujian dilakukan dengan pengujian asumsi klasik IIDN $(0, \alpha^2)$. Pengujian tersebut antara lain uji identik dan uji distribusi normal. Setelah dilakukan pengujian asumsi klasik dilakukan pengujian kesesuaian model. Pengujian yang dilakukan yaitu uji determinasi (R^2), *main effect plot* dan *interaction plot*.

3. Kerangka Hipotesis

a. Uji Distribusi Normal

H_0 : residual berdistribusi normal

H_1 : residual tidak berdistribusi normal

Terima H_0 apabila $P_{value} > \alpha=0,05$

b. Uji Anova

H_0 : variabel berpengaruh signifikan terhadap umur paha

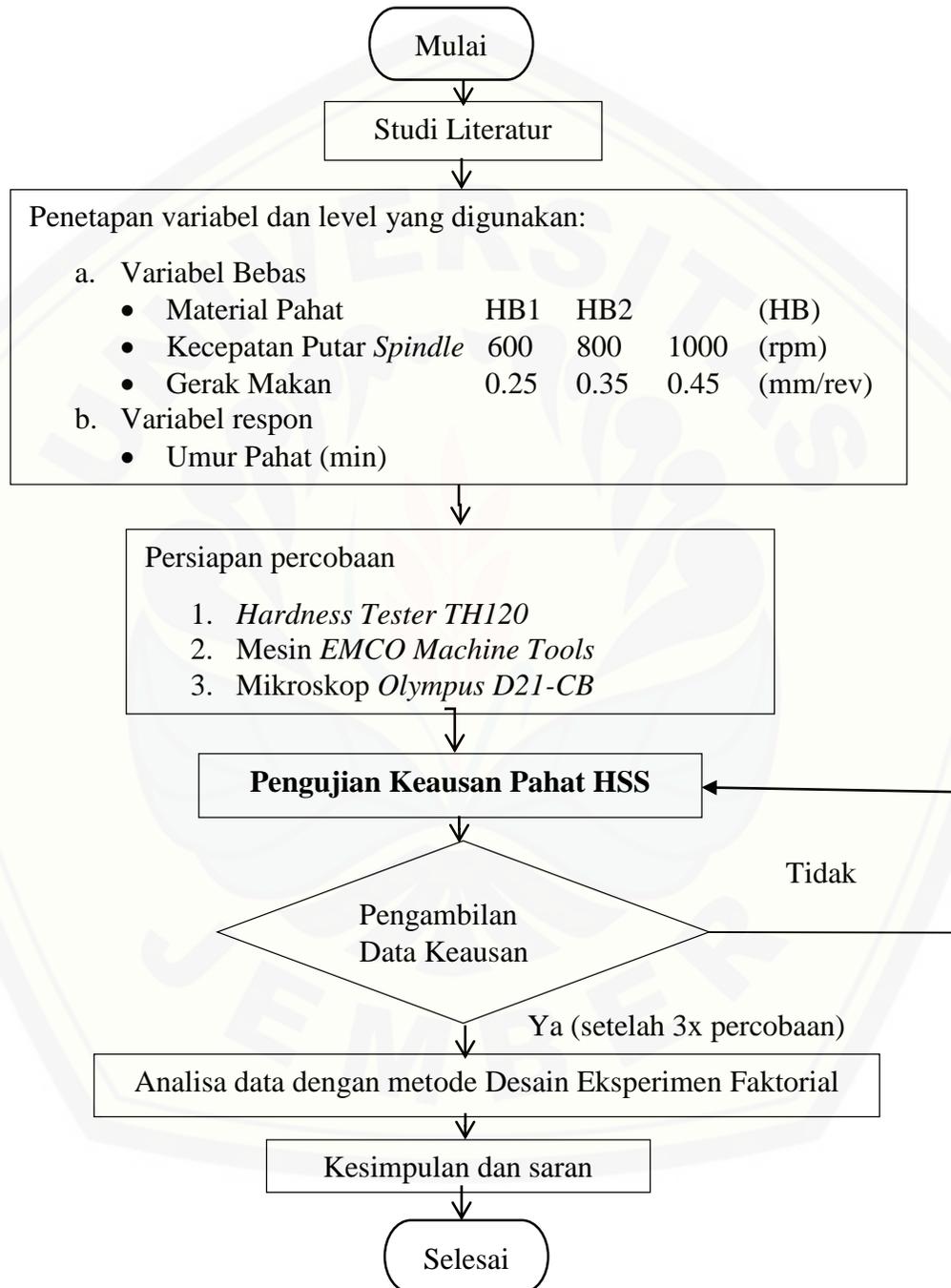
H_1 : variabel tidak berpengaruh signifikan terhadap umur paha.

Terima H_0 apabila $P_{value} \leq \alpha=0,05$



3.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan langkah – langkah dalam pengujian keausan pahat HSS.



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian diketahui bahwa umur pahat tertinggi didapat pada material pahat dengan kekerasan 383 HB (pahat A, *molybdenum*), sedangkan nilai umur pahat terendah terdapat pada material pahat dengan kekerasan 341 HB (pahat B, *tungsten*).
2. Dapat diketahui umur pahat tertinggi terdapat pada kecepatan putar spindle 600 rpm dengan nilai umur pahat 6,411 menit, sedangkan umur pahat terendah terdapat pada kecepatan putar spindle 1000 rpm dengan nilai umur pahat 4,772 menit.
3. Dapat diketahui umur pahat tertinggi terdapat pada gerak makan sebesar 0,25 mm/rev dengan nilai umur pahat 5,89 menit, sedangkan umur pahat terendah terdapat pada gerak makan sebesar 0,45 mm/rev dengan nilai umur pahat 5,34 menit.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan oleh peneliti adalah:

1. Pada penelitian ini tidak menggunakan cairan pendingin sehingga temperatur pahat pada proses pembubutan tinggi sehingga menyebabkan pahat menjadi cepat aus. Peneliti menyarankan untuk penelitian ke depan agar menggunakan cairan pendingin agar umur pahat yang dihasilkan bisa menjadi lebih tinggi.
2. Disarankan untuk menggunakan mesin bubut CNC agar dapat meningkatkan kualitas dan ketelitian penelitian.
3. Untuk penelitian yang akan datang disarankan menggunakan optimasi pemesinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner, S. H. 1974. *Introduction to Physicall Metallurgy*. Singapore. McGraw Hill Book Company.
- Bhatt, Abhay dan Attia, Helmi. 2009. *Wear Mechanism of WC Coated and Uncoated Tools in Finish Turnng of Inconel 718*
- Bintaka, O. M. B. 2013. *Analisa Pengaruh Kecepatan Potong, Gerak Makan, Sudut Pahat terhadap Keausan Pahat pada Proses Bubut ST 42. Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Indra, I.B.P. Nindhia, T.G.T. dan Antara, I.N.G. 2013. *Pengaruh Jenis Pahat Bubut Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Bubutan pada Bahan Stainless Steel*. Jimbaran. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana
- Khoir. M. 2011. *Proses Pembuatan Spindel Utama pada Mesin Bubut CNC. Tugas Akhir*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
- Qamaruddin dan Rahmanto, H. 2015. *Analisis Kekerasan dan Keausan Pahat HSS*.
- Rao, C.J. Sreemulu, D. dan Mathew, A.T. 2014. *Analysis of Tool Life during Turning Operation by Determining Optimal Process Parameters*.
- Rochim, Taufiq. 2007. *Perkakas & Sistem Pemerkakasan Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan*. Bandung. ITB
- Selvaraj, D. P. Chandramohan, P. dan Mohanraj, M. 2013. *Optimization of Surface Roughness, Cutting Force and Tool Wear of Nitrogen Alloyed Duplex Stainless Steel in a Dry Turning Process using Taguchi Method*.
- Sudjana. 1994. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Edisi III. Bandung:Tarsito.
- Widarto. Wijananta, B. S. Sutopo. dan Paryanto. 2008. *Teknik Permesinan untuk SMK*. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional.

Lampiran A Tabel Penelitian

A.1 Data Kekerasan Material Pahat

Material Pahat A

No	Posisi Titik	HB
1	Acak	363
2	Acak	400
3	Acak	386
Rata-rata = 383		

Material Pahat B

No	Posisi Titik	HB
1	Acak	320
2	Acak	356
3	Acak	347
Rata-rata = 341		

A.2 Data Keausan Pahat

No	Kekerasan Material (HB)	Kecepatan Putar Spindle (rpm)	Gerak Makan (mm/rev)	Keausan Pahat 1 (mm)	Keausan Pahat 2 (mm)	Keausan Pahat 3 (mm)
1.	383	600	0,25	252	248	256
2.	383	600	0,35	255	251	259
3.	383	600	0,45	402	394	410
4.	383	800	0,25	407	404	410
5.	383	800	0,35	525	518	532
6.	383	800	0,45	594	598	590
7.	383	1000	0,25	646	649	643
8.	383	1000	0,35	830	834	726
9.	383	1000	0,45	1144	1138	1150
10.	341	600	0,25	264	262	264
11.	341	600	0,35	291	287	295
12.	341	600	0,45	450	455	445
13.	341	800	0,25	431	427	435
14.	341	800	0,35	547	549	545

15.	341	800	0,45	623	625	621
16.	341	1000	0,25	772	769	775
17.	341	1000	0,35	921	926	916
18.	341	1000	0,45	1300	1293	1307

A.3 Data Umur Pahat

No	Kekerasan Material (HB)	Kecepatan Putar Spindle (n) (rpm)	Kecepatan Potong (V) (m/s)	Gerak Makan (mm/rev)	Umur Pahat 1 (min)	Umur Pahat 2 (min)	Umur Pahat 3 (min)
1.	383	600	38	0,25	6,411	6,402	6,404
2.	383	600	38	0,35	5,951	5,981	5,943
3.	383	600	38	0,45	5,918	5,89	5,914
4.	383	800	50	0,25	5,79	5,821	5,763
5.	383	800	50	0,35	5,5	5,51	5,56
6.	383	800	50	0,45	5,236	5,125	5,235
7.	383	1000	63	0,25	5,308	5,307	5,315
8.	383	1000	63	0,35	5,015	5,02	5,127
9.	383	1000	63	0,45	4,889	4,874	4,882
10.	341	600	38	0,25	6,326	6,213	6,325
11.	341	600	38	0,35	5,927	5,935	5,924
12.	341	600	38	0,45	5,88	5,89	5,89
13.	341	800	50	0,25	5,714	5,772	5,715
14.	341	800	50	0,35	5,412	5,44	5,422
15.	341	800	50	0,45	5,153	5,67	5,159
16.	341	1000	63	0,25	5,316	5,34	5,329
17.	341	1000	63	0,35	4,971	4,98	4,976
18.	341	1000	63	0,45	4,772	4,765	4,769

Lampiran B Analisis Desain Faktorial untuk Umur Pahat**General Linear Model: Tool Life versus Material, Spindle Speed, Feed**

Factor	Type	Levels	Values
Material	fixed	2	341, 383
Spindle Speed	fixed	3	600, 800, 1000
Feed	fixed	3	0.25, 0.35, 0.45

Analysis of Variance for Tool Life, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F
P					
Material	1	0.03072	0.03072	0.03072	4.64
0.038					
Spindle Speed	2	9.13426	9.13426	4.56713	690.25
0.000					
Feed	2	2.17358	2.17358	1.08679	164.25
0.000					
Material*Spindle Speed	2	0.00730	0.00730	0.00365	0.55
0.581					
Material*Feed	2	0.00855	0.00855	0.00428	0.65
0.530					
Spindle Speed*Feed	4	0.04659	0.04659	0.01165	1.76
0.158					
Material*Spindle Speed*Feed	4	0.06348	0.06348	0.01587	2.40
0.068					
Error	36	0.23820	0.23820	0.00662	
Total	53	11.70269			

S = 0.0813427 R-Sq = 97.96% R-Sq(adj) = 97.00%

Unusual Observations for Tool Life

Obs	Tool Life	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
15	5.15300	5.32700	0.04696	-0.17400	-2.62 R
33	5.67000	5.32700	0.04696	0.34300	5.16 R
51	5.15800	5.32700	0.04696	-0.16900	-2.54 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Lampiran C. Alat dan Bahan



Gambar C.1 Mesin Gerinda



Gambar C.2 Mesin Bubut



Gambar C.3 Alat Uji Kekerasan

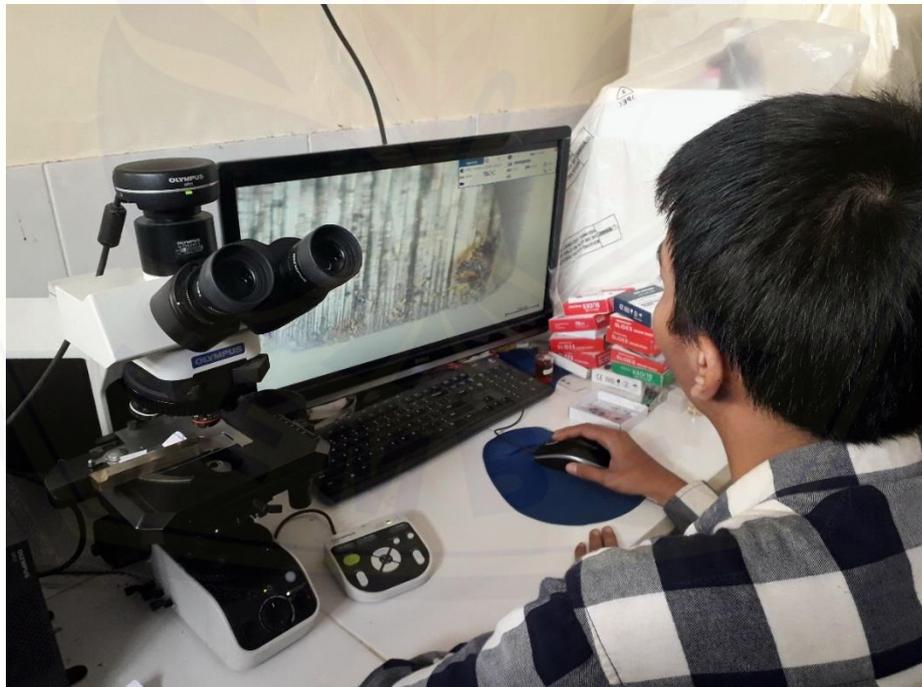
Lampiran D. Proses Pengujian



Gambar D.1 Proses Mengasah Pahat



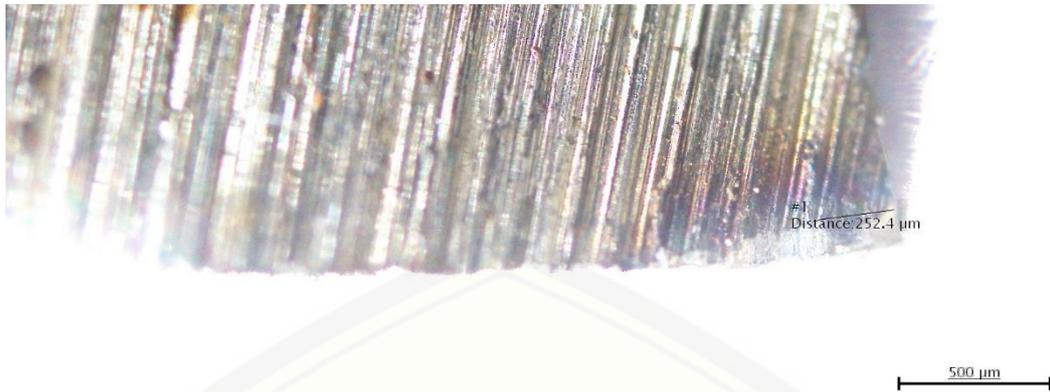
Gambar D.2 Proses Pembubutan



Gambar D.3 Pengamatan Keausan Pahat

Lampiran E. Hasil Pengamatan

Gambar E.1 Hasil Uji Kekerasan Pahat



Gambar E.2 Hasil Keausan Pahat Terendah dengan nilai 0.252 mm



Gambar E.3 Hasil Keausan Pahat Tertinggi dengan Nilai 1.144 mm